

# CUADERNILLO DE

# Física y

# Astronomía

CURSO: 6° Año \_\_\_\_

CICLO: Orientado

Alumno:.....

**Profesora:** ALVARADO, Adriana



Año Lectivo: 2026

# ¡Hola! ¡Bienvenidos al desafío de entender el mundo!

Tienes en tus manos mucho más que un montón de hojas; tienes una invitación formal a ir más allá de lo evidente y buscar respuestas propias. La **ciencia** no es solo un conjunto de datos, es la herramienta más poderosa que hemos inventado para entender el "porqué" de las cosas.

En este recorrido, nos detendremos especialmente en la **Física**, esa disciplina fascinante que se encarga de descifrar las reglas del juego del universo. Desde la partícula más diminuta hasta la galaxia más lejana, todo sigue un ritmo que estamos a punto de descubrir.

No te preocupes, aquí no solo venimos a resolver problemas, sino a entender fenómenos. Olvida la idea de que la ciencia es aburrida; estamos a punto de explorar las fuerzas invisibles que hacen que todo sea posible.

Prepárate para mirar lo cotidiano con ojos nuevos. ¡Que disfrutes el viaje!



## RECOMENDACIONES PARA LOS ALUMNOS

- Durante el desarrollo de la clase hay que prestar atención, preguntar cuando no se entiende o comprende una explicación, y expresar las dudas sobre los trabajos dados de tarea.
- Es necesario que en la clase realices las actividades propuestas y siempre que tengas una duda, le avises al profesor.
- La mayor parte del aprendizaje se producirá cuando comiences a practicar, cuando realices la tarea y resuelvas los problemas, el copiar la resolución de un problema del pizarrón o de un compañero no genera un verdadero aprendizaje.
- No hables cuando se está explicando o cuando se corrige un ejercicio, hay que evitar todas las distracciones que se generan en el curso, cuando se está trabajando.

## **CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

Durante el desarrollo de las clases se tendrá en cuenta que los alumnos:

- ✓ Participen de la clase, analicen de conceptos, realicen una lectura comprensiva, elaboren y verifiquen hipótesis y resuelvan los problemas planteados.
- ✓ Presenten los trabajos en la forma y en el tiempo establecido. Demuestren responsabilidad en todos los aspectos del trabajo diario. Presten atención y realicen las actividades propuestas.

En las evaluaciones orales y/o escritas se tendrá en cuenta:

- ✓ La aplicación correcta de los conocimientos en la realización de experiencias, presentación de trabajos y en la resolución de problemas.
- ✓ El empleo correcto de la información en la realización de experiencias y la resolución de situaciones problemáticas.
- ✓ La aplicación adecuada de fórmulas, correcto despeje y utilización correcta de las unidades y pasajes de unidades.
- ✓ El análisis de los resultados obtenidos y la aplicación correcta de los mismos en diferentes etapas de una experiencia, trabajo de investigación o la resolución de un problema.
- ✓ La utilización de un vocabulario variado, preciso, coherente y ordenado.

## **FORMAS DE EVALUACIÓN**

Se evaluará la presentación de la tarea en tiempo y forma establecida, la participación de cada alumno en clase, la participación en las actividades grupales, la realización de las actividades para trabajar en clase, en forma oral, en forma escrita individual, en forma escrita grupal, trabajos de investigación individual, trabajo experimental individual y trabajos experimentales grupales.

En caso de ausencia a una evaluación por enfermedad, se deberá dar aviso de inmediato (preferentemente antes de la misma) y la falta será justificada solamente con la presentación de certificación médica. En caso de ser debidamente justificada, la evaluación será tomada en la clase inmediata posterior a la inasistencia y/o reincorporación del alumno. En caso de no ser justificada corresponde la calificación 1 (uno).

Del puntaje total de las evaluaciones (10 puntos o lo que les corresponda) se descontará hasta un punto por faltas de ortografía, caligrafía, coherencia y presentación.

La nota máxima del Período de Recuperación será 7 (siete).

Notificado (firma del padre, madre o tutor): .....

## **Programa de Examen de Física–2026**

### **CONTENIDOS POR UNIDAD:**

#### **Unidad N°1: “Cinemática rotacional”**

Movimiento de rotación. Cinemática de la rotación. Rotación con aceleración angular constante. Cantidades rotacionales como vectores. Relación entre cinemática lineal y angular para una partícula en movimiento circular.

#### **Unidad N°2: “Exploración y Comprensión del Cosmos”**

Introducción a la Astronomía. Cosmología a lo largo de la historia. Teoría del Big Bang. La Astronomía en la antigüedad: Teoría Geocéntrica y Heliocéntrica. Sistema solar y sus características generales. Exploración Espacial. Avances científicos y tecnológicos en relación con la astronomía.

#### **Unidad N°3: Óptica: “Luz, Materia y Fenómenos Ópticos”**

Interacción de la luz con materiales. Óptica Geométrica: Lentes y espejos, ambos con forma plana, cóncava y convexa. Descomposición de la luz blanca con un prisma.

#### **Unidad N°4: “Movimiento de los Astros”**

Movimiento de la Tierra: traslación, rotación, precesión y nutación. El sistema Tierra-Luna: interpretación de los distintos fenómenos astronómicos observables desde la Tierra. Eclipse de Luna y de Sol. Comprensión de las leyes de Kepler para describir el movimiento planetario. Unidades de medida astronómicas: Año Luz, unidad astronómica y Parsec.

#### **Unidad N°5: “Astronomía Estelar y Galáctica”**

Nuestra estrella: El Sol. Radio, masa y luminosidad. Diagrama de Hertzsprung-Russell. Evolución de las estrellas y sus últimos estados evolutivos. Sistemas y cúmulos estelares. Tipos de galaxias y cúmulos de galaxias. Comprensión del modelo actual de la estructura del Universo.

#### **Unidad N°6: Física Moderna**

La naturaleza de la luz y la materia. Espectro electromagnético. Radiación de un cuerpo negro. Ley de Planck, Wien y Stefan-Boltzmann. Transformaciones de Galileo. Constancia de la velocidad de la luz en el vacío: Experimento de Michelson-Morley. Teoría de la relatividad. Transformaciones de Lorentz. Aplicaciones Tecnológicas y Astronómicas.

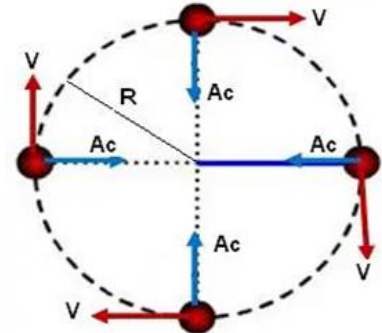
### **BIBLIOGRAFÍA:**

- WILSON, BUFFA, LOU (2007). “*Física 6ta edición*”. México: Pearson Educación.
- SERWAY (1999). “*Física Tomo II*”. México: Mc Graw Hill.
- ARISTEGUI, BAREDES, FERNANDEZ, SILVA (2000). “*Física II*”. Ediciones Santillana. Bs.As.

## Unidad I: Cinemática Rotacional

### ¿Qué es el movimiento circular uniforme (MCU)?

En física, el **movimiento circular uniforme (MCU)**, también llamado **movimiento circunferencial uniforme**, es el movimiento que describe un cuerpo que gira alrededor de un eje con una velocidad angular y un radio constante. Por lo tanto, un cuerpo que hace un movimiento circular uniforme tiene una trayectoria circular.

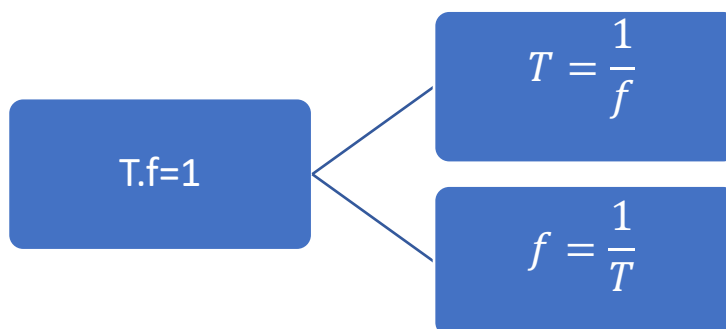


Por ejemplo, la órbita de un satélite que gira alrededor de la Tierra se puede aproximar a un movimiento circular uniforme (MCU). Asimismo, una persona sentada en el juego de la rueda de la fortuna (noría), la rueda de un automóvil o un ventilador que giran a velocidad angular constante también son ejemplos de movimientos circulares uniformes.

Para conocer el movimiento circular uniforme, necesitamos definir algunos conceptos:

- ✓ **PERIODO (T)**: es el tiempo que tarda una partícula en dar una vuelta completa. Por ejemplo, la Tierra tarda 1 día en realizar un movimiento de rotación sobre su eje.
- ✓ **FRECUENCIA (f)**: se entiende por el número de vueltas por revoluciones que la partícula realiza en unidad de tiempo. Por ejemplo, si nuestra unidad de tiempo es 1 minuto, sería ver cuantas vueltas realiza la partícula en ese minuto.

El periodo y la frecuencia son dos cantidades recíprocas, es decir.



## Características del movimiento circular uniforme

Las **características de un movimiento circular uniforme** son las siguientes:

1. **La principal característica del movimiento circular uniforme (MCU) es que la velocidad angular ( $\omega$ ) es constante.** Es decir, el cuerpo móvil que describe un movimiento circular uniforme gira a una velocidad angular que no cambia su valor.
2. La velocidad del cuerpo ( $v$ ) que hace un movimiento circular uniforme es tangente a la trayectoria circular. Por eso se llama velocidad tangencial o velocidad lineal.
3. La aceleración centrípeta (o aceleración normal) es la componente vectorial de la aceleración del móvil que provoca el cambio de dirección de su velocidad y, por tanto, es la causa de la trayectoria circular. La aceleración centrípeta ( $a_c$ ) es perpendicular a la velocidad tangencial y apunta hacia el centro de la trayectoria circular.
4. La aceleración angular ( $\alpha$ ) y la aceleración tangencial ( $a_t$ ) de un cuerpo móvil que realiza un movimiento circular uniforme son nulas, ya que su velocidad tangencial es constante.
5. En un movimiento circular uniforme, el periodo ( $T$ ) es el tiempo que tarda el cuerpo en dar una vuelta completa. Por otro lado, la frecuencia ( $f$ ) es el número de vueltas que da el cuerpo por unidad de tiempo.

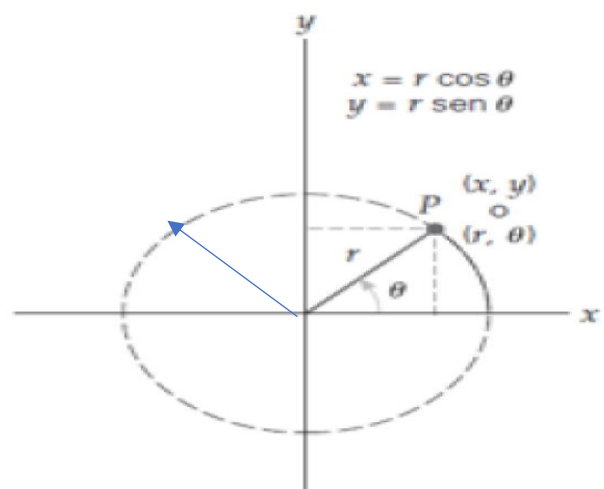
Un movimiento circular, se desarrolla en dos dimensiones, por lo que necesitamos dos ejes coordenados para establecer una referencia y así poder medir las distintas posiciones que ocupa un cuerpo que se mueve con trayectoria circular:

Las posiciones de una partícula que se mueve con trayectoria circular, en coordenadas cartesianas es:

$$x = r \cdot \cos \theta$$

$$y = r \cdot \text{sen } \theta$$

También podríamos expresar las posiciones de la partícula en coordenadas polares:  $(r, \theta)$



Sin embargo, el radio del círculo es constante, lo que nos deja una sola coordenada polar para describir las posiciones ( $\theta$ ) la cual cambia con el tiempo a medida que la partícula se mueve.

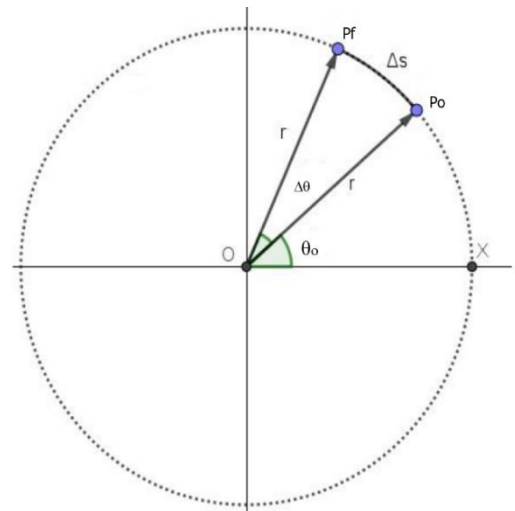
Entonces para describir la trayectoria recorrida en un movimiento circular, podemos usar:

$$\Delta\theta = \theta_f - \theta_o \text{ (desplazamiento angular)}$$

Desde luego:  $\Delta\theta = \theta$  si elegimos:  $\theta_o = 0^\circ$

Así al recorrer el círculo completo, tenemos que  $\theta = 360^\circ$  (también llamado "revolución")

Para relacionar las magnitudes angulares y longitudinales, utilizaremos la definición de radián (rad) el cual define un ángulo cualquiera como la razón o el cociente entre el arco que describe y el radio del círculo:



$$\Delta\theta = \frac{\Delta s}{r} \quad (1)$$

Notemos que este ángulo expresado en "radianes" en realidad es adimensional (es el cociente de dos longitudes). Esto significa que un ángulo medido en radianes es un número puro (sin unidades)

De la definición de radian, despejamos el arco de circunferencia ( $\Delta s$ ):

$\Delta s = r \cdot \Delta\theta$  (2) Ecuación que relaciona la distancia recorrida en una trayectoria circular (el arco de circunferencia) y el ángulo que define dicho arco.

Pongamos como ejemplo un arco igual a la circunferencia completa (perímetro del círculo)

Entonces:  $P_o = 2\pi \cdot r$  y  $\Delta\theta = 360^\circ$  entonces:

$$\Delta s = r \cdot \Delta\theta$$

$$2\pi \cdot r = r \cdot 360^\circ$$

$$2\pi = 360^\circ$$

Notemos que el número  $\pi$  (pi) es la relación entre el perímetro del círculo y el diámetro del mismo.

Si  $2\pi = 360^\circ$  entonces cuál es la relación para:

| EQUIVALENCIAS ENTRE GRADOS<br>SEXAGESIMALES Y RADIANES |                  |
|--|------------------|
| 360°   | $2\pi$           |
| 180°   | $\pi$            |
| 90°  | $\pi/2$          |
| 60°  | $\frac{1}{3}\pi$ |
|  | 1                |
| 45°  | $\frac{1}{4}\pi$ |
| 30°  | $\pi/6$          |

Para describir el movimiento circular, utilizaremos magnitudes angulares que están relacionadas con las magnitudes lineales, incluso su nombre es igual:

### Rapidez y Velocidad Angular

La **rapidez angular promedio** ( $\bar{\omega}$ ) mide el “cambio de posición angular” en función del tiempo:

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_f - \theta_o}{t_f - t_i} \quad (1) \text{ (Rapidez angular promedio)}$$

### Unidades:

Decimos que las unidades de la rapidez angular son *radianes por segundo*. Técnicamente, esto es  $1/s$  o  $s^{-1}$ , ya que el radian no es unidad; pero es útil escribir (rad) para indicar que la cantidad es rapidez angular.

Para el caso de un **Movimiento Circular uniforme** (M.C.U.) la rapidez angular es constante, es decir, el objeto que recorre una trayectoria circular, lo hace con rapidez angular constante, entonces:  $\bar{\omega} \equiv \omega$ . Si tomamos  $\theta_o = 0^\circ$  y  $t_o = 0 s$ , entonces en la ecuación (1), tenemos:

$$\omega = \frac{\theta}{t} \text{ (rapidez angular instantánea)}$$

De donde podemos despejar:

$$\theta = \omega \cdot t \text{ (posición angular en radianes) (Sòlo MCU)}$$

Manteniendo las unidades base del S.I. tenemos:

$$[\omega] = \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \frac{1}{\text{s}} = \text{s}^{-1}$$

Una unidad cotidiana o de uso común para la rapidez angular es r.p.m. (revoluciones por minuto) que se expresan:

Revolución se refiere a una vuelta completa, entonces:  $1 \text{ rev} = 2\pi(\text{rad})$  luego esta unidad equivale a:  $100 \text{ rpm} = \frac{100 \text{ rev}}{\text{min}} \cdot \frac{2\pi}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{200\pi}{60 \text{ s}} = \frac{10}{3} \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 10,47 \frac{1}{\text{s}}$

Puesto que se recorre una distancia angular de  $2\pi$  rad en un periodo (por definición de periodo), tenemos:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad \begin{array}{l} \nearrow f = \frac{\omega}{2\pi} \\ \searrow T = \frac{2\pi}{\omega} \end{array}$$

(rapidez angular en términos de periodo y frecuencia)

Vemos que  $\omega$  y  $f$  tienen las mismas unidades: rad/s y 1/s. Esta notación puede causar confusión y, por ello, muchas veces se añade el término "rad", aunque no sea una unidad.

### Ejemplos:

- 1) Un disco compacto (CD) gira en un reproductor con rapidez constante de 200 rpm. Calcule a) la frecuencia y b) el periodo de revolución del CD.

Solución:

$$\omega = \frac{200 \cancel{\text{rev}}}{1 \cancel{\text{min}}} \cdot \frac{2\pi}{1 \cancel{\text{rev}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{min}}}{60 \text{ s}} = \frac{200 \cdot 2\pi}{60 \text{ s}} = 66,67 \pi \frac{1}{\text{s}} = 209,34 \text{ 1/s}$$

1.  $\omega = 2\pi \cdot f$  entonces:  $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{66,67 \pi}{2\pi} = 33,33 \text{ Hz}$

2. Luego, el Periodo es:  $T = \frac{1}{33,33 \text{ 1/s}} = 0,03 \text{ s}$

- 2) Si el periodo de cierto CD es de 0.500 s, ¿qué rapidez angular tiene el disco en revoluciones por minuto?

Sabemos que:  $T = 0,5 \text{ s}$  entonces la velocidad angular es:  $\omega = \frac{2\pi}{\frac{1}{2} \text{ s}} = 4\pi \frac{1}{\text{s}}$

Realizamos el pasaje de unidades:  $\omega = 4\pi \frac{1}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ rev}}{2\pi} \cdot \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 120 \frac{\text{rev}}{\text{min}} = 120 \text{ rpm}$

## Relación entre Velocidad angular y velocidad lineal

Una partícula que se mueve en un círculo tiene una velocidad instantánea tangencial a su trayectoria circular. Si la rapidez y la velocidad angulares son constantes, la rapidez orbital o **rapidez tangencial** de la partícula,  $v$  (la magnitud de la velocidad tangencial) también será constante. De manera que la relación entre la rapidez angular y la tangencial se determina a partir de la ecuación  $S = r \cdot \theta$  y la ecuación  $\theta = \omega \cdot t$ :

$$S = r \cdot \theta = r \cdot (\omega \cdot t) \quad (a)$$

La longitud del arco, es una distancia, también está dada por:

$$S = v \cdot t \quad (b)$$

Si combinamos las dos ecuaciones para  $s$  obtenemos la relación entre rapidez lineal ( $v$ ) y rapidez angular ( $\omega$ ):

$$v \cdot t = r \cdot \omega \cdot t$$

Entonces:  $v = r \cdot \omega$

Si un cuerpo se mueve con una rapidez uniforme en un círculo de radio  $r$ , experimenta una aceleración centrípeta y cuya magnitud es:

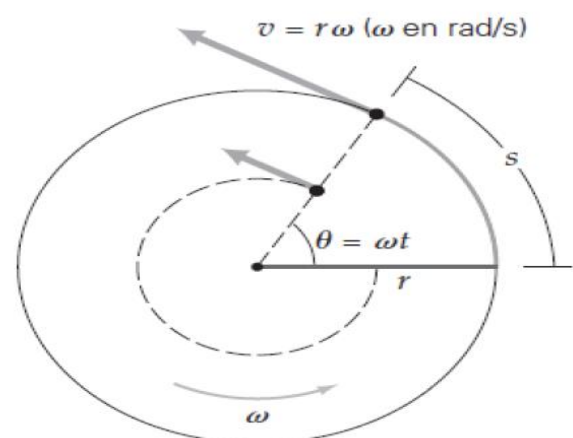
$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

La dirección de la aceleración centrípeta es siempre radial y hacia el centro de rotación.

## Relación entre rapidez lineal y rapidez angular para movimiento circular

Donde  $\omega$  está en radianes por segundo. La ecuación anterior se cumple en general para las rapidez instantánea tangencial y angular de cuerpos sólidos o rígidos que giran en torno a un eje fijo, aunque  $\omega$  varíe con el tiempo.

Observe que todas las partículas de un objeto sólido que gira con velocidad angular constante tienen la misma rapidez angular, pero la rapidez tangencial es diferente dependiendo de la distancia al eje de rotación



## Actividades

- 1. Una bicicleta con ruedas de 75 cm de diámetro viaja a una velocidad de 12 m/s. ¿Cuál es la velocidad angular de las ruedas de esta bicicleta?**
- 2. Una rueda que de 60 cm de radio que gira a 180 r.p.m. Calcula:**
  - a. El módulo de la velocidad angular en rad/s
  - b. El módulo de la velocidad lineal de su borde.
  - c. Su frecuencia.
- 3. Si un carrusel posee un radio de 2,5 metros y gira a 4 rpm, calcular:**
  - a. ¿Cuál es su velocidad angular en radianes por segundo?
  - b. La velocidad lineal de un niño que está sentado en el borde del carrusel.
  - c. ¿Cuánta fuerza centrípeta experimenta un niño de 30kg en el borde del carrusel?
  - d. ¿Cuánto tarda el carrusel en dar una vuelta completa (período) y cuántas vueltas da por segundo (frecuencia)?
  - e. Supongamos que duplicamos el radio del carrusel, pero mantenemos la misma velocidad angular.
    - a. ¿Cómo cambia la velocidad lineal en el borde?
    - b. ¿Y la fuerza centrípeta?
- 4. Un ventilador de techo en un aula gira a su velocidad máxima para refrescar el ambiente. Si el ventilador de techo tiene aspas que miden 0,6 m de radio y gira a una frecuencia constante de 250 rpm. Calcular**
  - a. La velocidad angular en rad/s.
  - b. Determina la ve
- 5. Un secarropa centrífugo doméstico tiene un tambor de 20 cm de radio y gira a una frecuencia de 2800 rpm.**
  - a. Calcular la velocidad angular del tambor en rad/s
  - b. Determinar la aceleración centrípeta que experimenta una prenda de vestir apoyada contra la pared del tambor.
- 6. La órbita de la Luna alrededor de la Tierra es aproximadamente circular, con un radio medio de  $3.84 \times 10^8$  m. se requieren 37.6 días para que la Luna complete una revolución alrededor de la Tierra. Calcular:**
  - a. La velocidad media de la Luna
  - b. La aceleración centrípeta de la Luna.

---

## Unidad II: Explotación y Comprensión del Cosmos

---

### Astronomía



La Astronomía es una ciencia de la naturaleza que estudia todo lo que se encuentra más allá de la atmósfera de la Tierra. Su estudio se ocupa tanto de la naturaleza de los objetos que pueblan el espacio – los astros- como de los procesos físicos y químicos que tienen lugar en ellos, es decir, los movimientos y sus causas, además de otros aspectos.

#### **Cosmología:**

Es la rama de la astronomía que estudia el universo en conjunto y su origen, se ocupa de proporcionarnos una descripción de cómo es el Universo en la actualidad, cómo fue en el pasado y cuál será su futuro. Esta ha sido estudiada a lo largo de la historia por diferentes tipos.

#### **Tipos de cosmología:**

- ✓ Filosófica: es la comprensión del universo desde todos los aspectos filosóficos, como la metafísica (más allá de la física), la teología (estudia los sucesos y atribuciones religiosas).
- ✓ Religiosa: son narraciones místicas que pretenden dar respuestas al origen del universo. De acuerdo a diferentes culturas, se obtuvieron diferentes teorías con respecto al origen del universo.  
Por ejemplo, los griegos consideraban que el universo fue creado por titanes y Dioses. El hinduismo consideraba un universo cíclico, es decir, que se crea y se destruye.
- ✓ Física: estudia el origen del universo y su evolución utilizando las leyes físicas y cálculos matemáticos.
- ✓ Aristotélica o geocentrista: se basaba en lo observacional, indicando que la Tierra era el centro del universo.
- ✓ Heliocentrista: se consideraba al Sol como centro del universo.

#### **Teoría del Big Bag:**

La teoría más conocida sobre el origen del universo se centra en un cataclismo conocido como el Big Bang. Esta teoría surgió de la observación del alejamiento a gran velocidad de otras galaxias respecto a la nuestra en todas direcciones, como si hubiera sido repelidas por una antigua fuerza explosiva.

Es la teoría más aceptada, según la NASA, el universo comenzó en un solo punto a partir de un grupo de diminutas partículas con luz y energía calientes, mezclados y comprimidos en una zona extraordinariamente pequeña hasta que explotó en un violento evento a partir del cual comenzó a expandirse y estirarse. A medida que las partículas se expandieron, se enfriaron y crearon nuevos grupos que, con el tiempo se convirtieron en las primeras estrellas y galaxias formando lo que conocemos como universo.

A partir de las primeras estrellas y galaxias, la agencia espacial estadounidense informa que los movimientos de estos cuerpos, con colisiones y reagrupamientos dieron origen a otros objetos espaciales, como asteroides, cometas, planetas y agujeros negros. Además, los expertos estiman que este proceso, que ha durado hasta hoy, lleva 13.800 millones de años.

### ***La Tierra en el Universo***

El firmamento ha sido objeto de estudio por parte de los astrónomos desde la antigüedad. Su preocupación fue dar una explicación razonable al movimiento aparentemente errático a los cuerpos celestes y determinar nuestra posición en el universo. La historia de astronomía es tan compleja, llena de personajes brillantes que vivieron en diferentes épocas y trabajaron en distintas partes del mundo.

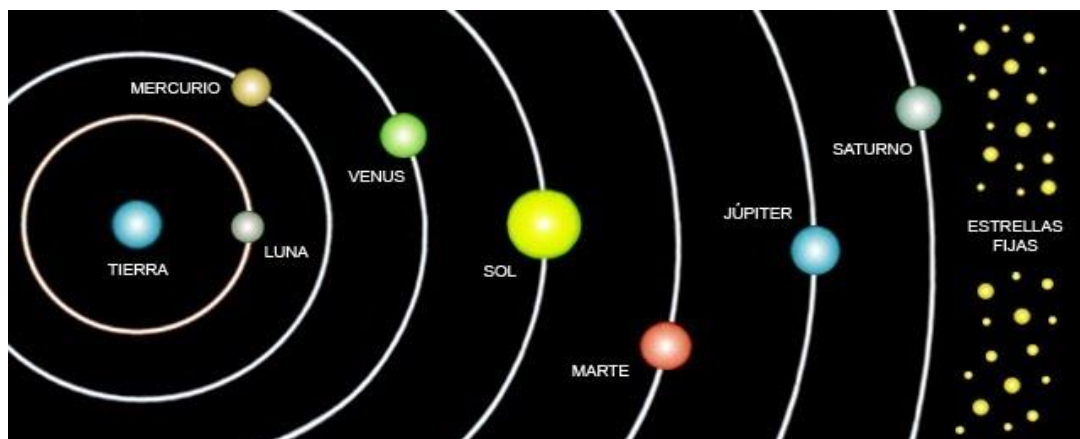
A continuación, repasaremos los diferentes modelos del universo que se defendieron a lo largo de la historia hasta llegar a Newton. Este repaso histórico nos permitirá comprender las etapas del método científico, es decir, el camino que se sigue en la ciencia hasta aceptar una nueva ley.

### **Modelos del Universo**

#### **Geocentrismo**



Antigua teoría astronómica, según la cual la Tierra era el centro del Universo, por lo que los planetas giraban alrededor de ella.

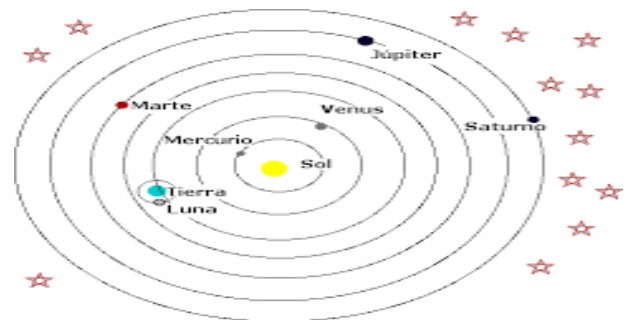


Fueron los filósofos griegos, quienes hicieron las primeras especulaciones sobre la estructura del universo:

- **ARISTÓTELES (384-322 a.C):** planteaba un modelo geocéntrico, en el cual los cuerpos celestes debían moverse por esferas transparentes con un movimiento circular uniforme (en la antigüedad se consideraba la forma más perfecta del movimiento). Consideraba que la Tierra era inmóvil y que estas esferas cristalinas giraban hacia el oeste alrededor de la Tierra a la vez que se movían una respecto de la otra, para producir el movimiento del Sol, la Luna y los planetas. Las estrellas conforman la esfera más alejada de la Tierra. Más allá de ella no había nada, ni espacio, ni materia. Por esta razón, Aristóteles consideraba que el universo era finito.
- **CLAUDIO PTOLOMEO (siglo II d.C):** propuso el modelo geocéntrico del universo, más perfeccionado que el de Aristóteles. El modelo ptolemaico consideraba que la Tierra era el centro del Universo y que la Luna, el Sol y los planetas giraban en órbitas circulares o epiciclos alrededor de unos puntos que, a su vez, giraban alrededor de la Tierra. A Ptolomeo le preocupaba que el modelo funcionara desde el punto de vista matemático, y no tanto que describiera con precisión el movimiento planetario, aunque posteriormente se demostró su incorrección. Pese a sus errores los astrónomos aceptaron las teorías ptolemaicas y este modelo permaneció durante 14 siglos, hasta Copérnico. La teoría de Ptolomeo estuvo bajo la protección de la Iglesia Cristiana, ya que consideraban que la Tierra era el centro del Universo y gobernada por Dios.

## Heliocentrismo

Teoría astronómica que explica los fenómenos y los movimientos de los cuerpos celestes tomando al Sol como centro del Universo.



- **ARISTARCO DE SAMOS (310 a. C – 230 a. C):** Aristarco fue el primer filósofo (vivía en la ciudad de Samos en Grecia), que consideró un sistema heliocéntrico en el que la tierra giraba alrededor del sol, esta teoría no tuvo mucho éxito pese a su mayor acercamiento hacia la certeza pues el sistema geocéntrico se hallaba completamente arraigado en la sociedad de la época.
- **NICOLÁS COPERNICO (1473-1543):** inicia una revolución en la astronomía con su teoría heliocéntrica. Este astrónomo propuso un modelo en el cual la Tierra giraba alrededor del Sol, como los demás planetas y la Luna daba vueltas alrededor de la

Tierra mientras esta estaba en movimiento. Copérnico todavía creía que los movimientos de los cuerpos del Sistema Solar eran circulares y conservó la idea de los epiciclos superpuestos a las órbitas descritas por los planetas del Sol.

- **GALILEO GALILEI (1564-1642):** el físico italiano, construyó un telescopio hacia el año 1610 e hizo lo que nadie había hecho antes: enfocar con su telescopio el firmamento. Él fue el primero en darse cuenta de la verdadera magnitud del universo. Descubrió

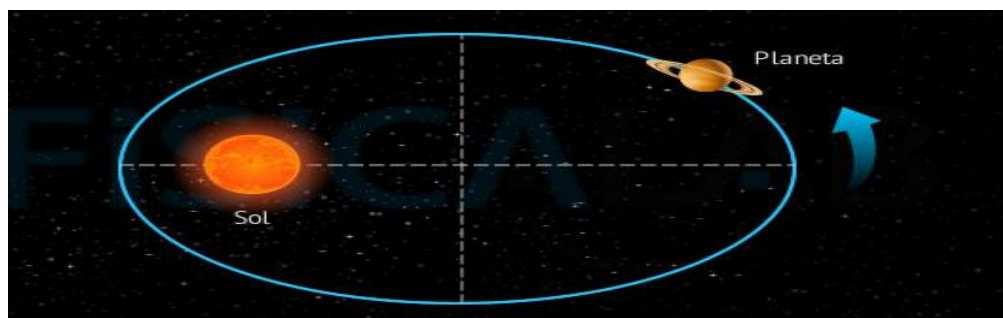
- ✓ Estrellas nunca vistas hasta entonces (en esa época)
- ✓ Observó la superficie de la Luna
- ✓ Los satélites de Júpiter
- ✓ Las fases de Venus
- ✓ Las manchas solares.

Para sus explicaciones adoptó, casi a costa de su vida, el modelo heliocéntrico de Copérnico, pero siguió suponiendo órbitas circulares para los planetas.



El primer telescopio de Galileo se conserva en el museo de Florencia (Italia).

- **J. Kepler (1571-1630):** el astrónomo alemán colaboró con el famoso astrónomo Tycho Brahe durante los últimos años de vida de este último. Brahe le legó un completísimo catálogo estelar con anotaciones de los movimientos de los planetas, sobre todo de Marte. A partir del estudio de estos datos y de sus propias observaciones, Kepler se dio cuenta de que las teorías de Brahe no encajaban con una supuesta órbita circular, aunque sí con modelo heliocéntrico. Sus estudios le llevaron a la conclusión de que todos los planetas describen órbitas elípticas y, siguiendo el modelo heliocéntrico de Copérnico, enunció sus tres leyes sobre el movimiento de los planetas. (más adelante continuaremos con más detalles, las leyes de Kepler).



- **Isacc Newton (1642-1727):** Definió las leyes de tipo matemático iniciadas por Galileo. Sus estudios abarcaron un gran número de disciplinas. Newton aplicó las leyes de la dinámica al estudio de los fenómenos naturales para elaborar su explicación de la realidad. Supuso que el hecho de que la luna gire alrededor de la tierra en lugar de salir despedida en línea recta se debe a la presencia de una fuerza que la empuja hacia la tierra y la hace describir una circunferencia. Llamó a esta fuerza gravedad y supuso que actuaba a distancia, pues no hay nada que conecte físicamente la Tierra y la Luna. A partir de las leyes de Kepler, dedujo la ley de gravitación universal: todo par de partículas se atraen con una fuerza inversamente proporcional al cuadrado de su distancia y directamente proporcional al producto de sus masas.

### **Actividades de lectura:**

1. En grupo leer el texto de la página 12 a la 16.
2. Cada grupo subraya ideas principales y analiza con tus compañeros:
  - ¿De qué trata esa parte del texto?
  - ¿Cuáles son los conceptos más importantes?
  - ¿Quiénes son los personajes mencionados y que hicieron?
3. Luego del análisis de la lectura, responder:
  - a. ¿Qué estudia la astronomía?
  - b. ¿En qué se diferencia la cosmología filosófica de la física?
  - c. ¿Por qué la teoría del geocentrismo predominó durante siglos?
  - d. ¿Cómo es el modelo de Aristóteles y que plantea?
  - e. ¿Cómo son las orbitas que propone Kepler? ¿Por qué llega a esa conclusión?
  - f. ¿Cómo influyó la aparición del telescopio de Galileo en la evolución de la Astronomía?

### **Actividades de Post-lectura:**

1. ¿Qué fue lo más interesante que aprendieron?
2. ¿Creen que en el futuro podrían surgir nuevos modelos sobre el universo? ¿Por qué?
3. ¿Qué tecnología o conocimiento inspirado en el espacio crees que sería más útil para mejorar las tareas diarias en tu comunidad o escuela? ¿Por qué?

---

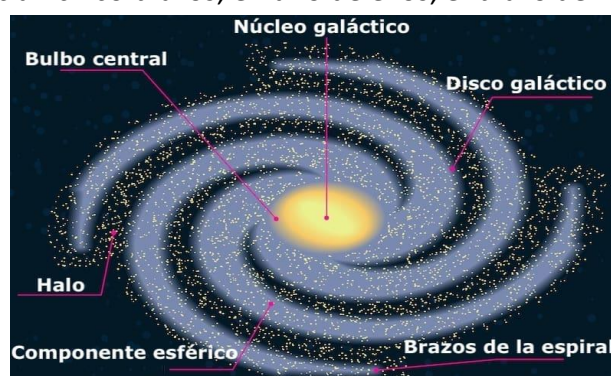
## Sistema Solar

---

En la actualidad se conoce cómo y cuándo apareció el Universo. Mediante una enorme explosión, el Big Bang, enunciada por Edwin Hubble en 1926, se acepta que hace unos 13.700 millones de años se formó el Universo y que se expande de forma acelerada en el curso del tiempo. Los astrónomos consideran que en el Universo hay muchas galaxias, estas son un grupo enorme de estrellas que se mantienen juntas.

Nuestra galaxia llamada Vía Láctea, forma parte de un conjunto llamado Grupo Local. Tiene forma de espiral y en ella se diferencian cinco brazos, en uno de ellos, el brazo de Orión, se encuentra el Sistema Solar.

Hace unos 4.500 millones de años apareció el Sistema Solar, donde el Sol se encuentra en el centro y sus ocho planetas junto con sus satélites, planetas enanos, cometas y demás que giran a su alrededor atraídos por una fuerza gravitatoria.



### OBJETOS QUE FORMAN PARTE DEL SISTEMA SOLAR

- **Nebulosas:** Región interestelar constituida por gases (principalmente H y He) y polvo, y muchas de ellas son los lugares donde nacen las estrellas por fenómenos de condensación y agregación de la materia.
- **Planetas:** Cuerpo celeste esférico, que gira alrededor de una estrella, que no emite luz propia y que ha “barrido” sus inmediaciones, es decir, no tienen otros cuerpos en sus órbitas.

Aunque no emiten luz propia, pueden verse gracias a la luz que reciben y reflejan del Sol.

- **Planetas enanos:** Es aquel cuerpo celeste esférico, que está en órbita alrededor de una estrella, pero tiene otros cuerpos en su órbita. Plutón, Ceres y Eris son planetas enanos.
- **Satélites:** Un satélite natural es un cuerpo celeste que orbita alrededor de un planeta. Generalmente el satélite es más pequeño y acompaña al planeta en su órbita alrededor de su estrella madre.
- **Asteroides:** Es un cuerpo rocoso, más pequeño que un planeta que orbita alrededor del Sol. Su escasa masa no le permite tener forma regular.

Los asteroides se localizan principalmente en tres lugares:

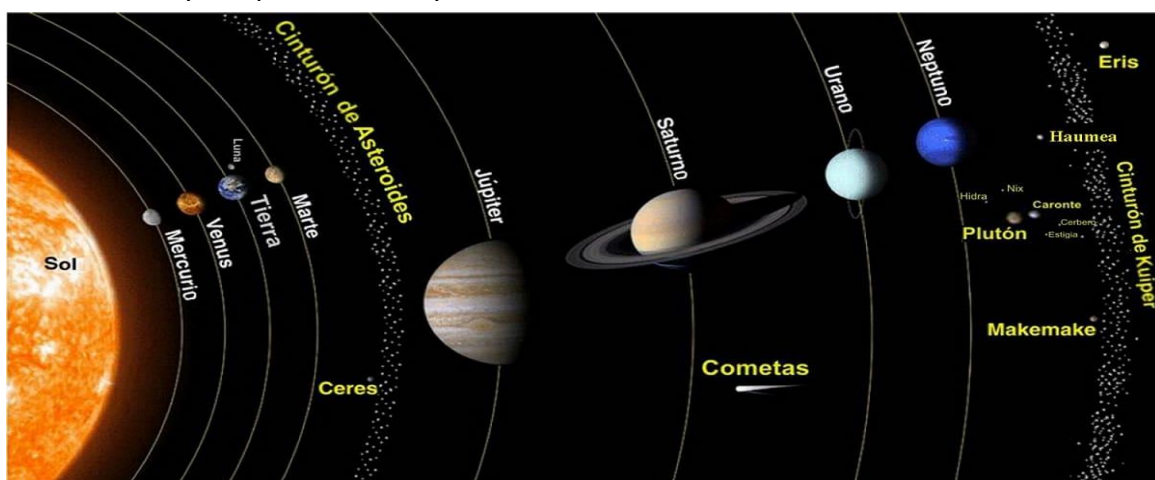
- Cinturón de asteroides: Este grupo de asteroides se encuentran entre las órbitas de Marte y Júpiter.
  - Cinturón de Kuiper: Grupo de asteroides situado más allá de la órbita de Neptuno.
  - Nube de Oort: Es una nube esférica de objetos transneptunianos (más allá de Neptuno) que se encuentra en los límites del sistema solar. Se supone que está compuesta de "escombros" del sistema solar, cuerpos pequeños que salieron despedidos del sistema solar. De esta nube suelen escapar algunos cuerpos que, al llegar a las cercanías del Sol, se calientan y el hielo de su superficie se evapora, dando origen a la famosa cola de los cometas.
- **Meteoritos**: Fragmento de un cuerpo procedente del espacio exterior que entra en la atmósfera a gran velocidad y cae sobre la Tierra.
  - **Cometas**: Objetos terrestres constituidos por hielo y rocas que orbitan alrededor del Sol y, cuando se acercan a él, dejan tras de sí una cola luminosa de miles de km. Se cree que proceden de la nube de Oort.

#### Los planetas interiores o rocosos:

- ✓ Son los más cercanos al Sol y se parecen mucho a la Tierra, se trata de Mercurio, Venus, Tierra y Marte.
- ✓ Sus núcleos son metálicos y con corteza rocosa.
- ✓ Su densidad y temperatura es alta.
- ✓ No poseen anillos y poseen pocos satélites.

#### Planetas exteriores o gaseosos:

- ✓ Se encuentran más alejados al Sol.
- ✓ Sus núcleos son metálicos, pero están rodeados de capas en estado líquido y gaseoso.
- ✓ La mayoría posee anillos y contienen muchos satélites naturales.



En 2006, la Unión Astronómica Internacional (IAU por sus siglas en inglés) estableció que los planetas de nuestro Sistema Solar deben cumplir con un triple criterio: el objeto en cuestión debe orbitar en torno al Sol; debe contar con masa suficiente para tener una forma esférica y debe “limpiar” su órbita vecina de cualquier otro cuerpo.

### Características generales de los planetas:

| PLANETAS | PERIODO DE ROTACIÓN     | PERIODO DE TRASLACIÓN | CARACTERÍSTICAS GENERALES  |
|----------|-------------------------|-----------------------|--|
| MERCURIO | 59 días terrestres      | 88 días terrestres    | Es un planeta muy pequeño, compuesto en un 70% de elementos metálicos y un 30% de silicatos. Su atmósfera es muy débil. Sólo puede ser visto desde la Tierra antes del atardecer o al amanecer.  |
| VENUS    | 243 días terrestres     | 225 días              | Gira en sentido contrario a la Tierra, desde dónde es visible tanto al anochecer como al amanecer (Lucero del Alba). Posee una capa gaseosa muy densa que genera un potente efecto invernadero, lo que hace que su temperatura sea muy alta, igual que en Mercurio.  |
| TIERRA   | 24 horas                | 365 días              | La atmósfera terrestre tiene el grosor perfecto para mantener la temperatura templada del planeta, para que seres vivos como nosotros podamos vivir en él. Está compuesta de 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de otros gases. Tiene una estructura geológica, con una superficie sólida formada por montañas, mesetas, cañones, llanuras, valles, etc.                          |
| MARTE    | 25 horas                | 687 días              | Su superficie rocosa es roja debido a los óxidos de hierro que posee. Existe hielo en los polos y se observan muchos valles y cañones. Tuvo mucha actividad volcánica, contiene un volcán con casi 25 Km de altura llamado el Monte Olimpo. Su atmósfera contiene mucho dióxido de carbono y no se ha podido confirmar si existió vida en este planeta.                              |
| JÚPITER  | 10 horas                | 12 años               | Es el más grande del Sistema Solar, es gaseoso siempre cubierto de unas nubes dispuestas en bandas de diferentes colores y donde se forman vientos de enormes velocidades, más de 500 Km/h y ciclones; en él se aprecia una gran Mancha Roja que los científicos identifican como gigantesco torbellino, quizás más grande que el tamaño terrestre.                                  |
| SATURNO  | 10 horas y 14 minutos   | 29 años               | El segundo en tamaño y de composición similar a Júpiter y con vientos el doble de fuertes, pero con una densidad menor que la del agua, es decir, que flotaría en ella si el universo encontráramos un mar lo suficientemente grande para albergar a este planeta. Se caracteriza por lo miles de anillos que giran a su alrededor, formados por fragmentos de rocas, polvo y hielo. |
| URANO    | 17 horas con 14 minutos | 84 años               | Tiene también un sistema de anillos. Es gaseoso formado de metano por eso tiene un tono verdoso, aunque en su interior hay un núcleo sólido y muy frío.  |
| NEPTUNO  | 16 horas                | 165 años              | Su composición es muy parecida a la de Urano, hidrógeno, helio, agua y metano, aunque su núcleo está caliente, eso hace que se formen vientos muy intensos, muy similares a los de Júpiter. De aspecto azulado con estrías blancas debido a su composición gaseosa y sus vientos.  |

---

## Exploración Espacial

---

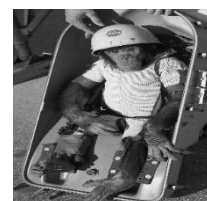
La exploración espacial es el estudio del espacio exterior mediante el uso de tecnologías avanzadas y diferentes misiones espaciales. El objetivo de las mismas es comprender mejor el universo, que podemos encontrar en él, como funciona, estudiar los distintos cuerpos celestes e inclusive buscar vida fuera de la Tierra. Estas exploraciones espaciales se llevan a cabo por diferentes agencias espaciales gubernamentales, como la NASA o la ESA, como así también por empresas privadas. En el mundo hay 77 agencias espaciales, de las cuales solo 16 tienen la capacidad de producir lanzamientos. En Argentina podemos encontrar la agencia espacial CONEA (Comisión Nacional de Actividades Espaciales de Argentina), creada en 1991 como agencia especializada, que propone el Plan Nacional Espacial de Argentina para el aprovechamiento y la tecnología espacial.

La primera investigación espacial comenzó con el lanzamiento del satélite artificial Sputnik por la Unión Soviética el 4 de octubre de 1957. Este acontecimiento provocó una carrera espacial por la conquista del espacio entre la Unión Soviética y los Estados Unidos que culminó con la llegada de la humanidad a la Luna.



Al comienzo de las expediciones al espacio, no eran seres humanos quienes realizaban las misiones. Diversos animales fueron usados en los inicios de la exploración espacial para probar el efecto de la radiación, la ausencia de gravedad y las condiciones del espacio exterior en los organismos vivos. La primera expedición en 1957 viajaba a bordo una perra soviética llamada Laika que murió pocas horas después debido a una falla del sistema térmico de la nave.

Luego el 31 de enero de 1961 Ham el chimpancé se convertía en el primer homínido en viajar al espacio. Su vuelo duró 16 minutos y 39 segundos tras los que fue rescatado en el océano Atlántico con solo una magulladura en la nariz.



El 12 de abril de 1961, a bordo de la Vostok 1, Yuri Alekséyevich Gagarin se convirtió en el primer ser humano en viajar al espacio exterior.

La primera mujer en viajar al espacio en una misión que se prolongaría durante 3 días y durante las cuales completó 48 vueltas alrededor de la Tierra estuvo a bordo de Valentina Tereshkova.

### **Principales tratados internacionales sobre el uso del espacio**

Según la Oficina de las Naciones Unidas del Espacio Ultraterrestre, en la actualidad hay cinco tratados internacionales sobre el espacio ultraterrestre. Los cinco tratados abarcan

cuestiones importantes como la no apropiación del espacio ultraterrestre por ningún país, la libertad de exploración, la responsabilidad de cada nación por los daños causados por objetos espaciales, la seguridad y el rescate de naves espaciales y astronautas, la prevención de interferencias perjudiciales para las actividades espaciales y el medio ambiente, la notificación y el registro de actividades espaciales, la investigación científica y la explotación de recursos naturales en el espacio ultraterrestre y la solución de controversias.

Para explorar el universo se utilizan instrumentos de exploración como: telescopios óptico y espacial, cohetes, satélites artificiales, transbordadores espaciales, sondas espaciales y estaciones espaciales.

- ✓ El Telescopio óptico: es un dispositivo que hace posible ver algo que se halla a gran distancia. Está compuesto por un tubo que contiene en cada uno de sus extremos unas lentes que permiten ampliar el tamaño del cuerpo que se observa. El primer telescopio fue creado en 1608 por el científico alemán Hans Lippershey; en 1609, el científico italiano Galileo Galilei construyó otro telescopio óptico y descubrió las manchas solares.

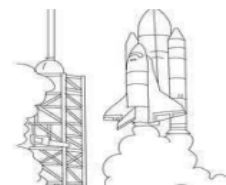
Los telescopios espaciales: son equipos diseñados por el hombre para tomar fotografías e imágenes de los planetas, las galaxias, las estrellas y de cualquier cuerpo celeste. Además, sirven como observatorios espaciales para los astronautas. Uno de los telescopios espaciales más importantes es el de Hubble, que se puso en órbita en 1990 en una misión dirigida por la NASA.

- ✓ Este telescopio recibió este nombre en honor al científico e inventor estadounidense Edwin Hubble. El Hubble ha permitido a los científicos confirmar la existencia de los agujeros negros y establecer que el sistema solar es mucho más joven que el universo.
- ✓ Los cohetes espaciales: son naves espaciales diseñadas para salir de la superficie terrestre. Para funcionar utilizan un motor de combustión, el cual genera mucha energía y proporciona la fuerza necesaria para impulsar el cohete hacia arriba. Los cohetes pueden ser robóticos o tripulados; estos últimos están adaptados para que los astronautas puedan comer, ejercitarse y llenar sus necesidades diarias. La misión de los cohetes es enviar artefactos como satélites, sondas espaciales, naves espaciales y hombres al espacio. Los cohetes modernos se utilizan para enviar al espacio transbordadores espaciales.
- ✓ Los satélites artificiales: son naves espaciales que se envían sin tripulación sobre un cohete, el cual se impulsa con suficiente potencia para que el satélite alcance una velocidad de 8 km por segundo o más; luego, se desprende del cohete y comienza a desplazarse por el espacio en una órbita programada alrededor de la Tierra, la Luna,



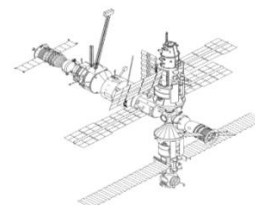
los asteroides y otros planetas. Los satélites son de varios tipos y se utilizan para enviar información a la Tierra; por ejemplo, los satélites meteorológicos se utilizan para medir el clima de la Tierra y los satélites espías para detectar el movimiento de las personas.

- ✓ Los transbordadores espaciales: son naves tripuladas que se lanzan al espacio de forma vertical con dos cohetes de combustible a los lados que posteriormente se desprenden; al aterrizar lo hacen como un avión normal. Los transbordadores fueron creados en 1972 por la NASA con el fin de llevar y traer hombres y artefactos a la estación espacial, realizar mantenimiento a los satélites artificiales, reabastecer las estaciones y recuperar equipos. Por ejemplo, el transbordador Columbia sirvió como laboratorio para llevar a cabo investigaciones y demostraciones científicas.



- ✓ Las sondas espaciales: son naves no tripuladas; presentan un sistema energético compuesto por baterías y paneles solares e instrumentos de observación y equipos de comunicación para transmitir a la Tierra la información que recolectan. Las sondas más recientes llevan robots que se posan en la superficie de los planetas y satélites. La sonda más reciente se denomina New Horizons.

- ✓ Las estaciones espaciales: son construcciones artificiales que se van ensamblando poco a poco en el espacio; contienen laboratorios donde se realizan numerosas pruebas científicas sobre los seres humanos y otros seres vivos. La estación espacial internacional actualmente orbita la Tierra y fue diseñada en conjunto por USA, Japón, Rusia, Canadá y la Unión Europea.



Los astronautas son profesionales entrenados para viajar al espacio y llevar a cabo diversas misiones, que pueden incluir investigaciones científicas, exploración y mantenimiento de estaciones espaciales. Su formación abarca varios aspectos:

1. **Educación y Experiencia:** La mayoría de los astronautas tienen títulos avanzados en campos como ingeniería, ciencias físicas, biología o matemáticas. Además, se requiere una experiencia profesional significativa en sus áreas de especialización.
2. **Condiciones Médicas:** Los astronautas deben pasar rigurosos exámenes médicos para asegurarse de que pueden soportar las demandas físicas del espacio. Esto incluye una excelente salud cardiovascular, visión perfecta (con o sin corrección) y una buena condición física general.
3. **Entrenamiento Militar o Científico:** Muchos astronautas tienen antecedentes militares, lo que les proporciona experiencia en ambientes rigurosos y entrenamiento en supervivencia. Otros provienen de campos científicos con experiencia en investigaciones complejas.

## El Proceso de Entrenamiento

El entrenamiento de astronautas es extenso y multifacético. Algunos de los aspectos clave incluyen:

1. Entrenamiento Físico: Los astronautas deben estar en excelente condición física. El entrenamiento incluye ejercicios cardiovasculares, de fuerza y resistencia, para preparar sus cuerpos para las demandas del lanzamiento y la vida en microgravedad.
2. Simulaciones: Se utilizan simuladores de vuelo para replicar las condiciones de lanzamiento, reentrada y acoplamiento con la Estación Espacial Internacional (EEI). Las piscinas gigantes con réplicas a escala de la EEI también se utilizan para simular la ingravidez.
3. Entrenamiento en Supervivencia: Dado que los lanzamientos pueden aterrizar en lugares inesperados, los astronautas reciben entrenamiento en supervivencia en diferentes entornos, como selvas, desiertos y mares.
4. Educación Científica y Técnica: Los astronautas deben dominar el funcionamiento de la nave espacial y la EEI, así como estar preparados para realizar experimentos científicos complejos.

Para estudiar el cosmos es preciso tener en cuenta varios factores numéricos. Es importante saber cuál es el tamaño relativo de los astros, conocer las distancias y disponer de magnitudes para, por ejemplo, describir su brillo.

---

## Observaciones Astronómicas

---

La Astronomía **es una de las más antiguas ciencias naturales**. El ser humano observó el cielo con interés desde que se dio cuenta de que no era estático; desde que notó que la luna pasa por fases, que hay día y noche y diferentes estaciones durante el año, entre otros fenómenos naturales. Sin embargo, los observatorios creados exclusivamente para mirar el cielo llegaron un tiempo después.

### Observatorios Astronómicos

Son lugares específicos e idóneos para la observación de los cuerpos celestes, ya sea planetas, estrellas, asteroides, etcétera, así como de otros fenómenos que se encuentran en el universo.

Los observatorios astronómicos sirven para ver, pero elementalmente son centros de investigación y desarrollo. Estos edificios albergan tecnología necesaria para cumplir sus tareas, así que los telescopios, computadoras y otros instrumentos auxiliares son parte inherente de cualquiera de ellos.



## Clasificación

Se ha descrito 4 categorías de observatorios astronómicos:

- ✓ **Con base en el espacio:** Son los instrumentos o máquinas en general que se hallan en el espacio exterior para observar planetas, galaxias, estrellas y cualquier otro objeto o fenómeno en el universo. Estos son capaces de hacer detecciones en un espectro electromagnético que no penetra tan fácilmente a través de la atmósfera terrestre como son los rayos X y rayos gama.
- ✓ **Con base en el aire:** Se trata de globos o aviones que contienen telescopios astronómicos. Trabajan en el espectro infrarrojo, por lo que es útil para estudiar los objetos que son visibles en la radiación infrarroja.
- ✓ **Con base en el suelo:** Son aquellos construidos sobre la superficie terrestre. Desde luego, constituyen el primer tipo que el hombre construyó, y tienen una historia larga que se remonta a las antiguas civilizaciones. Pueden observar objetos en las porciones de radiofrecuencia y luz visible del espectro electromagnético. Los edificios de estos observatorios son fáciles de reconocer por las cúpulas que se abren para dejar pasar a los telescopios entre su ranura.
- ✓ **Con base en el medio subterráneo:** Como su nombre sugiere, son colocados debajo de la superficie terrestre. En los observatorios subterráneos se ha podido calcular el día exacto del solsticio de verano con base en la incidencia de los primeros y últimos rayos solares directos que se presentaban en el año.

En América del Sur existen distintos lugares que por sus ideales condiciones climáticas y meteorológicas son excelentes para la observación astronómica. Varios de esos sitios se encuentran en nuestro territorio nacional, en la República Argentina, en uno de estos lugares está ubicado el Complejo Astronómico El Leoncito, al sur oeste de la provincia de San Juan.



El 24 de octubre de 1871, el presidente Domingo Faustino Sarmiento inauguró en Córdoba el Observatorio Astronómico Argentino, dedicado al estudio y el progreso de las ciencias exactas ligadas a los astros, la uranometría, la óptica y la espectroscopía. Su creación ya había sido propuesta por él mismo en 1866, pero comenzó a edificarse en 1870. El primer director fue el Profesor norteamericano Benjamín Gould, uno de los astrónomos más adelantados de su tiempo, y que se formó en Alemania. El primer trabajo científico desarrollado en el observatorio se llamó **“Uranometría Argentina”** que significa ‘medición del cielo’. Este fue el primer atlas publicado por el observatorio en 1877, en el que se registraron más de 7000 estrellas observadas a simple vista.

Los sitios de observación en la provincia de San Juan son varios y cada uno cuenta con características particulares. En Calingasta se encuentra el Complejo Astronómico El

Leoncito que depende del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Estación de altura Carlos U. Cesco que depende la Universidad Nacional de San Juan.

El CASLEO está ubicado en el paraje denominado "El Leoncito". Se caracteriza por la gran oscuridad de su cielo nocturno, con más de 250 noches por año despejadas de nubes, casi sin viento, y con una atmósfera que en general es diáfana y exenta de contaminación, con un escaso contenido de vapor de agua.

El observatorio Félix Aguilar complejo ubicado en el departamento Chimbas, inaugurado el 28 de septiembre de 1953 en reconocimiento al astrónomo Félix Aguilar quien dedicó mucho tiempo al estudio astronómico.

Observatorio Domingo F. Sarmiento complejo ubicado en Ceferino Namuncurá Departamento de San Martín. Inaugurado el 24 de octubre de 2009, en el Día Nacional de la Astronomía y en el Año Internacional de la Astronomía. Lleva el nombre del prócer sanjuanino, dándole el reconocimiento al gran aporte en el país con el observatorio astronómico construido en la provincia de Córdoba.

## **Los telescopios**

La astronomía, ciencia que trata de cuanto se refiere a los astros, y principalmente a las leyes de sus movimientos, requiere del monitoreo constante del cielo en la búsqueda de objetos no estudiados o de aspectos y detalles de otros ya estudiados que permitan entender sus orígenes y su evolución. Una herramienta fundamental en este trabajo es el telescopio.

La función fundamental del telescopio es recolectar la luz procedente de los objetos celestes, logrando una imagen amplificada de ellos, de manera que una característica importante a considerar en un telescopio es su tamaño: Cuanto mayor sea el diámetro de un telescopio, mayor será la cantidad de luz que es capaz de recolectar. De hecho, la cantidad de luz recolectada es directamente proporcional al área de recolección. Es decir, duplicar el diámetro de un telescopio implica cuadruplicar la capacidad de colección de luz.

Por otra parte, dado que los objetos celestes emiten radiación electromagnética de diversas longitudes de onda (la luz es radiación electromagnética), otro aspecto a considerar en un telescopio es el intervalo de longitudes de onda en el que va a utilizarse. Así, por ejemplo, la mayoría de los telescopios que emplean los astrónomos aficionados están pensados para usarse con luz visible.

En los telescopios ópticos, por la manera de captar la luz, también existen dos variantes. Los telescopios refractores usan lentes y los reflectores usan espejos. Los telescopios refractores son generalmente más pequeños y tienen aperturas que van desde unos 5cm hasta 10 cm.

### **Actividades de lectura:**

1. En grupo leer el texto de la página 17 a la 25.
2. Cada grupo subraya ideas principales y analiza con tus compañeros:
  - ¿De qué trata esa parte del texto?
  - ¿Cuáles son los conceptos más importantes?
  - ¿Quiénes son los personajes mencionados y que hicieron?
3. Luego del análisis de la lectura, responder:
  - a. ¿Dónde se encuentra nuestro Sistema Solar dentro de la Vía Láctea?
  - b. Según la Unión Astronómica Internacional, ¿Qué debe cumplir un cuerpo celeste para ser considerado un planeta?
  - c. ¿Cuál es la diferencia entre un planeta y un planeta enano?
  - d. Elabora un cuadro comparativo de los planetas interiores y exteriores.
  - e. Realiza una línea del tiempo con los principales hitos de la exploración espacial.
  - f. Según el texto, ¿cuál es la función elemental de los observatorios astronómicos además de "ver"?
  - g. ¿Cuáles son las cuatro categorías en las que se clasifican los observatorios?
  - h. ¿En qué fecha y por quién fue inaugurado el Observatorio Astronómico Argentino en Córdoba?
  - i. ¿Qué significa el término "Uranometría"?
  - j. ¿Cuántos observatorios astronómicos se encuentran en San Juan? Menciona como se llaman y dónde se encuentran ubicados.
  - k. ¿Cuáles son las características climáticas que hacen de "El Leoncito" un lugar ideal para la observación?

### **Actividades de Post-lectura:**

1. ¿Qué fue lo más interesante que aprendieron?
2. ¿Cómo creen que la exploración espacial puede afectar el futuro de la humanidad?
3. ¿Debería la humanidad enfocarse en explorar otros planetas o en resolver los problemas de la Tierra primero?
4. ¿Qué opinan sobre la posibilidad de vida en otros planetas?
5. Imagina que formas parte de una investigación en astronomía, ¿qué te gustaría investigar y por qué?
6. Busquen una noticia reciente sobre alguna exploración, traer para la próxima clase.

## Unidad III: Óptica

La óptica se ocupa del estudio de las propiedades de la luz y su propagación a través de diversos materiales.

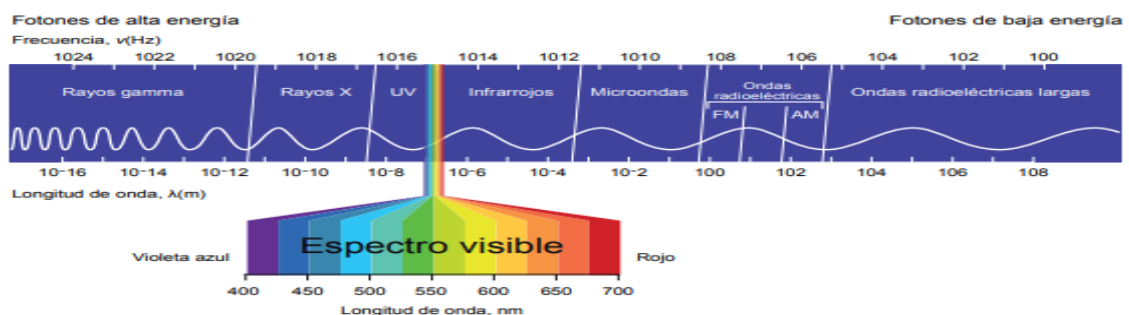
### Espectro electromagnético

Lo que recibimos de los astros lejanos son las radiaciones. Al estudiar la radiación electromagnética que emiten las estrellas, las nebulosas y las galaxias, los astrónomos aprenden sobre la densidad, la temperatura y la composición química del objeto.

La luz es una forma de radiación transmitida por ondas. Cada color tiene su propia longitud de onda. Esto lo comprobamos haciendo pasar un haz de luz blanca por un medio de diferente densidad de aquel por el que se viene propagando. Por ejemplo, si hacemos pasar la luz que se desplaza por el aire a través de un cristal o de un recipiente con agua, se desviará. Además, hace ya unos cientos de años que se sabe que es posible descomponer la luz; el fenómeno fue descubierto y comprobado por Newton (1643-1727) en el siglo XVII.

Newton supuso que la luz estaba compuesta por pequeños corpúsculos y que los colores se relacionaban con el tamaño de esos corpúsculos.

Estas comprobaciones permiten conocer todo el espectro electromagnético.



### Características del espectro electromagnético

La luz es la manifestación visible de ondas electromagnéticas. Este tipo de ondas se propaga a través del vacío, por eso llega a nosotros la luz emitida por estrellas muy lejanas.

El ojo humano no es capaz de detectar todas las ondas electromagnéticas, solo puede percibir las que tienen longitudes de onda de entre  $400 \times 10^{-9}$  y  $700 \times 10^{-9}$  m (o lo que es lo mismo: entre 400 y 700 nanómetros).

El conjunto de ondas electromagnéticas que podemos detectar se denomina espectro visible.

## Propiedades de la luz

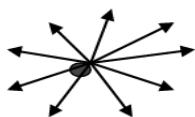
La luz se propaga en todas direcciones y en línea recta a una velocidad de 300000 km/seg en el vacío. Ej: Si entramos en un cuarto y prendemos la luz, todo el espacio se ilumina.

**Rayo luminoso:** La línea que sigue la dirección de propagación de la luz se denomina rayo luminoso.

**Haz luminoso:** Un conjunto de rayos luminosos que salen de una misma fuente constituyen un haz luminoso.

Los haces luminosos pueden ser:

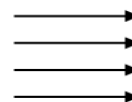
- ✓ Divergentes: Cuando los rayos se separan.
- ✓ Convergentes: Cuando se concentran en un punto.
- ✓ Paralelos: Los rayos se propagan paralelos.



Haces divergentes



Convergentes



Paralelos

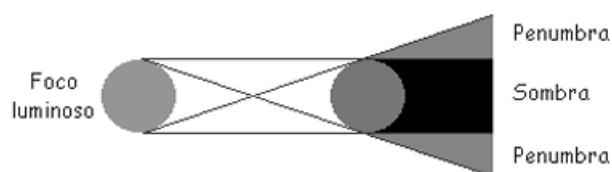
## Sombras y penumbras

Cuando una fuente luminosa pequeña denominada fuente puntual proyecta un haz de luz sobre una pantalla ilumina completamente una determinada zona.

Si se interpone un cuerpo opaco entre la fuente y la pantalla, se observan dos zonas bien definidas. Una oscura adonde no llegan los rayos luminosos y que tiene la forma del objeto interpuesto, denominada zona de sombra y otra totalmente iluminada denominada zona de luz.

Cuando los rayos luminosos se propagan en línea recta la forma de la sombra está determinada por los rayos tangentes al cuerpo que llegan a la pantalla. El tamaño de la sombra varía según la distancia a la que se encuentra el objeto de la pantalla y de la inclinación de los rayos luminosos.

Si se coloca un objeto entre una pantalla y una fuente luminosa de grandes dimensiones vemos:



## Espejos

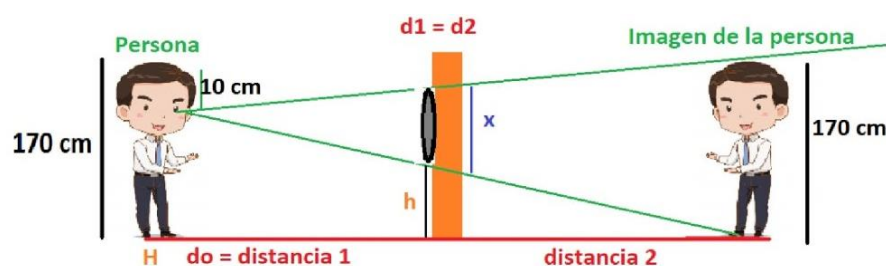
Los espejos son cuerpos opacos, con una superficie lisa y pulida, capaces de reflejar la luz que reciben. Hay dos tipos de espejos:

- ✓ **Espejos planos:** que producen imágenes de la misma forma y tamaño que el objeto que reflejan.
- ✓ **Espejos esféricos:** que producen imágenes de diferente tamaño al del objeto que reflejan.

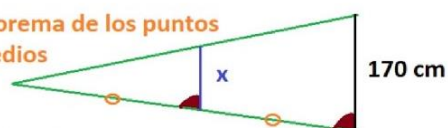
### Formación de imágenes en espejos planos

Toda superficie lisa, pulida y plana que refleja la luz especularmente, es decir refleja en una sola dirección un haz de rayos paralelos se denomina ESPEJO. En la siguiente figura se representa la imagen de un objeto reflejada en un espejo plano, se observa que cada rayo proveniente del objeto se refleja siguiendo la ley de la reflexión  $i = r$  (rayo incidente= rayo reflejado). Las características de esta imagen son:

- Para un observador la luz parece provenir de una imagen ubicada detrás del espejo
- La distancia  $d_1$  = del objeto al espejo es igual a la distancia  $d_2$  de la imagen al espejo.
- Tiene una inversión lateral con respecto al objeto.
- Siempre es derecha, es decir nunca aparece invertida.
- El tamaño de la imagen  $h_2 = h_1$  es el mismo tamaño del objeto.



Teorema de los puntos medios



$$x = \frac{170}{2} \text{ cm} \quad x = 85 \text{ cm}$$



## Espejos Esféricos

Una superficie lisa, de forma esférica y que refleja especularmente la luz, es un espejo esférico. Tenemos dos tipos de espejos esféricos: Cóncavos y Convexos

- **Espejos Cóncavo:** La superficie reflectora es la parte interior de la superficie esférica.

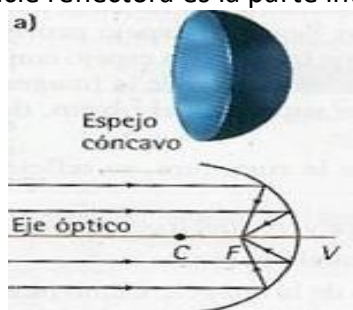


Fig 1

- **Espejos Convexo:** La superficie reflectora es la parte externa de la superficie esférica.

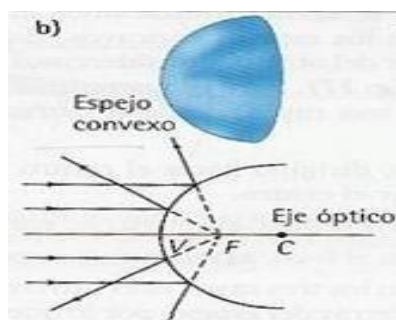
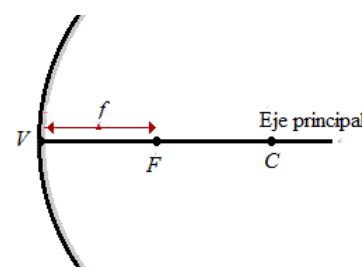
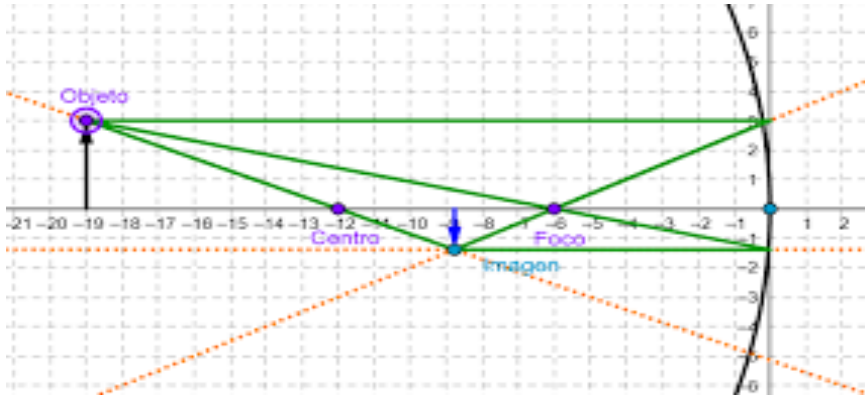


Fig 2

Tanto en los espejos esféricos cóncavos como convexos se distinguen los siguientes elementos que se muestran en las figuras 1 y 2

- ✓ Radio de Curvatura  $R$  es el radio de la esfera a la cual pertenece el casquete.
- ✓ El vértice  $V$  es el centro del casquete esférico.
- ✓ Centro de curvatura  $C$  punto central de la esfera
- ✓ El eje principal es la línea recta imaginaria que pasa por el centro de curvatura y el vértice
- ✓ El foco  $F$  del espejo es el punto medio entre el centro de curvatura y el vértice. A la distancia entre el foco y el vértice del espejo se le conoce como distancia focal ( $f$ ), así que  $f = R/2$
- ✓ Distancia focal ( $f$ ) es la distancia entre el foco y el vértice del espejo.

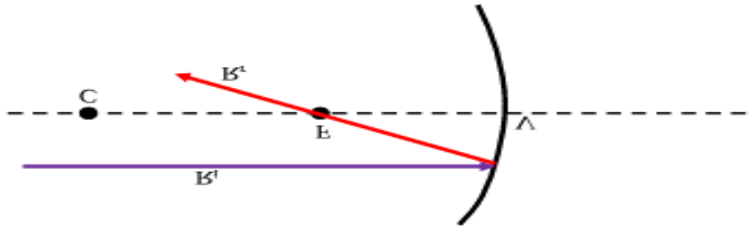




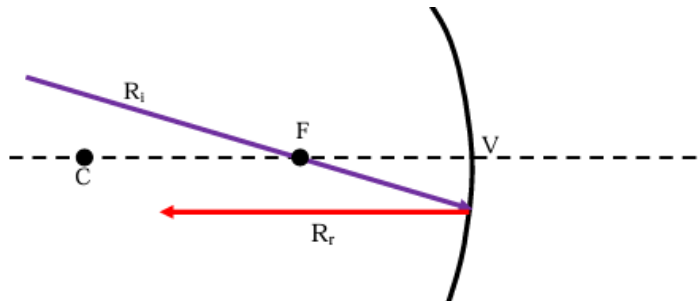
## Formación de imágenes en espejos esféricos cóncavos.

La construcción de imágenes en los espejos esféricos ocurre de la siguiente manera:

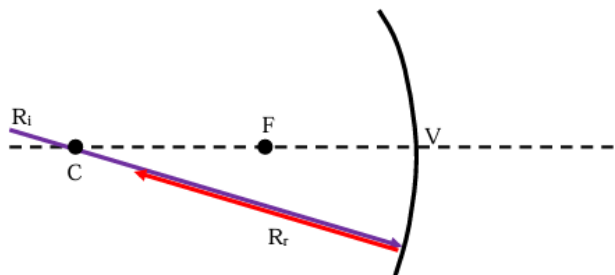
- 1- Todo rayo que incide paralelo al eje principal, se refleja pasando por el foco.



- 2- Todo rayo que incide pasando por el foco se refleja paralelo al eje principal.



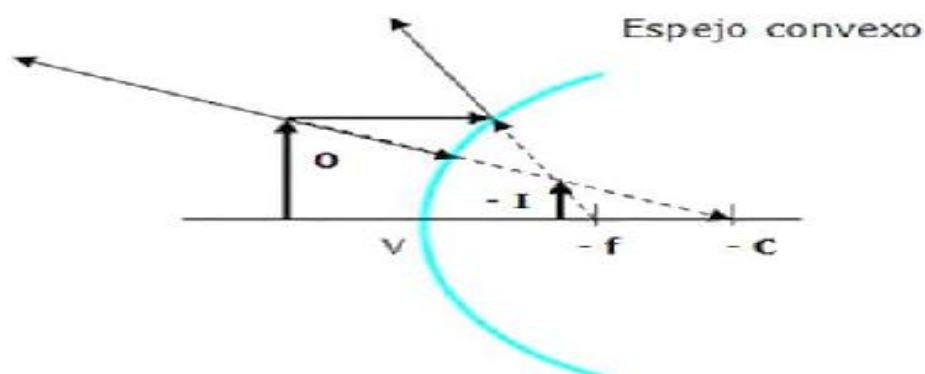
- 3- Todo rayo que pasa por el centro de curvatura, se refleja sobre sí mismo.



## Formación de imágenes en espejos convexos

Para la construcción de imágenes en los espejos esféricos ocurre de la siguiente manera:

- 1- Cuando el rayo incide en forma paralela, se refleja como si proviniera del foco, detrás del espejo.
- 2- El segundo rayo se traza como si viniera del centro de curvatura y se refleja hasta el objeto.
- 3- La imagen en un espejo convexo será siempre virtual (la observamos detrás del espejo), derecha y más pequeña que el objeto



### Ecuaciones de espejos

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

Distancia focal

$$f = \frac{r}{2}$$

Aumento de la imagen

$$\frac{h_i}{h_o} = -\frac{d_i}{d_o}$$

Donde:

$d_o$  = distancia objeto

$d_i$  = distancia imagen

$h_o$  = altura del objeto

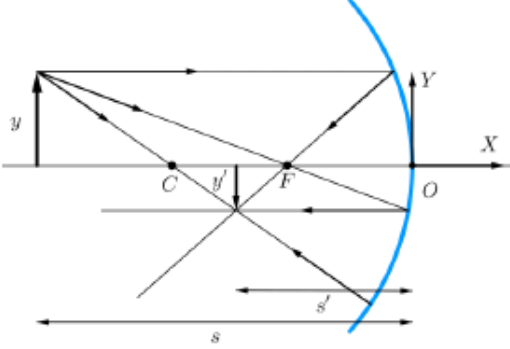
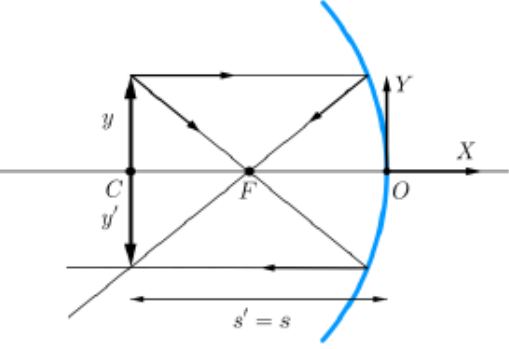
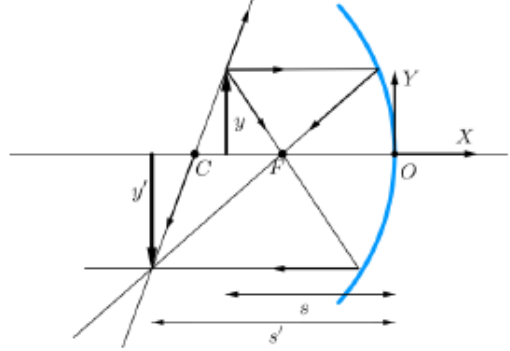
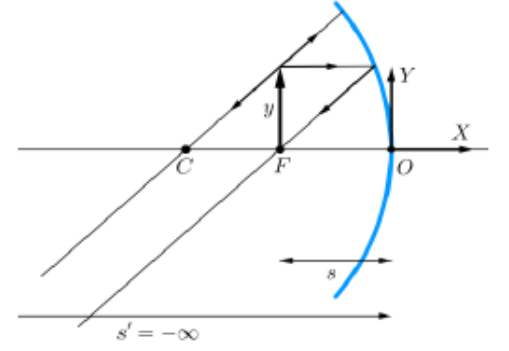
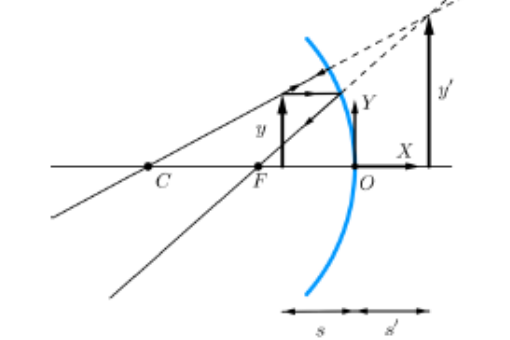
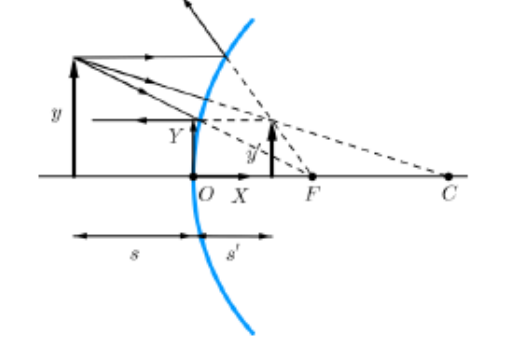
$h_i$  = altura de la imagen

### Ecuación de magnificación

Expresa la relación entre la razón de la distancia de la imagen ( $d_i$ ) y la distancia del objeto ( $d_o$ ); así como la altura de la imagen y la altura del objeto

$$M = \frac{h_i}{h_o} = \frac{d_i}{d_o}$$

| Clase de espejo | Características de la imagen |
|-----------------|------------------------------|
| Cóncavo         | Real, menor e invertida      |
| Cóncavo         | Real, igual e invertida      |
| Cóncavo         | Real, mayor e invertida      |
| Cóncavo         | No se forma imagen           |
| Cóncavo         | Virtual, mayor y derecha     |
| Convexo         | Virtual, menor y derecha     |

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Caso 1.</b> Espejo cóncavo. Objeto a la izquierda de C: la imagen es real, invertida y menor.</p> | <p><b>Caso 2.</b> Espejo cóncavo. Objeto en C: la imagen es real, invertida e igual.</p> |
|                        |        |
| <p><b>Caso 3.</b> Espejo cóncavo. Objeto entre C y F: la imagen es real, invertida y mayor.</p>         | <p><b>Caso 4.</b> Espejo cóncavo. Objeto en F: no se forma imagen.</p>                   |
|                       |       |
| <p><b>Caso 5.</b> Espejo cóncavo. Objeto a la derecha de F: la imagen es virtual, derecha y mayor.</p>  | <p><b>Caso 6.</b> Espejo convexo. La imagen siempre es virtual, derecha y menor.</p>     |
|                      |      |

## Ejercitación

- 1. Un objeto se coloca a 10 cm frente a un espejo cóncavo cuyo radio de curvatura es de 30 cm.**
  - a. Dibuja un esquema del rayo principal para mostrar la formación de la imagen.
  - b. Calcula la distancia de la imagen al espejo.
  - c. ¿La imagen es real o virtual? ¿Es derecha o invertida?
- 2. Determina la posición y tipo de imagen que formara un objeto de 2cm de altura si se coloca a 10 cm de un espejo cóncavo cuya distancia focal es de 5 cm.**
- 3. Delante de un espejo cóncavo de 30cm de radio de curvatura, se coloca un objeto de 2 c, de altura a 40 cm del espejo. Determine:**
  - a. Gráfica y analíticamente la posición de la imagen.
  - b. Clasifique el tipo de imagen que se forma.
- 4. Un espejo cóncavo tiene un radio de curvatura de 40 cm. Se coloca un objeto a 20 cm del vértice del espejo.**
  - a. ¿Dónde se forma la imagen?
  - b. ¿Qué tipo de imagen es (real o virtual)?
  - c. ¿La imagen está aumentada o reducida?
- 5. Un espejo cóncavo tiene un radio de curvatura de 36 cm. Se coloca un objeto de 4 cm de alto a 18 cm del espejo.**
  - a. Ubica la imagen gráfica y analíticamente.
  - b. ¿La imagen es mayor, menor o igual que el objeto?
  - c. ¿Qué tipo de imagen es?
- 6. Explica qué ocurre con la imagen de un objeto cuando:**
  - a. Se coloca en el centro de curvatura de un espejo cóncavo.
  - b. Se coloca entre el foco y el vértice del espejo.
  - c. Se coloca más allá del centro de curvatura.
- 7. Un objeto se coloca a 5 cm frente a un espejo cóncavo cuyo radio de curvatura es de 20 cm.**
  - a. ¿Cuál es la distancia focal?
  - b. Dibuja un esquema del rayo principal para mostrar la formación de la imagen.
  - c. ¿La imagen es real o virtual? ¿Es derecha o invertida?
- 8. A 10 cm del vértice del espejo esférico convexo se coloca un objeto. Si la distancia focal es de 18 cm, indica a que distancia se forma la imagen.**

## Unidad IV: Movimiento de los astros

### EL PLANETA TIERRA

La Tierra se origina hace 4.600 millones de años y se encuentra en nuestra galaxia, La Vía Láctea. Su distancia al sol es de 150 millones de kilómetros y le hace tener unas condiciones ideales para la vida tal como la conocemos. Está rodeada de una capa gaseosa llamada atmósfera que la protege de las radiaciones solares, contiene una serie de gases entre los que se encuentra el oxígeno, gas necesario para la vida. Otra de las características de la tierra es el agua, sustancia también indispensable para la vida.

Nuestro planeta no tiene forma de una esfera perfecta, sino que se le dice de forma geoidal (geoide) al estar algo achatada por los polos.

La superficie terrestre es de unos 510 millones de Kilómetros cuadrados. De esa superficie, el 71% está cubierta por agua y 29% por las tierras continentales e islas.

### LOS CINCO MOVIMIENTOS DEL PLANETA TIERRA

La Tierra gira en torno al sol, realizando el movimiento conocido como de translación, y mientras gira en torno al sol también gira en torno a sí misma, realizando el movimiento de rotación. La Tierra no se mueve únicamente en torno al sol y sobre sí misma, sino que además tiene otros tres movimientos principales adicionales: precesión de los equinoccios, nutación y el bamboleo de Chandler.

#### 1) Movimiento de Rotación

Este es el movimiento que hace la Tierra girando sobre su propio eje en sentido de oeste a este (es decir en sentido contrario al movimiento aparente del sol). La rotación es el movimiento por el cual existen los días y las noches, y cada rotación tiene una duración de prácticamente un día (más concretamente son 23 horas 56 minutos y 4,1 segundos).



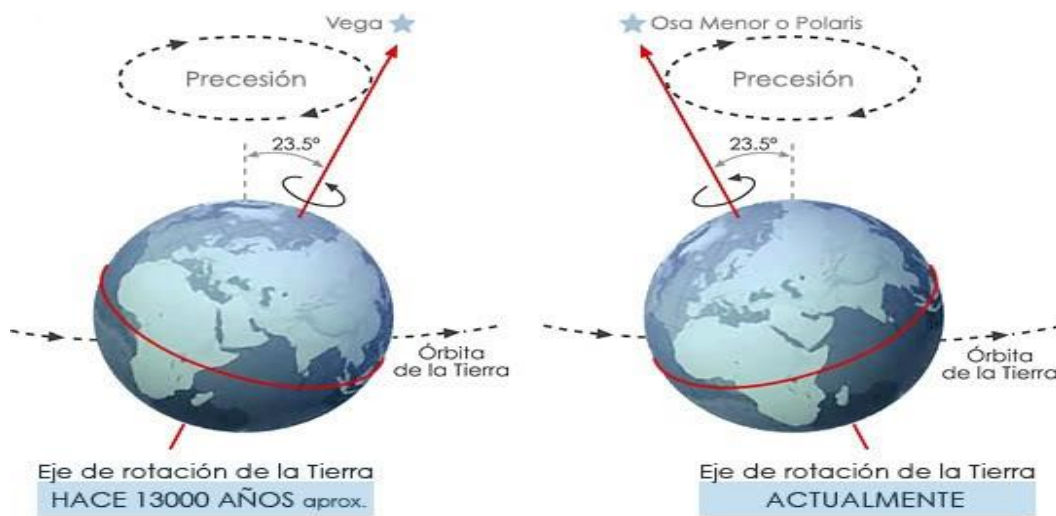
#### 2) Movimiento de Traslación

Se define como el movimiento que hace la Tierra en torno al sol, describiendo una elipse que tarda en ser recorrida 365 días, 5 horas y 47 minutos. Debido al hecho de recorrer una órbita elíptica, la Tierra varía su distancia respecto al sol mientras describe esta trayectoria, dándose el perihelio (punto más cercano al sol) los primeros días de enero, y el afelio (punto más alejado del sol) los primeros días de Julio.



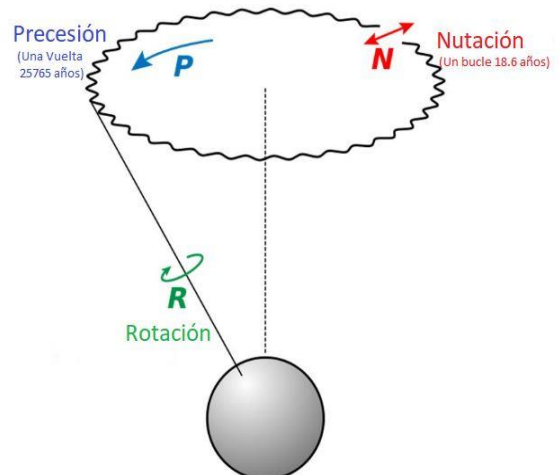
### 3) Movimiento de Precesión de los Equinoccios

Un equinoccio es el momento del año en que el Sol está perpendicular al Ecuador, en este momento la duración del día es igual a la de la noche en toda la Tierra y se da en cada uno de los dos puntos de la esfera celeste en que el ecuador corta la eclíptica. El movimiento de precesión de los equinoccios es el movimiento que describe el inclinado eje de la tierra de forma circular, es el movimiento que hace el polo norte terrestre. La duración estimada de este movimiento es de 25.780 años, lo que también es conocido como año platónico.



### 4) Movimiento de Nutación

El eje de la Tierra, se mueve de forma circular mediante el movimiento de precesión, pero los círculos que describe no son exactos. De hecho, el movimiento de nutación lo que hace es generar oscilaciones haciendo que el eje de la tierra se incline un poco más o un poco menos respecto a la circunferencia que describe el movimiento de precesión. Este movimiento es causado por la atracción gravitatoria de la Luna.



## 5) Bamboleo de Chandler

En 1891 el astrónomo Seth Carlo Chandler descubrió una nueva irregularidad en la oscilación del eje de la Tierra. Este nuevo movimiento, conocido como el bamboleo de Chandler, se trata de un movimiento oscilatorio del eje de la Tierra que hace que se desplace hasta 9 metros de la posición predicha para un momento concreto. La causa real de la existencia de este movimiento aún no ha sido averiguada a día de hoy, se cree que podría estar causado por los cambios climáticos o que la causa real podría ser las variaciones de concentración salina en el mar.

### Actividades:

1. ¿Qué tipos de movimientos realiza la Tierra? Describa brevemente, cada una de ellas.
2. ¿Qué consecuencias tiene el movimiento de rotación? ¿Cuál es su periodo?
3. ¿Qué consecuencias tiene el movimiento de traslación? ¿Cuál es su periodo?
4. De acuerdo al texto leído, ¿Por qué crees que varía la hora de los países? Averigua ¿Cómo se llama este proceso?
5. ¿Cómo se llaman los dos momentos del año en que el día y la noche tienen la misma duración?

## Sistema Tierra-Luna

El cielo es la visión que tenemos del universo desde nuestro planeta. Desde el inicio de los tiempos, la Luna ha cautivado al ser humano. Ya sea por su cercanía a la Tierra o por su cambiante apariencia, la existencia de este astro ha impulsado a la ciencia a **mirar más allá** de las fronteras de nuestro planeta y **explorar los misterios del universo**.

La Luna **es el único** satélite natural **que gira alrededor de la** Tierra. Un satélite natural es un cuerpo celeste que orbita en torno a un planeta. Existen planetas como Júpiter y Saturno que tienen más de setenta satélites naturales o Venus y Mercurio que no tienen ninguno. La Luna es el quinto satélite más grande del Sistema Solar.

El objeto más brillante del cielo es el Sol, la estrella alrededor de la cual gira la Tierra. El Sol no es el único objeto celeste que parece desplazarse respecto de las estrellas. La Luna orbita a la tierra cada mes y por ello nos parece que viaja por el cielo hacia el este siguiendo una trayectoria parecida a la del Sol.

La órbita lunar **es el movimiento que realiza la Luna alrededor de la Tierra**. Es una órbita elíptica y que realiza en sentido contrario a las agujas del reloj.

### Los movimientos de la Luna son:

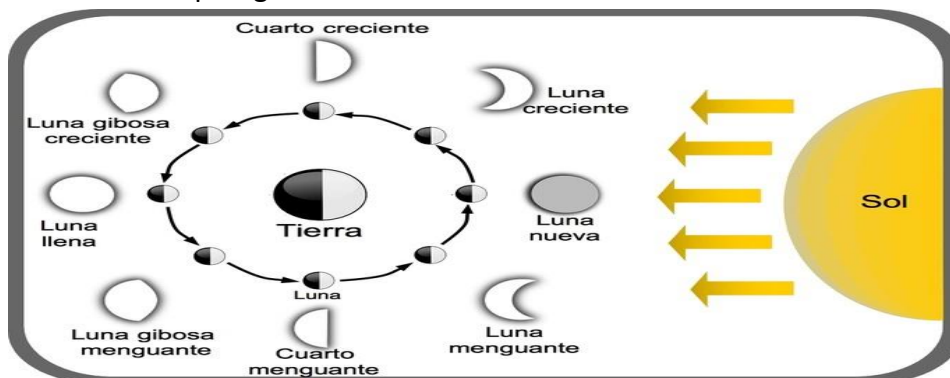
- **Movimiento de rotación.** En el que la Luna gira sobre sí misma, el tiempo que emplea en dar una vuelta sobre su propio eje es el mismo que tarda en completar una órbita alrededor de nuestro planeta, y ese es precisamente el motivo por el que la Luna nos muestra siempre la misma cara: un fenómeno conocido como rotación sincrónica.
- **Movimiento de traslación.** En el que la Luna gira alrededor del planeta Tierra.

Uno de los resultados del movimiento del Sol y la Luna en el cielo es el ciclo de las fases lunares. La Luna orbita la Tierra hacia el este, dando una vuelta cada 27,32 días.

Debido a que la Luna no produce su propia luz, sólo es visible por la que refleja del Sol y por tanto sólo veremos la parte iluminada de la Luna. A medida que la Luna se va desplazando por el cielo, el Sol va iluminando diferentes zonas de ella, de las que sólo veremos las partes de la Luna que mira a la Tierra. Por ello, la Luna irá cambiando de aspecto pasando por una sucesión de fases.

### Las cuatro fases de la Luna son:

- **Luna nueva.** Es el momento en el que la Luna pasa entre la Tierra y el Sol, por lo tanto, desde el planeta no se logra ver la cara lunar iluminada por el astro solar.
- **Cuarto creciente.** Es el momento en el que la Luna se observa desde la Tierra como una mitad o “media luna” creciente a medida que pasan los días. Esta etapa ocurre luego de la Luna nueva.
- **Luna llena.** Es el momento en el que la Luna pasa más alejada del Sol y, desde la Tierra, se observa su cara iluminada de manera completa.
- **Cuarto menguante.** Es el momento en el que la Luna se vuelve a ver desde la Tierra como una mitad cada vez más delgada a medida que pasan los días, hasta alcanzar la etapa siguiente de Luna nueva.



Los movimientos del Sol y la Luna en el cielo son la base de nuestros sistemas de medida del tiempo. El transcurso de las estaciones establece el año como unidad básica de tiempo, y el ciclo de las fases lunares dan lugar al mes. De hecho, los primeros relojes fueron los de Sol y los primeros calendarios fueron lunares.

Para las primeras culturas este ciclo tenía importancia de vida o muerte pues de él dependían las migraciones de animales, las crecidas de los ríos, la plantación y la recolección de las cosechas.

La distancia media que separa la Luna de la Tierra es de 384,400 km. Según la posición en la que se encuentren el planeta y el satélite, la distancia puede llegar a ser de 363.000 km como mínimo y de 405.500 km como máximo.

La Luna alberga un pequeño núcleo interno de hierro, un manto formado por densas rocas de hierro y magnesio, y una corteza de 70km de espesor cuya superficie está formada por silicatos, óxidos de aluminio (un 14% en los mares oscuros y un 24% en las tierras claras) y también óxido de calcio y de hierro. El elemento más abundante es el oxígeno (un 43%), seguido del silicio (20%), magnesio (19%), hierro, aluminio, trazas de cromo, titanio y magnesio.

## **ACTIVIDADES:**

**Luego de leer el documento informativo y responder en tu cuaderno:**

1. ¿La Luna se encuentra fija o qué tipo de movimientos realiza?
2. ¿Qué significa las fases de la Luna? ¿Por qué se producen?
3. ¿Cuáles son las fases de la Luna?
4. ¿Cuánto tiempo tarda la Luna en dar una vuelta completa a la Tierra?
5. ¿Qué importancia tenían las fases de la Luna para las primeras culturas?
6. ¿Cuál es la distancia media que separa la Luna de la Tierra?
7. ¿Cómo está compuesta?
8. Investiga:
  - a. ¿En qué fecha se declaró el primer viaje del hombre hacia la Luna?
  - b. ¿Cómo se llama la primera misión en posarse en la Luna?
  - c. ¿Qué tiempo tardaron los astronautas en llegar aproximadamente a la Luna?
  - d. ¿Qué astronautas formaron parte de esa misión?
  - e. ¿Qué tiempo duró la expedición en la Luna?

## Eclipses

Los movimientos del Sol, la Luna y la Tierra generan diferentes fenómenos que podemos observar desde la Tierra. Entre ellos podemos observar los eclipses que se produce cuando un planeta o una luna se encuentra alineados con el Sol interponiéndose de modo que obstruye la luz solar.

Muchas culturas primitivas que adoraban al Sol o a la Luna, veían en los eclipses algo terroríficos. Al ver como el Dios Sol o la Diosa Luna se oscurecían, creían que estaban enfermos.

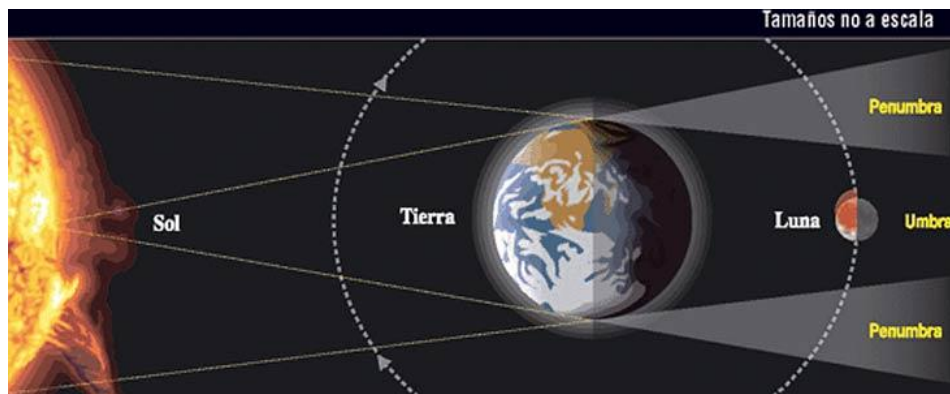
Los antiguos chinos recibían a los eclipses de Sol produciendo toda clase de ruidos y lanzando flechas al cielo tratando de asustar al gran dragón que lentamente devoraba al Sol. Para ellos la ceremonia no fallaba jamás pues el dragón siempre acababa retirándose.



Desde el planeta Tierra se producen dos tipos de eclipses:

- **Eclipse lunar.** Es el momento en que la Tierra se interpone entre el Sol y la Luna e impide que la luz solar alcance al satélite.
- **Eclipse solar.** Es el momento en que la Luna se interpone en el trayecto de la luz solar sobre la Tierra, por lo que el día terrestre se torna oscuro durante unos minutos.

### Eclipse lunar



El plano que la Luna sigue en su movimiento traslacional alrededor de la Tierra tiene un ángulo de unos  $5^\circ$  con el de la eclíptica (el plano de la órbita terrestre). Por eso, aunque la Luna pase a diario entre la Tierra y el Sol no coinciden en línea más que raras veces. Los puntos de intersección entre estos dos planos se denominan nodos. La posición de estos nodos en el espacio no es fija, sino que va rotando. Sólo se produce un eclipse cuando uno de estos nodos está en línea de visión directa entre el Sol y la Tierra.

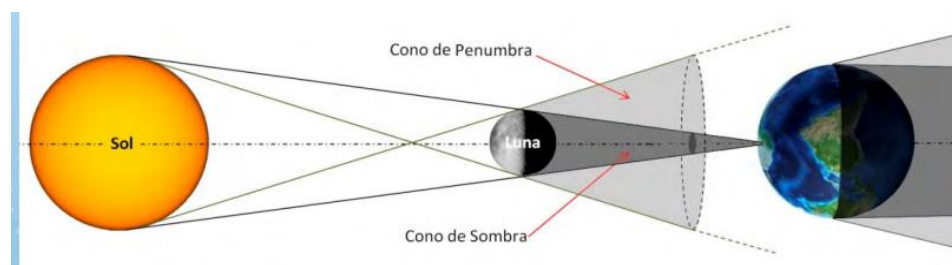
Un eclipse lunar se produce cuando la Luna llena cruza la sombra producida por la Tierra. Este fenómeno sólo ocurre cuando el Sol, la Tierra y la Luna están alineados.

La sombra de la Tierra tiene una parte menos oscura, llamada “penumbra”, y una parte más oscura, llamada “umbra”. Cuando la Luna sólo atraviesa la penumbra, el eclipse no es visible a simple vista. El eclipse visible comienza cuando la luna entra en la umbra.

La Luna no se oscurece por completo, sino que adquiere un color rojizo, debido a la refracción de la luz del Sol en la atmósfera de la Tierra.

Según como sea la geometría del eclipse, la Luna puede tardar 1 hora y 40 minutos en salir de la penumbra, aproximadamente una hora en salir por completo de la umbra y otra más para salir por completo. En definitiva, un eclipse total de Luna puede llegar a durar hasta 6 horas.

### Eclipse solar

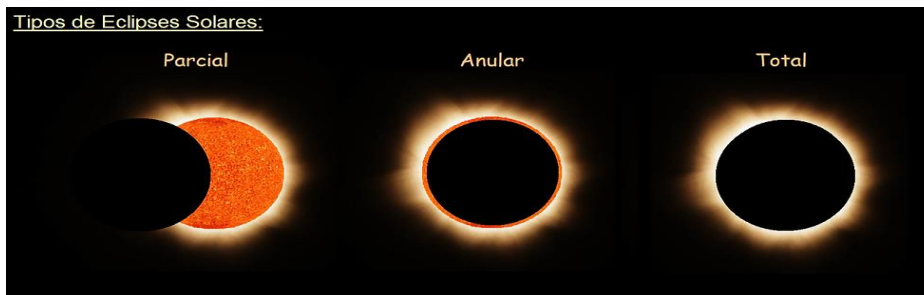


Por su parte, en el eclipse de Sol, es la Luna la que se interpone entre la Tierra y el Sol, creando un trayecto sombreado en algunas regiones del planeta, donde la umbra es la parte más oscura, y la penumbra es una región más clara.

Existen 3 tipos diferentes de eclipses solares:

- ✓ **Eclipse total:** la Luna consigue ocultar por completo al Sol. Son los más espectaculares y útiles desde el punto de vista científico. Durante los minutos o segundos que se oculta el Sol se puede ver su atmósfera sin el uso de filtros. La cromosfera y el halo solares son mostrados, pudiéndose estudiar directamente. Desde el punto de vista de la Tierra la oscuridad es absoluta, haciéndose de noche en pleno día. Esto nos permite ver las estrellas que en ese momento estén cerca del Sol y los planetas. Son el tipo de eclipses más escaso (un 27 % del total).
- ✓ **Eclipse anular:** la geometría de Luna, Tierra y Sol es la misma que en un eclipse total. La diferencia es que ocurren cuando el sistema Luna-Tierra está un poco más cerca del Sol (o la Luna más lejos de la Tierra), por lo que el disco de la Luna no llega a ocultar por completo al Sol. En el punto máximo del eclipse el disco lunar muestra un pequeño anillo luminoso a su alrededor.

- ✓ **Eclipse parcial:** la Luna sólo oculta una porción del Sol. Dependiendo del porcentaje de ocultación que alcance será percibido directamente por la población o no. En todo caso será preciso el uso de métodos seguros de observación directa o indirecta del Sol. Los eclipses de los apartados anteriores se ven como parciales en aquellas regiones donde no son totales o anulares. Además, también hay eclipses que sólo son parciales en todos los lugares donde son visibles.



Las sombras que proyectan durante un eclipse:

La **umbra** es la parte más oscura y central de la sombra de la Luna. Durante un eclipse total de Sol, sólo los espectadores ubicados dentro de la umbra pueden verlo por completo.

La **antumbra** es la extensión más clara de la umbra que se genera a cierta distancia del objeto que crea la sombra. La antumbra de la Luna se forma más allá de la Tierra provocando que raramente se aprecie desde la superficie.

La **penumbra** es la sombra exterior más clara proyectada por la Luna o la Tierra. Durante un eclipse solar, los espectadores dentro de la Penumbra pueden observar un eclipse solar parcial. El color de la Luna cambia a un tono rojizo o gris cuando la Tierra proyecta su penumbra sobre la Luna.

### **Actividades:**

Luego de leer el documento y responde:

1. ¿Qué es un eclipse? ¿Cuáles existen?
2. ¿Cómo se produce un eclipse lunar? ¿Qué diferencia presenta con un eclipse solar?
3. ¿Por qué los eclipses solares se producen en Luna llena? ¿En qué fase de la luna se encuentra en un eclipse lunar?
4. ¿Qué diferencias existe entre un eclipse solar parcial, total y anular?
5. ¿Qué mitos se encuentran en las civilizaciones antiguas?

## Leyes de Kepler

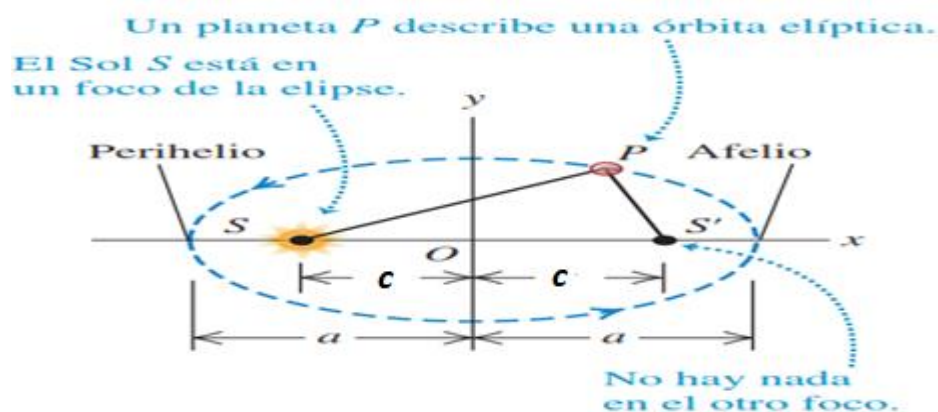
La fuerza de la gravedad determina los movimientos de los planetas y satélites y mantiene unido al Sistema Solar (y a la galaxia). El astrónomo y matemático alemán Johannes

Kepler (1571-1630) había propuesto, poco antes de la época de Newton, una descripción general del movimiento planetario. Kepler formuló tres leyes empíricas a partir de datos de observaciones recopilados en un periodo de 20 años por el astrónomo danés Tycho Brahe (1546-1601).

### Primera Ley de Kepler

Los planetas se mueven en órbitas elípticas, con el Sol en uno de los puntos focales.

Para poder comprender esta ley es importante tener en cuenta las características de una elipse. Como se muestra en la siguiente figura, una elipse presenta una forma ovalada o de círculo aplanado. De hecho, un círculo, es un caso especial de la elipse.



La figura muestra la geometría de una elipse, donde  $S$  y  $S'$  son los focos. Trazando un eje de coordenadas desde el centro de nuestra elipse podemos encontrar: sobre el eje  $x$ , la dimensión más larga que es el eje mayor. Siendo " $a$ " la mitad de su longitud, denominada semieje mayor.

**El punto de la órbita más cercano al Sol es el perihelio; y el más lejano, el afelio.**

El Sol está en  $S$ , y el planeta está en  $P$ ; consideramos a ambos como puntos porque su tamaño es muy pequeño en comparación con la distancia entre ellos. No hay nada en el otro foco  $S'$ .

La suma de las distancias de S a P y de S' a P es la misma para todos los puntos de la curva.

Además, en una elipse podemos encontrar su excentricidad, la cual es igual al cociente entre su semidistancia focal, que va desde el foco al centro de la elipse "ea" y su semieje mayor "a". El valor de "e" varía entre 0 y 1.

Si  $e = 0$ , la curva en realidad es un círculo. Las órbitas reales de los planetas son casi circulares.

De acuerdo a la figura, la excentricidad se calcula como:

$$e = \frac{c}{a}$$
$$\text{perihelio} = a - c$$
$$\text{Afelio} = a + c$$
$$a = \frac{\text{Perihelio} + \text{Afelio}}{2}$$

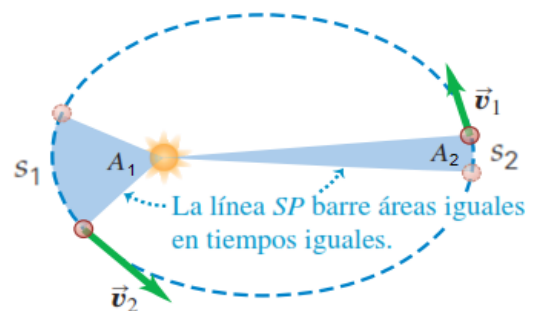
## Segunda Ley de Kepler

**La recta que une un planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales.**

Esta ley nos indica que el tiempo necesario para recorrer las diferentes distancias orbitales ( $s_1$  y  $s_2$ ) es el mismo, de forma que las áreas ( $A_1$  y  $A_2$ ) sean iguales. Debido a esto, la ley nos indica que la rapidez orbital de un planeta varía en diferentes partes de su órbita.

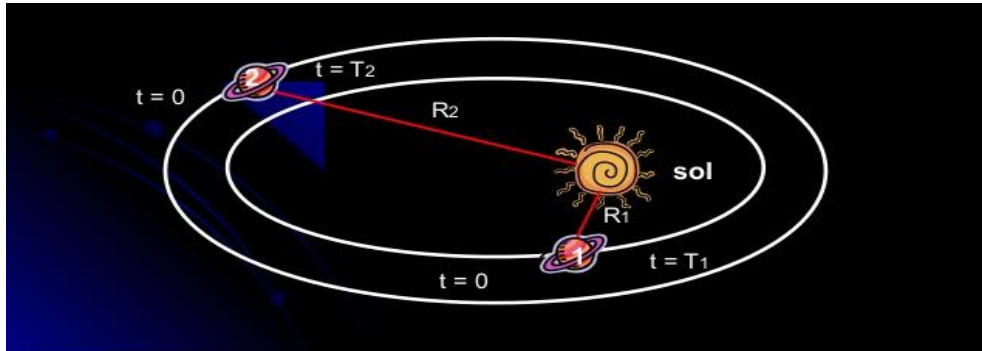
$$\frac{A_1}{t_1} = \frac{A_2}{t_2} = \text{constante}$$

Dado que la órbita del planeta es elíptica, su rapidez orbital es mayor cuando está en el perihelio (más cerca del Sol), que cuando está en el afelio (más lejos del Sol). Esto quiere decir que  $\vec{v}_1$  es menor que  $\vec{v}_2$



## Tercera Ley de Kepler

El cuadrado del periodo del movimiento de un planeta es directamente proporcional al cubo de la distancia media del planeta al Sol.



Matemáticamente:

$$\frac{T_1^2}{R_{m1}^3} = K$$

Donde:

T = periodo orbital

Rm = distancia promedio entre el planeta y el Sol

$$Rm = \frac{\text{Perihelio} + \text{Afelio}}{2}$$

K = constante de Kepler

El valor de la constante de Kepler (K) es el mismo para los planetas del sistema solar y se puede calcular mediante la expresión:

$$K = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M}$$

Donde:

G = Constante de Gravitación Universal =  $6,67 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$

M = Masa del planeta o astro.

Las unidades de K pueden ser  $\frac{s^2}{m^3}$ ,  $\frac{h^2}{km^3}$ ,  $\frac{años^2}{ua^3}$

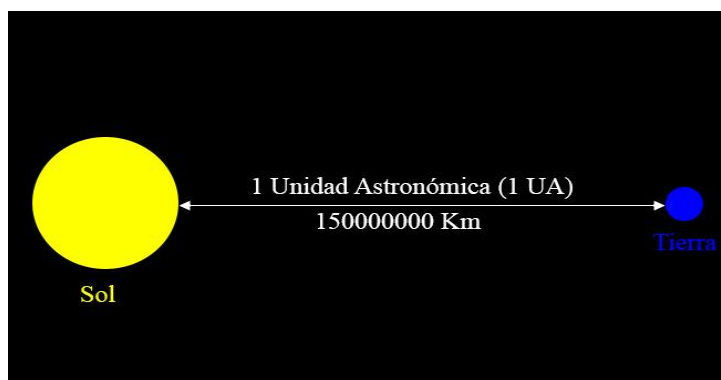
## Unidades Astronómicas

En astronomía se manejan longitudes entre los astros que son muy grandes, casi que imposible de imaginar. Evidentemente el kilómetro es una unidad más que despreciable para utilizarla en el cielo. Por eso, fue necesario definir nuevas unidades de distancias.

La unidad de distancia más chica y elemental, es la Unidad Astronómica la cual utilizamos para medir distancias principalmente dentro del Sistema Solar. A medida que nos alejamos del Sistema Solar, continúan aumentando las distancias, nuevamente necesitamos implementar una nueva unidad astronómica, entonces definimos el Año Luz, el mismo será utilizado para medir longitudes dentro de nuestra Galaxia. Saliendo de los límites de nuestra Galaxia, utilizaremos una unidad aún más grande, el Parsec consecuentemente lo utilizaremos para medir distancias fuera de nuestra Galaxia.

### ➤ Unidad Astronómica (UA)

Se define como la distancia media de la Tierra al Sol. Se determina de forma experimental y es igual a 149.597.870 km. Antes de la existencia de la UA, se conocía la distancia relativa de los objetos. Ej.: distancia entre planetas.



Con esa medida, decimos que Próxima Centauri se encuentra a 297.000 UA de la Tierra.

### ➤ Año Luz (al)

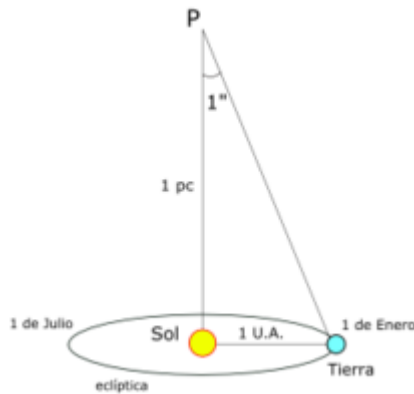
Otra medida utilizada en astronomía es el Año Luz, que equivale a la distancia que recorre la luz en un año. Sabiendo que la velocidad de la luz es de 300.000 Km/s, entonces:

$$300.000 \frac{km}{s} \times 60 \frac{s}{min} \times 60 \frac{min}{h} \times 24 \frac{h}{dias} \times 365 \text{ dias} = 9.460.800.000.000 \text{ km}$$

Equivale a  $9,46 \times 10^{12}$  km o a 63.240 UA. Ej.: distancia entre el Sol y  $\alpha$ -Cent

### ➤ Parsecs (pc)

Un parsec es la distancia a la cual dos objetos a  $1,5 \times 10^{11}$  m de distancia (la distancia promedio de la Tierra al Sol) entre sí se ven separados por un arco segundo ( $1/3600^\circ$ )



**1 parsec = 3,26 años luz**

Equivale a 3,26 Al o a 206.265 UA. Ej.: distancia entre galaxias

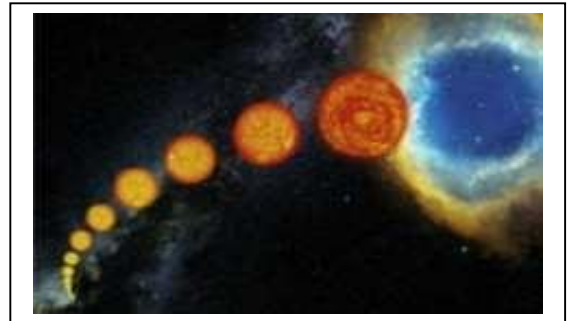
### Actividades

1. De acuerdo con la Primera Ley de Kepler, ¿qué forma tienen las órbitas de los planetas y donde se ubica el Sol? Realice un dibujo, identificando sus características principales.
2. Si una órbita tiene una excentricidad  $e=0$ , ¿qué se puede afirmar sobre su forma?
3. ¿Cómo se denomina el punto de la órbita donde el planeta se encuentra más alejado del Sol?
4. Según la Segunda Ley de Kepler, ¿en qué zona de su órbita viaja un planeta con mayor rapidez?
5. Matemáticamente, ¿qué establece la Tercera Ley de Kepler?
6. ¿Cuál de las unidades astronómicas vistas, es la más adecuada para medir distancias dentro de nuestro Sistema Solar?
7. Si queremos medir la distancia entre dos galaxias distintas, ¿qué unidad deberías emplear según el texto leído?
8. ¿Qué representa físicamente un Año Luz?

## Unidad V: Astronomía Estelar

### NACIMIENTO Y VIDA DE LAS ESTRELLAS INTRODUCCIÓN

Las estrellas iluminan los cielos nocturnos. El intento por describir de dónde viene su brillo y su origen ha dado lugar a las teorías más extraordinarias. Parecen inmóviles, constantes y uniformes, pero en verdad se mueven, evolucionan y algunas incluso cambian su brillo en periodos de cortos tiempo. Esto es, las estrellas, al igual que los seres vivos, nacen, se desarrollan y mueren. El estudio del nacimiento y muerte de una estrella nos ayuda a entender los procesos físicos que allí tienen lugar, y además nos dan pistas del pasado y futuro de nuestra estrella más cercana, el Sol.



Una **estrella**, en principio, es una **esfera de hidrógeno** que ha alcanzado suficiente masa, del orden de un décimo de la masa solar o mayor, como para producir **la fusión nuclear por la fuerza gravitatoria**.

Las propiedades básicas de las estrellas que definen el tipo de evolución que tendrán son: su **masa**, su **luminosidad**, su radio, su **temperatura** y su **composición química**.

**DESFILE DE ESTRELLAS**

Una estrella es una enorme esfera de gas muy caliente que está en constante lucha entre la presión (fuerza hacia afuera) y la gravedad (fuerza hacia adentro) de la misma.

**TIPOS DE ESTRELLAS SEGÚN SU COLOR**

| AZUL  | AMARILLO  | ROJO  |
|---|---|---|
| Temperatura superficial mayor a 30,000 K.<br>Son estrellas de vida corta. | Temperatura superficial cercana a los 6,000 K.<br>El mejor ejemplo es nuestra estrella madre: El Sol. | Temperatura superficial menor a 4,000 K.<br>Nuestro Sol se convertirá en una gigante roja antes de morir como una enana blanca. |

### DISTANCIAS

Los antiguos ubicaban a las estrellas a una misma distancia desde la Tierra posicionadas en la llamada "**Esfera Celeste**". Hoy en día conocemos que las estrellas se encuentran a diferentes distancias de la Tierra, y que las constelaciones son sólo figuras proyectadas en el cielo que son vistas desde nuestro planeta. Si nos encontráramos en algún planeta orbitando alrededor de otra estrella las constelaciones que veríamos serían completamente diferentes.

La estrella más cercana al Sol es Próxima Centauri, que es parte del sistema triple de Alfa Centauri. Y a pesar de esto se ubica a 4,4 años luz de distancia, es decir que necesitaríamos viajar 4,4 años a la velocidad de la luz para llegar a la estrella.

Otros métodos utilizan algunos fenómenos físicos como la variabilidad en su brillo y las explosiones de supernova, entre otros, para encontrar las distancias a estos objetos.

## TEMPERATURA

Como aprenderemos al estudiar el Sol, la temperatura de una estrella varía desde su superficie hacia el interior, por lo que no podemos hablar de una única temperatura para la misma estrella. Sin embargo, desde la distancia a la cual nos encontramos de las estrellas la única forma que tenemos de estimar sus temperaturas es a través de la luz que nos llega de ellas. Ajustando esos datos a los de los modelos existentes podemos encontrar la temperatura superficial de las estrellas.

De acuerdo con eso sabemos que estrellas con colores diferentes tienen diferentes temperaturas en sus superficies. Una **estrella roja**, en contra de lo que podríamos pensar, tiene menos temperatura que una **estrella azul**. Y las **estrellas amarillas**, como nuestro Sol, tiene una temperatura un poco más baja del promedio. Aunque las temperaturas “bajas” a las cuales nos referimos son del orden de varios miles de grados celsius.

## COMPOSICIÓN

Con respecto al material del que están hechas las estrellas podemos decir que sus principales componentes son el **Hidrógeno** y el **Helio**, los elementos más livianos y abundantes del universo. Además de ello, las estrellas tienen pequeñas abundancias de elementos más pesados, los cuales sirven de catalizadores para sus **reacciones termonucleares**.

## DIAGRAMA H-R

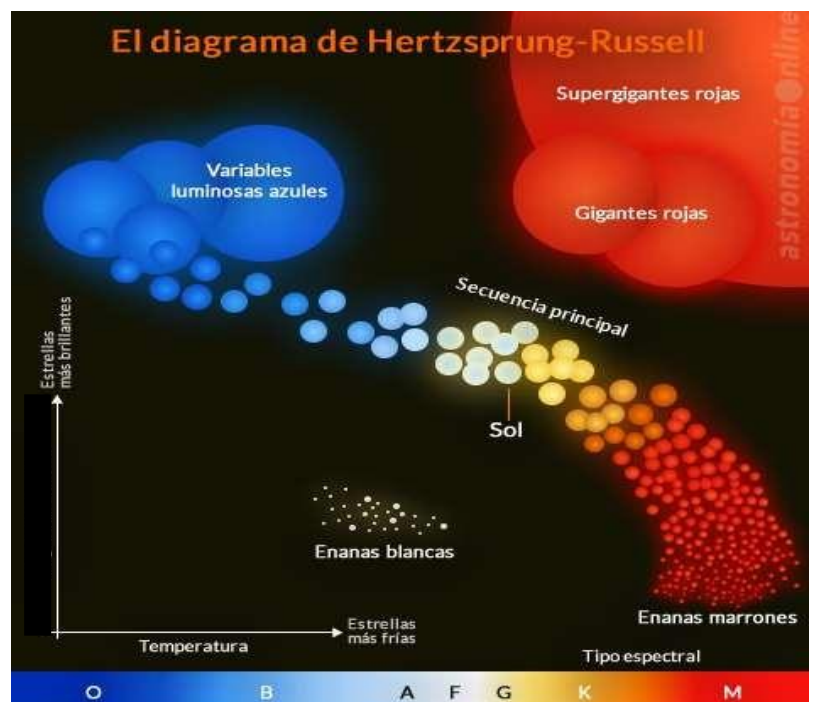
Ejnar Hertzsprung y Henry Russell crearon en 1910 un diagrama que representaba la **luminosidad** en función de la **temperatura superficial de la estrella**. El diagrama nos entrega información de la evolución de las estrellas.

*...Esta explicación sobre la composición de las estrellas es muy interesante..*

**¿Cómo sabemos esto?** La luz proveniente de las estrellas nos entrega su “**espectro**”, el cual idealmente debería ser como la **radiación del cuerpo negro** (tema visto anteriormente), pero en la realidad presentan pequeñas **líneas de absorción**, es decir, regiones del espectro donde parte de la luz es absorbida. La aparición de líneas de absorción en lugares específicos del espectro nos revela qué átomos o moléculas se hallan presentes, y conociendo que cada elemento tiene sus líneas de absorción características, al igual que una huella digital es única para cada ser humano en la Tierra, podemos identificar de qué están compuestas las atmósferas de las estrellas. Esta increíble técnica nos ha permitido conocer la composición de la mayoría de los objetos en el universo.

En este gráfico se puede observar una franja principal en la cual se ubican la mayoría de las estrellas. Esta recibe el nombre de **“Secuencia principal”** y muestra a las estrellas que se encuentran en equilibrio, es decir, una estrella en donde la fuerza de gravedad y la presión generada por la energía de las reacciones internas alcanzan un equilibrio, manteniendo a la estrella estable. Este equilibrio se mantiene por un intervalo de tiempo que depende de la masa inicial de la estrella. Si la estrella tiene una masa inicial muy elevada, necesita producir mucha energía para mantenerse en equilibrio, por lo que consume rápidamente su materia prima (el hidrógeno) generando que la estrella “viva” sólo unos pocos millones de años, en cambio una estrella de baja masa, requiere de poca energía para mantener estable por lo que puede permanecer en equilibrio por varios miles de millones de años. Estrellas como el Sol, Sirio y Alfa Centauro se encuentran en esta secuencia principal.

En la parte inferior derecha del diagrama se encuentran las estrellas rojizas y más frías, y en el extremo superior izquierdo están las estrellas más azules y más calientes. Sobre la secuencia principal encontramos a las estrellas gigantes y supergigantes, que son estrellas más luminosas, pero con temperaturas superficiales más bajas, se encuentran en una etapa de inestabilidad y cerca del fin de sus vidas. Entre ellas podemos destacar a Aldebarán, Betelgeuse y Antares, todas estrellas brillantes de color rojizo.

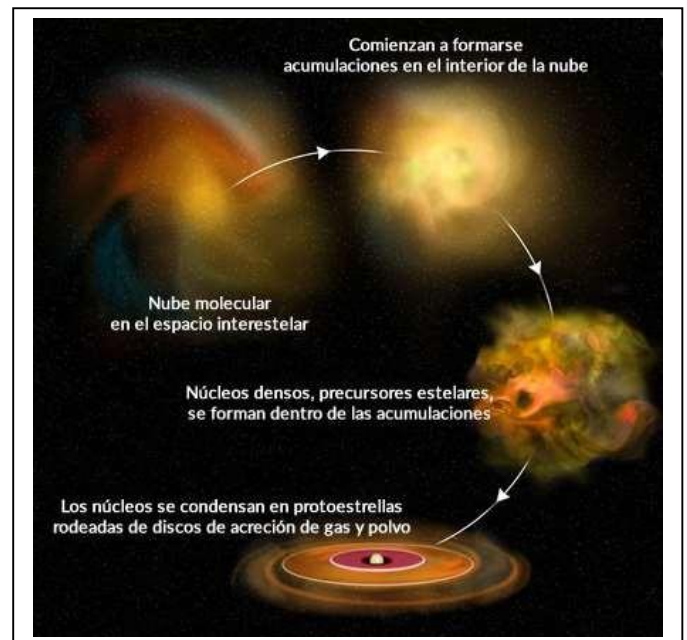


Finalmente, en la parte inferior izquierda del diagrama podemos apreciar una franja donde se ubican las enanas blancas, remanentes de estrellas de masa intermedia como el Sol, y que son menos brillantes pero muy calientes.

## FORMACIÓN ESTELAR

**¿Cómo y dónde nacen las estrellas?** Las estrellas nacen en regiones de gas y de polvo localizadas en el medio interestelar de las galaxias. Estas nubes que poseen una gran densidad, debido a la atracción gravitacional, colapsan sobre si mismas generando que el material vaya agrupándose en pequeñas regiones en donde nacerán las estrellas. Normalmente, una misma nube produce varias estrellas formando cúmulos abiertos con decenas y hasta miles de ellas. Estas aglomeraciones de gas se convertirán en pequeños discos de acreción de los cuales pueden surgir planetas si las condiciones así lo permiten.

El gas prosigue su caída hacia el centro de la nube. Este centro o estrella en nacimiento se llama también **“protoestrella”** y se comprime cada vez más rápido que el resto liberando mayor energía potencial gravitatoria y aumentando la temperatura de la protoestrella. De esta forma el núcleo aumenta su temperatura cada vez más hasta encender el hidrógeno, momento en el cual la presión generada por las reacciones nucleares asciende rápidamente hasta equilibrar la gravedad. **De esta forma una nueva estrella ha nacido.**



La **masa de la nube** determina también la **masa de la estrella**. No toda la masa de la nube llega a formar parte de la estrella. Gran parte de ese gas es expulsado cuando el “nuevo sol” empieza a irradiar energía. Cuanto más masiva sea esta nueva estrella más intensa será su viento estelar llegando al punto de detener el colapso del resto del gas. Existe, por ese motivo, un límite máximo en la masa de las estrellas que se pueden formar en torno a las 120 o 200 masas solares.

La continua lucha entre la gravedad, que tiende a contraer la joven estrella, y la presión producida por el calor generado en las reacciones termonucleares de su interior, es el principal factor que determina a partir de entonces la evolución de la estrella.

## EVOLUCIÓN ESTELAR

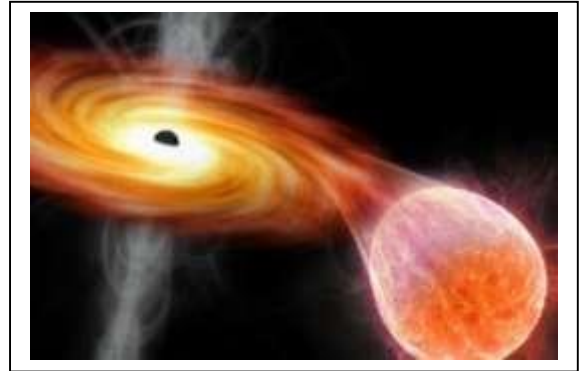
Se llama **secuencia principal** a la fase en que la estrella quema hidrógeno en su núcleo mediante **fusión nuclear**. Aquí la estructura de la estrella consta esencialmente de un **núcleo** donde tiene lugar la **fusión del hidrógeno** generando helio, y una envoltura que transmite la energía generada hacia la superficie. La mayor parte de las estrellas pasan el 90% de su vida en la secuencia principal del diagrama H-R. En esta fase las estrellas consumen su combustible nuclear de manera gradual pudiendo permanecer estables por períodos de 2-3 millones de años, en el caso de las estrellas más masivas y calientes, a miles de millones de años si se trata de estrellas de tamaño medio como el Sol, o hasta decenas o incluso centenares de miles de millones de años en el caso de estrellas de poca masa. Lentamente, la cantidad de hidrógeno disponible en el núcleo disminuye, con lo que éste ha de contraerse para aumentar su temperatura y poder detener su colapso gravitacional.

## EVOLUCIÓN DE ESTRELLAS MASIVAS Y POCO MASIVAS POST-SECUENCIA PRINCIPAL

La estrella finaliza su vida en la secuencia principal una vez que se agota el hidrógeno (su combustible). Recordemos que mientras la estrella se ubica en la secuencia principal del diagrama H-R, la estrella permanece en equilibrio sin sufrir cambios drásticos en sus propiedades. Sin embargo, la combustión del hidrógeno proseguirá debajo de su superficie, provocando la **expansión** de la envoltura externa de la estrella. El transporte de energía en la envoltura es por convección (proceso físico de transferencia de calor que se produce fundamentalmente en fluidos, en el que se transporta calor entre zonas con diferentes temperaturas). La estrella se convierte en una **gigante roja**. Esta estrella es inestable y el material superficial puede ser eyectado al espacio por la presión de la radiación formando una **nebulosa planetaria**. Esto ocurre en estrellas de masas promedio como el Sol de nuestro sistema solar. El núcleo caliente permanece como una **enana blanca**.

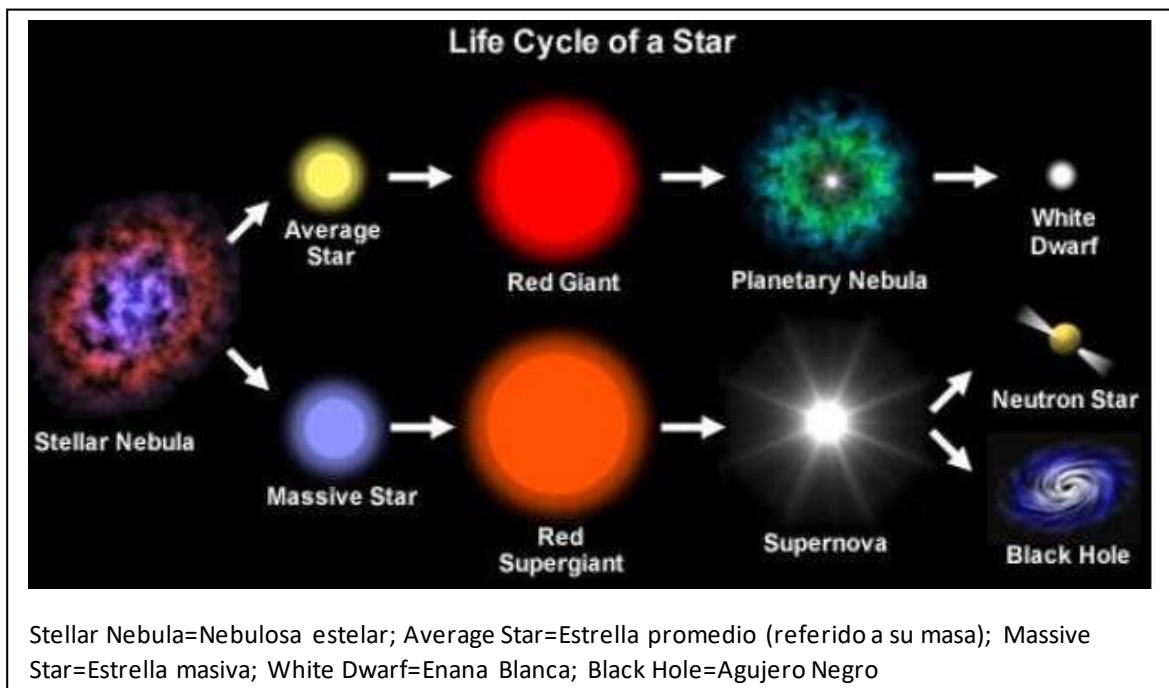


Para estrellas masivas (mayores que nuestro Sol) la combustión nuclear proseguirá hasta agotar su combustible. La generación de energía superficial colapsara. La energía liberada en el colapso se emplea en disociar material en protones y neutrones. Esto llevará a la estrella a un aumento de temperatura produciendo una quema explosiva del material allí contenido con la liberación de enormes



cantidades de energía en pocos segundos. La estrella explota como una **supernova**. El núcleo consistirá de neutrones (los protones se combinan con electrones para formar neutrones), dando origen a una **estrella de neutrones o un agujero negro**.

**Estado final de estrellas masivas: Agujeros Negros.** Un objeto extremadamente masivo puede terminar en un **agujero negro** ya que el colapso gravitacional que sigue al agotamiento de todas las fuentes de energía nuclear, no puede ser resistido por ninguna fuerza conocida. Una particularidad de este tipo de objetos es que solo podemos inferir la existencia de agujeros negros por los efectos causados sobre objetos vecinos. Por ejemplo, en esta concepción artística, un hipotético agujero negro se devora las capas externas de una compañera acelerando tremendamente el material que libera una cuantiosa cantidad de rayos X.



Los agujeros negros son los fenómenos más enigmáticos y fascinantes del universo. Se define como regiones del espacio-tiempo donde la gravedad es tan intensa que nada, ni siquiera la luz, puede escapar de su atracción.

### **Tipos de Agujeros Negros**

Los agujeros negros varían en tamaño y masa, generalmente se clasifican en:

- ✓ Agujeros Negros de masa estelar: son los más comunes y se forman por el colapso de estrellas masivas. Tienen una masa que varía entre 3 y 20 veces la masa del Sol.
- ✓ Agujeros Negros supermasivos: Estos se encuentran en el centro de la mayoría de las galaxias, incluida la Vía Láctea. Tienen masas que van desde millones hasta miles de millones de veces la masa del Sol.
- ✓ Agujeros Negros de masa intermedia: Este tipo es más difícil de detectar y se cree que tiene una masa intermedia entre los agujeros negros estelares y supermasivos.

### **¿Qué es el Sol?**

El Sol es **la estrella más cercana al planeta Tierra**, ubicada a 149,6 millones de kilómetros de distancia. Se trata del centro del sistema solar: todos los planetas que lo integran, así como los cometas y asteroides conocidos, orbitan a su alrededor, atraídos por su gigantesca gravedad.

Científicamente, el Sol se clasifica como una **estrella enana amarilla**, del tipo G2V. Es un tipo de estrella bastante común en la Vía Láctea. Está ubicado en una región exterior de la galaxia, en uno de sus brazos espirales (el “brazo de Orión”), a 26.000 años luz del centro galáctico. Actualmente, el Sol se halla en su secuencia principal de vida.

El tamaño del Sol es tan grande que **concentra el 99,86 % de toda la masa del sistema solar**. Su masa es unas 743 veces mayor que la de todos los planetas juntos y alrededor de 330.000 veces la de la Tierra. Con un diámetro de 1,39 millones de kilómetros, es el objeto más grande y brillante que se ve desde nuestro planeta.

El Sol es una enorme bola de plasma, casi perfectamente redonda. Está compuesto mayormente por hidrógeno (74,9 %) y helio (23,8 %), así como por una pequeña porción de elementos más pesados, como oxígeno, carbono, neón y hierro (2 %).

El Sol es una estrella esférica, con un ligero achatamiento en sus polos, fruto de su movimiento de rotación.

Su estructura se compone de las siguientes capas:

- ✓ **Núcleo:** Es la región más profunda del Sol, que ocupa una quinta parte del total de la estrella: unos 139.000 kilómetros de su radio. Es allí donde tiene lugar la fusión nuclear que convierte el hidrógeno en helio.
- ✓ **Zona radiante:** Es la capa que rodea al núcleo. Representa alrededor del 70 % del radio solar. La energía que se forma en el núcleo se mueve hacia el exterior en forma de radiación.
- ✓ **Zona convectiva:** Es la región donde los gases dejan de estar ionizados, haciendo más difícil que la energía (en forma de fotones) escape hacia afuera del Sol. Allí se generan corrientes ascendentes y descendentes de gases, como en una marea interior.
- ✓ **Fotósfera:** Es la parte visible del Sol, la que le da su aspecto brillante. Es considerada la superficie de la estrella, y es donde aparecen las manchas solares.
- ✓ **Cromósfera:** Es la capa que se encuentra justo por encima de la fotósfera y forma parte de la atmósfera solar. Posee alrededor de 10.000 kilómetros de espesor y, vista durante un eclipse, tienen un tono rojizo exterior.
- ✓ **Corona solar:** Es la capa más externa del Sol, en la que la temperatura aumenta considerablemente respecto de las capas interiores. Durante un eclipse total, se ve como un halo a su alrededor.

Una galaxia es un sistema masivo constituido de estrellas, remanentes estelares, gas y polvo del medio interestelar y un componente no visible llamado materia oscura. Es un sistema que se encuentra gravitacionalmente ligado.

Estos objetos varían en masa desde unas decenas de millones hasta billones de estrellas orbitando, y poseen diferentes formas y tamaños. Se sabe que la mayoría de las galaxias poseen un agujero negro supermasivo en sus centros.

## LA VÍA LÁCTEA

La Vía Láctea es la galaxia que alberga a nuestro Sistema Solar. Su nombre deriva del latín que significa “el camino de la leche” por su apariencia en el cielo. Podemos observarla como una banda difusa de estrellas que tiene forma de disco pero que, debido a que nos encontramos dentro de ella, no podemos apreciar su forma en su totalidad. No fue hasta la aparición del científico Galileo Galilei quien con su telescopio en 1610 pudo probar que este camino de leche está formado por estrellas que nuestro ojo desnudo no puede diferenciar. En la década de 1920 las observaciones de Edwin

Hubble mostraron que la Vía Láctea es sólo una de las muchas galaxias que existen en el universo.

## ESTRUCTURA

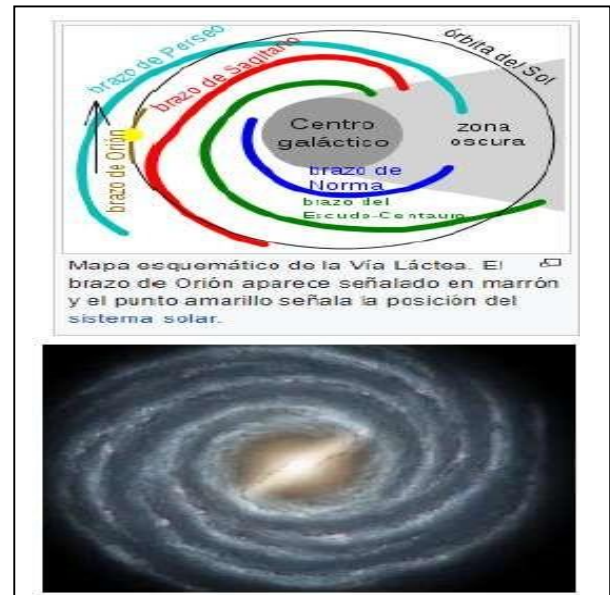
La estructura de la Vía Láctea consiste de una **región central** con forma de barra, rodeada por un disco de gas, polvo y estrellas. El gas, polvo y estrellas se encuentran distribuidos en estructuras llamadas **“brazos espirales”**. Generalmente la estructura de la galaxia se organiza en componentes: un **núcleo central o bulbo**, los **brazos espirales**, el **disco estelar** y el **Halo**.

El **centro galáctico** es una concentración densa de estrellas, principalmente viejas, y que se agrupan de forma relativamente esférica llamada **“bulbo”**. En él existe movimiento de material (gas y polvo) alrededor del centro, lo que indica la existencia de un objeto muy masivo y compacto, un **agujero negro supermasivo** con una masa aproximada de 4 millones de veces la masa del Sol.

El **disco estelar** de la Vía Láctea tiene aproximadamente 100.000 años luz de diámetro y un promedio de 1.000 años luz de ancho. Rodeando el disco galáctico se encuentra un halo esférico, en el hay estrellas y unas 50 galaxias satélites que orbitan y que están siendo lentamente tragadas por nuestra galaxia.

Se reconocen cuatro brazos espirales principales: el brazo de Perseo, el de Norma, Escudo-Centauro y Carina Sagitario. Todos ellos contienen gas y polvo interestelar, así como una alta concentración de formación de estrellas. Dentro de los brazos existe un brazo menor conocido como el brazo Orión en el cual se ubica nuestro Sol y el Sistema Solar.

Respecto a nuestro Sol podemos decir que se ubica a una distancia de 27.000 años luz del centro galáctico, por lo que se encuentra aproximadamente en la mitad entre el borde y el centro de la galaxia.



---

## Unidad VI: Física Moderna

---

En la teoría electromagnética actual, los distintos colores son atribuidos a las distintas frecuencias de las ondas. Las dispersiones que sufre la luz al atravesar distintos medios dependen de sus propiedades eléctricas y magnéticas. Las longitudes de onda de los distintos colores varían al pasar de un medio a otro, pero las frecuencias permanecen constantes, por tal motivo, los colores no cambian.

Aunque la teoría electromagnética de la luz explica todos los fenómenos luminosos que ocurren entre la fuente de luz y el detector, ésta no logra poner en claro los procesos de emisión y de absorción de la luz por la materia, que son el fundamento del saber cómo se produce la luz y saber cómo es detectada por el ojo. A fines del siglo XIX y principios del siglo XX, se considera que la física clásica no alcanza para explicar los fenómenos a nivel atómico, surge una nueva física, la física cuántica. Por medio de las teorías que comienzan a desarrollarse dentro de la física cuántica, se ha obtenido un conocimiento muy profundo del comportamiento de los átomos, las moléculas y las partículas atómicas y subatómicas. Este conocimiento ha influido fuertemente sobre el concepto actual de la naturaleza de la luz.

### Dualidad onda-partícula

La luz que recibimos de las estrellas es radiación electromagnética. Esta radiación o energía nos llega en forma de onda electromagnética o fotón (partícula asociada a la luz). En muchas situaciones nos referiremos a la luz como fotones u ondas electromagnéticas, según sea el caso. A este fenómeno se lo llama principio de dualidad onda-partícula. Significa que a veces la luz se comporta como una onda, por ejemplo, se pueden observar fenómenos de interferencia, etc., y a veces se comporta como una partícula, como cuando tratamos problemas con escalas de distancia del orden del tamaño de los átomos.

La teoría electromagnética de Maxwell logró integrar las teorías anteriores sobre la electricidad, el magnetismo y la óptica, e, inicialmente, pareció que podía terminar el debate histórico acerca de la naturaleza de la luz. Pero no hubo que esperar mucho para que se reabriera el mismo, porque ocurrió curiosamente que en el curso del experimento en el que Hertz produjo y recibió por primera vez ondas electromagnéticas, se observó un fenómeno, llamado efecto fotoeléctrico, para cuya explicación correcta la dio el físico alemán Albert Einstein (1879-1955), utilizando el modelo corpuscular de la luz. **El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un metal cuando se ilumina con luz de una frecuencia suficientemente elevada.** El efecto fotoeléctrico es solo uno de varios fenómenos sobre procesos de

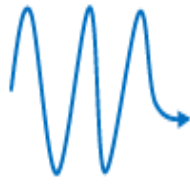
interacción entre la luz y la materia que no tienen explicación si se aplica a la luz un modelo ondulatorio.

En el año 1900, tratando de explicar uno de estos hechos (la llamada radiación del cuerpo negro), Planck (1858-1947) formuló la hipótesis de que la energía que puede absorber o emitir la materia en forma de radiación electromagnética es siempre múltiplo de una cantidad a la que llamó "quantum" o "cuanto de energía" (operativamente, la ley de Planck dice que la energía de un "quantum" es  $E = h \cdot n$ , siendo  $n$  la frecuencia de la radiación luminosa y  $h$  una constante universal llamada constante de Planck ( $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$  J·s).

En 1905 (el mismo año en el que publicó el artículo principal de relatividad especial), Einstein dio un paso más en la hipótesis de Planck y planteó que los "cuantos" de energía no se han de considerar sólo cuando un cuerpo absorbe o emite radiación electromagnética, sino que constituyen la propia radiación (es decir, la luz) cuando ésta se propaga. Con esta hipótesis explicó satisfactoriamente el efecto fotoeléctrico. Fue por el esclarecimiento del efecto fotoeléctrico (no por la teoría de la relatividad) por lo que Einstein obtuvo el premio Nobel de física en 1921. Según la hipótesis de Einstein-Planck, la energía que transporta la luz no está uniformemente distribuida en el espacio (como correspondería a una onda), sino concentrada en cuantos de energía submicroscópicos a los que más tarde se llamó fotones. Atendiendo a la fórmula de Planck, la energía de un fotón es  $E = h \cdot n$  y la energía de una cierta cantidad de luz, con independencia de que esa luz esté viajando, siendo absorbida o emitida, es:  $E = N \cdot h \cdot n$  (siendo  $N$  el número de fotones). Es decir, cada fotón tiene una energía proporcional a la frecuencia de vibración del campo electromagnético y la energía total de la radiación electromagnética es la resultante de sumar las energías individuales de los fotones que la componen.

En el efecto fotoeléctrico la luz llega a una superficie metálica, arranca electrones de ella, produciendo que queden electrones libres en el metal, si mantenemos una diferencia de potencial eléctrico, los electrones libres formarán parte de una corriente eléctrica. En el efecto fotoeléctrico, la energía que la luz puede transferir a un electrón, depende del color de la luz. La teoría electromagnética dice que la energía contenida en la luz se relaciona con la amplitud de la onda, mientras que el color se relaciona con la longitud de la onda. La teoría electromagnética no plantea una relación entre la energía y el color. Por lo tanto, el efecto fotoeléctrico no se podía explicar con la teoría ondulatoria de la luz. Einstein propone que el efecto fotoeléctrico se puede explicar fácilmente si consideramos que la luz está formada por paquetes de energía a los que llamó fotones. La energía de un fotón dependería de la longitud de onda de la luz. Un fotón de luz azul tiene más energía que un fotón de luz rojo, debido a su menor longitud de onda.

Fotón de luz azul

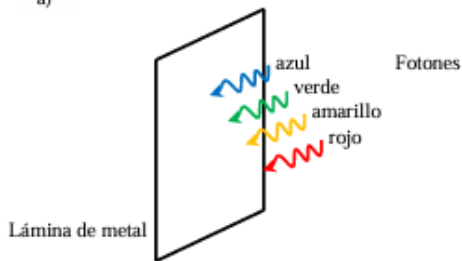


Fotón de luz rojo

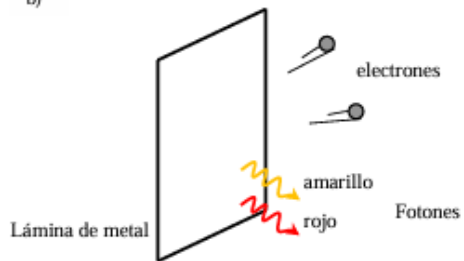


Esto no quiere decir que la luz azul es más intensa que la luz roja, porque la intensidad de la luz depende de la cantidad de fotones disponibles o fotones que actúan. En el efecto fotoeléctrico, un fotón choca contra un electrón, por lo tanto, la cantidad de energía que la luz le transfiere al electrón, depende de la energía del fotón y no de la energía que la luz transporta globalmente. En otras palabras, la energía transferida al electrón dependerá del color de la luz y no de su intensidad. La explicación del efecto fotoeléctrico, nos indica que cuando la luz llega a una superficie metálica, arranca electrones de ella, produciendo corriente eléctrica. Pero esto, no siempre ocurre, existe una frecuencia umbral, por debajo de la cual el efecto fotoeléctrico no se produce, aunque la intensidad luminosa del foco aumente mucho.

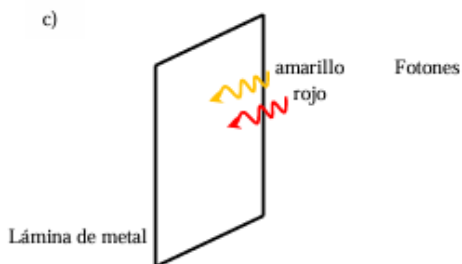
a)



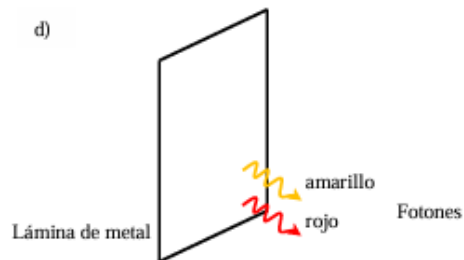
b)



c)



d)



## INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD

En 1905 Albert Einstein, formuló la teoría de la **Relatividad Especial**, en la cual el espacio y el tiempo se unifican en una sola entidad, **espacio-tiempo**. La relatividad formula ecuaciones diferentes para la transformación de movimientos cuando se observan desde distintos sistemas de referencia inerciales a aquellas dadas por la **mecánica clásica**. Ambas teorías coinciden a velocidades pequeñas en relación a



la velocidad de la luz. En 1915, Einstein extendió la teoría especial de la relatividad para explicarla gravedad, formulando la **Teoría General de la Relatividad**, la cual sustituye a la ley de la gravitación de Newton, y da la explicación del fenómeno natural que provoca que dos cuerpos con masa se atraen.

Pero antes de esto hubo otros trabajos científicos que fueron allanando el camino. La teoría de electromagnetismo, formulada por Maxwell a mediados del siglo XIX, demostraba que la velocidad de cualquier onda no puede viajar más rápido que la luz, y por lo tanto se oponía a las leyes de Newton, que en síntesis suponen, que, aplicando una fuerza constante por un tiempo infinito, se pueden alcanzar velocidades infinitas.

Hasta la época de Einstein se pensaba que cualquier onda era una perturbación en un medio material, y por lo tanto todas necesitaban un medio material para propagarse. Luego del experimento de Michelson-Morley, quedó en evidencia que la **luz** no necesita un medio para propagarse, por lo tanto, **se propaga en el vacío**: *“...La luz se propaga a la misma velocidad en todas direcciones, y esta velocidad no resulta afectada por el movimiento de la Tierra. Además, el éter lumínico no existe, por lo tanto, la luz se propaga en el vacío...”*. **El valor de c es una constante fundamental de la naturaleza.**

## TEORÍA DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL

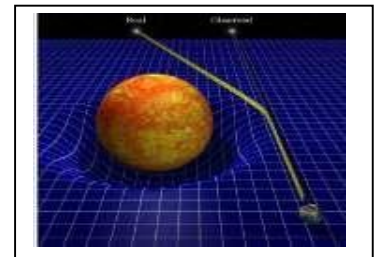
La Teoría de la Relatividad marcó un antes y un después, provocó una revolución científica y esto se ve plasmado en avances tecnológicos. En comparación con la física clásica, los aspectos más relevantes y destacados son:

| Para Newton (Física Clásica)   | Para Einstein (Física Relativista)   |
|--|--|
| El tiempo y espacio son magnitudes absolutas, son referencias absolutas e inmutables. Aplicando una fuerza constante ( $F=ma$ ), podemos alcanzar velocidades infinitas. | El tiempo y el espacio son relativos al observador, la velocidad de la luz en el vacío es absoluta ya que es la misma independientemente del marco de referencia y el observador. A la velocidad de la luz, el espacio se contrae en la dirección del movimiento, el tiempo corre más lento. |

Uno de los resultados de la Teoría de la relatividad es la equivalencia entre masa y energía mediante la famosa fórmula  $E=mc^2$ , donde  $E$  es la energía de un cuerpo,  $m$  su masa y  $c$  es la velocidad de la luz.

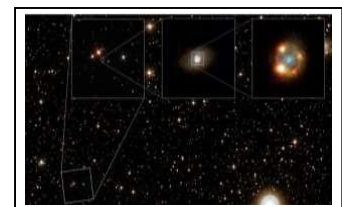
### RELATIVIDAD GENERAL

Curvatura del Espacio-Tiempo. La teoría de Newton concibe la gravedad como una fuerza que ejercen todos los cuerpos entre sí, aunque no medie ninguna materia entre ellos. La Teoría de Einstein, en cambio, describe la gravedad como una deformación en el espacio-tiempo producida por las masas. Esto es una consecuencia del principio de equivalencia: Si el camino mínimo entre dos puntos es el de un rayo de luz que une esos dos puntos, la luz se curva con la gravedad, entonces se curvan también los recorridos de mínima distancia (que ordinariamente son rectas), o sea que se curva el espacio-tiempo.



Según la relatividad general, las masas deforman el espacio-tiempo en su cercanía de manera semejante a cómo lo haría una bola pesada colocada sobre una sábana tensa. El espacio-tiempo de la relatividad es un espacio de cuatro dimensiones formado por las tres dimensiones espaciales ( $x, y, z$ ) y el tiempo.

Un fenómeno natural captado por los telescopios es la famosa Cruz de Einstein o también conocido como Lente Gravitacional. Esto es nada más que el desvío de la trayectoria de la luz, producida por grandes masas, como, por ejemplo, agujeros negros extremadamente masivos (que se ubican en el centro de las mayorías de las galaxias), estrellas gigantes, agujeros negros productos de supernovas, cúmulos de estrellas, cúmulos de galaxias, etc. Si no se corrigen estos efectos, la percepción real de los objetos que se encuentran detrás de objetos masivos sería errónea.



## CIENCIA-TECNOLOGÍA-SOCIEDAD

## ¿Cómo sería vivir sin los efectos de la fuerza gravitacional?

Es común ver videos en que astronautas aparecen flotando al interior de sus naves o estaciones espaciales realizando giros en el espacio, o haciendo experimentos en condiciones en que no se aprecia la fuerza de gravedad.

Como ya conoces la ley de gravitación universal, y sabes que la fuerza de gravedad decae con el cuadrado de la distancia, entonces si los cosmonautas están en la cercanía de la Tierra, realmente no experimentan ingravidez, sino microgravedad. Bajo aquellas condiciones se han instalado laboratorios espaciales, ya que es interesante realizar estudios en esas condiciones.

Por ejemplo, en condiciones de microgravedad los procesos químicos y físicos cambian al eliminar las "impurezas" del ambiente terrestre (fuerza gravitacional, vibraciones, corrien-

tes de convección, roce, etc.), lo que permite realizar experimentos en condiciones únicas. Además, es interesante saber cómo suceden fenómenos en condiciones de microgravedad, qué forma tendría la llama de una combustión o qué forma tendría un chorro de agua.

Ahora bien, el cuerpo humano ha evolucionado durante miles de años con la presencia de la atracción gravitacional terrestre, y por lo mismo sufre alteraciones si permanece mucho tiempo sin su acción. Por ejemplo, los líquidos del cuerpo se distribuyen de manera homogénea en él, lo que altera la



presión sanguínea y produce alteraciones en la visión y el oído. Además, se producen alteraciones psicológicas y otras consecuencias en el organismo. Por ello, los cosmonautas no permanecen demasiado tiempo en el espacio.

Fuente: Archivo Editorial

### INTER@CTIVIDAD

En la siguiente página podrás ver el resultado de algunos experimentos realizados con agua en condiciones de microgravedad:

<http://www.youtube.com/watch?v=r7EHYkGxd0&feature=related>

Respecto a la lectura, responde:

- ¿Es posible estar en ausencia total de gravedad en algún lugar del Sistema Solar?
- ¿Qué ventajas tiene realizar experimentos de física en condiciones de microgravedad?
- ¿Qué efectos podría traer para el ser humano permanecer mucho tiempo en ausencia de gravedad?
- Averigua qué efectos psicológicos podría tener el permanecer mucho tiempo en un lugar reducido.