



Objetivos

En esta unidad conocerás:

- La evolución gradual de las ideas y de los conceptos han desembocados en la Física moderna.

Índice

1. Introducción.....	2
2. Mecánica celeste.....	3
3. Presiones y fluidos.....	14
4. Electricidad y electromagnetismo.....	19
5. Las ondas.....	26
6. Óptica.....	29
7. Mecánica cuántica.....	31
8. La termodinámica.....	28
9. Radiactividad.....	41
10. Evaluación.....	44

Los contenidos de esta unidad didáctica están bajo **una licencia de Creative Commons** si no se indica lo contrario.



Autor: Luis Ramírez Vicente



1. Introducción

Desde hace mucho tiempo las personas han tratado de entender el porqué de la naturaleza y los fenómenos que en ella se observan, el paso de las estaciones, el movimiento de los cuerpos y de los astros, los fenómenos climáticos, las propiedades de los materiales, etc.

Las primeras explicaciones aparecieron en la antigüedad y se basaban en consideraciones puramente filosóficas sin verificarse experimentalmente.

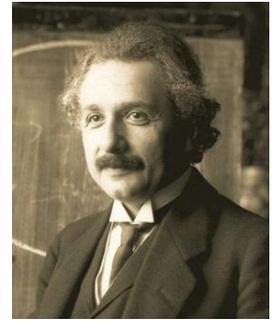
Algunas interpretaciones, que hoy en día sabemos que no son ciertas, como la hecha por Ptolomeo en su famoso Almagesto:

"La Tierra está en el centro del Universo y alrededor de ella giran los astros" perduraron durante muchísimo tiempo en las creencias de la Humanidad.

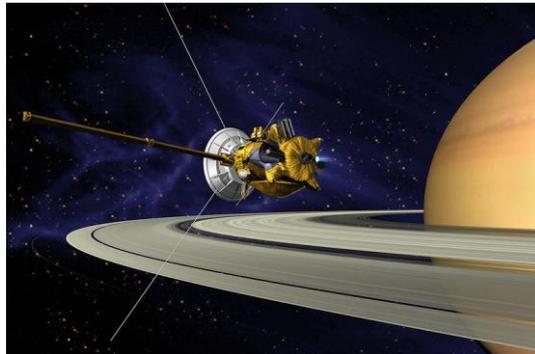
En esta Unidad Didáctica conocerás la evolución gradual de las ideas y de los conceptos que han desembocados en la Física moderna.



Newton



Einstein



Sonda Cassini-Huygens alrededor de Saturno



Tesla

Fuente: Wikipedia- libre



Galileo



2. Mecánica celeste

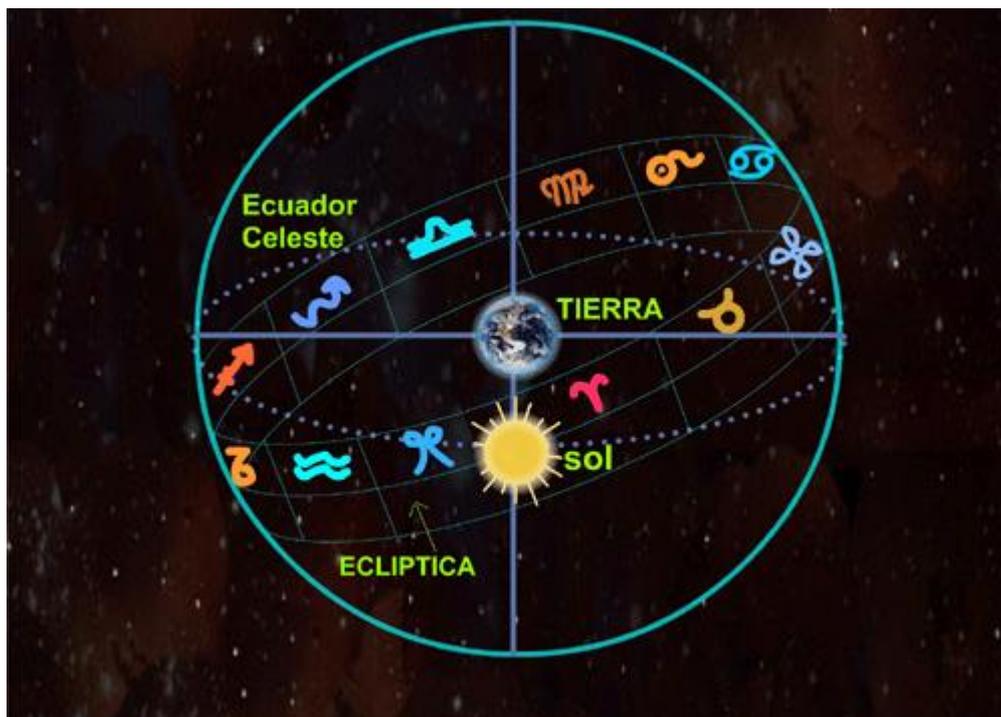
2.1. El movimiento de los planetas

2.1.1. El cielo de los antiguos

El Sol y de la Luna fueron los primeros astros que atrajeron la atención del Hombre primitivo.

Por eso el día solar y el mes lunar, tiempo entre dos lunas llenas consecutivas, son las unidades de tiempo empleadas en primer lugar por pueblos de cualquier parte del mundo.

Posteriormente, fueron las estrellas y su movimiento las que atrajeron su curiosidad y de ellas aprendió a navegar y a orientarse. Nuestros antepasados también observaron que el Sol cambiaba su posición diaria entre los astros. Su camino, llamado Eclíptica, atraviesa una zona del Cosmos llamada Zodiaco. Aunque de origen babilónico, su división actual en doce constelaciones procede de los griegos. En la imagen adjunta seguimos este movimiento.



Fuente Imagen: Quincena 5. 4ºESO, Física y Química. CIDEAD



2.1.2. El cielo de Ptolomeo

Aunque los planetas se movían por la eclíptica, lo hacían de una forma irregular, **Claudio Ptolomeo**, basándose en las ideas sobre el Universo de Aristóteles, explicó este movimiento de la siguiente forma:



Fuente imagen: Wikipedia libre

- Los planetas se mueven en círculos perfectos llamados **epiciclos**.
- El centro de los epiciclos sigue un círculo perfecto alrededor de la Tierra, llamado **deferente**.
- El centro de la deferente no coincide con la posición de la Tierra.
- Existe un punto, el **ecuante**, respecto al que el planeta se mueve siempre a la misma velocidad.

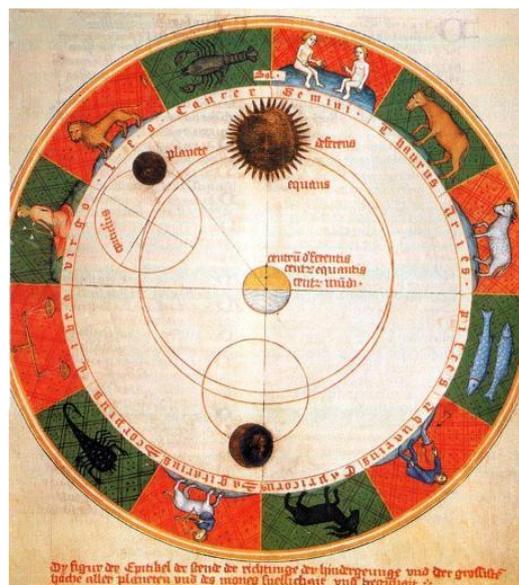


Fuente imagen: Wikipedia libre

Aristóteles explicaba el movimiento de los planetas de la siguiente forma:

- 1- El mundo supralunar, el de los astros, es perfecto y todos los movimientos son circulares.
- 2- El mundo sublunar, el nuestro, es imperfecto y todos los objetos se disponen en él según su mayor o menor peso.

La filosofía del Universo de Aristóteles y la astronomía de Ptolomeo dominaron el pensamiento humano hasta el Renacimiento. Este grabado medieval resume tales ideas.

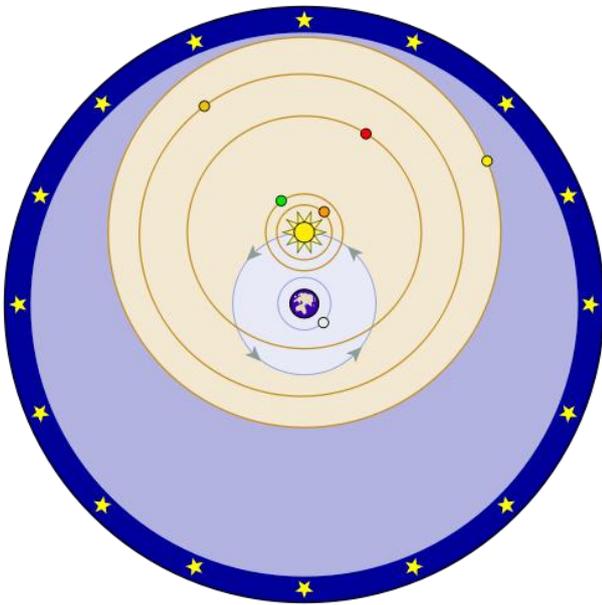


Fuente Imagen: Quincena 5. 4ºESO, Física y Química. CIDEAD



2.1.3. El cielo de Tycho Brahe

El sistema del Universo que presenta **Tycho Brahe** es una transición entre la teoría geocéntrica de Ptolomeo y la teoría heliocéntrica de **Copérnico**.



Fuente imagen: Wikipedia libre

En esta representación del sistema de **Tycho**, la Luna y el Sol (órbitas azules), giran alrededor de la Tierra. Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno (órbitas naranjas), giran alrededor del Sol.

Alrededor de todo hay una esfera de estrellas fijas.

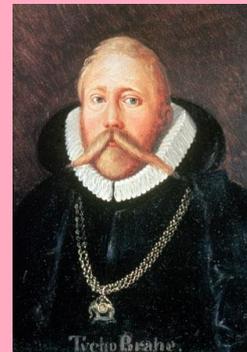
No obstante, **Brahe** pensaba que la órbita de los mismos era circular, cuando en realidad son elipses.

La forma de las órbitas fue propuesta por **Kepler** en su primera ley, basándose en las observaciones de **Tycho Brahe**.

La teoría de Tycho Brahe es parcialmente correcta.

Habitualmente, se considera a la tierra girando alrededor del sol porque se toma como punto de referencia a éste último. Pero si se considera la tierra como referencia, el sol gira en torno a la tierra, así como la luna.

Fuente imagen: Wikipedia libre

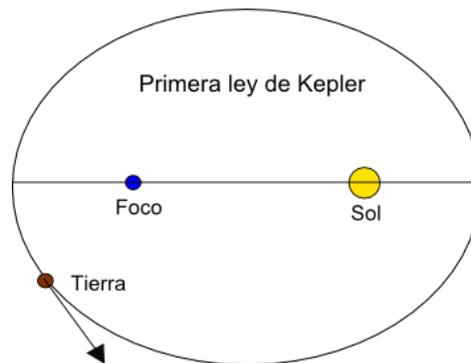




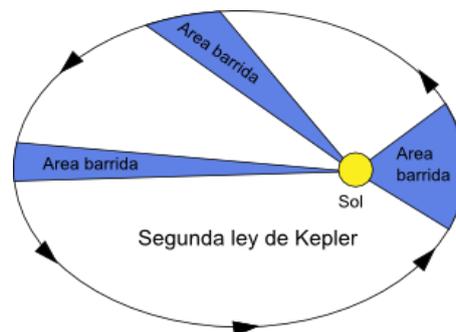
2.1.4. El cielo de Johannes Kepler

Johannes Kepler elabora las leyes matemáticas, que son eficientes para predecir con exactitud los movimientos de los planetas en órbitas elípticas.

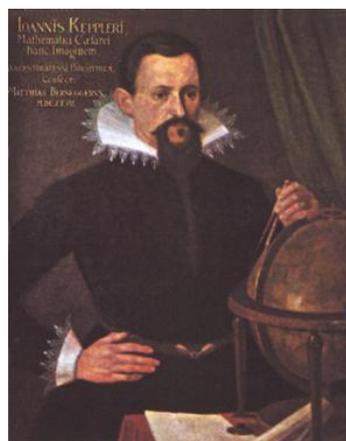
- **Primera ley** (1609): todos los planetas se desplazan alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas. El Sol se encuentra en uno de los focos de la elipse.



- **Segunda ley** (1609): el radio vector, que une un planeta y el Sol, barre áreas iguales en tiempos iguales.



- **Tercera ley** (1618): para cualquier planeta, el cuadrado de su período orbital es directamente proporcional al cubo de la longitud del semieje mayor de su órbita elíptica.



Fuente imagen: Wikipedia libre



2.1.5. El cielo de Nicolás Copérnico

Aunque no fue el primero en pensarlo fue **Nicolás Copérnico**, en el siglo XVI, el que desarrolló una alternativa heliocéntrica al sistema de **Ptolomeo**.

Ya **Aristarco de Samos** en el siglo III a.C., había propuesto un modelo centrado en el Sol y con una Tierra inmóvil pero no pudo convencer a sus coetáneos.

Este modelo explicaba, de forma mucho más sencilla que el modelo de **Ptolomeo**, los movimientos de los astros.



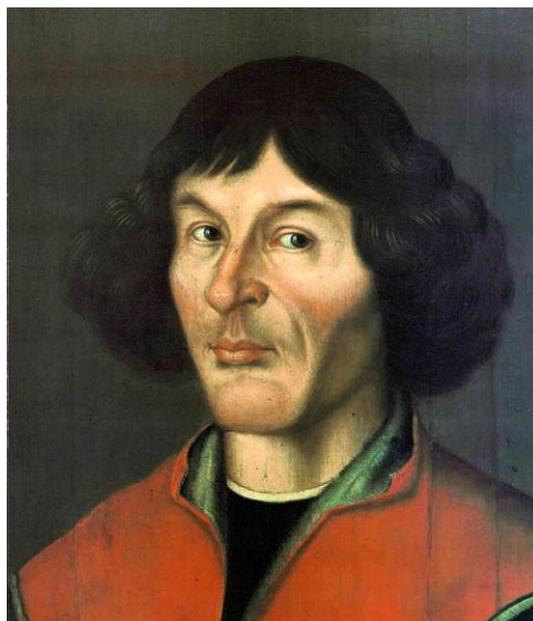
1.- El Sol está inmóvil en el centro de las estrellas fijas que no poseen ningún movimiento.

2.- La Tierra y los demás planetas giran en órbitas circulares respecto al Sol.

3.- La Tierra tiene además un movimiento de rotación diurno alrededor de su eje.

4.- La Luna gira alrededor de la Tierra.

El dibujo de la izquierda, procedente de la obra de Copérnico "*De revolutionibus orbium coelestium*" ilustra estas ideas.



Fuente imagen: Wikipedia libre

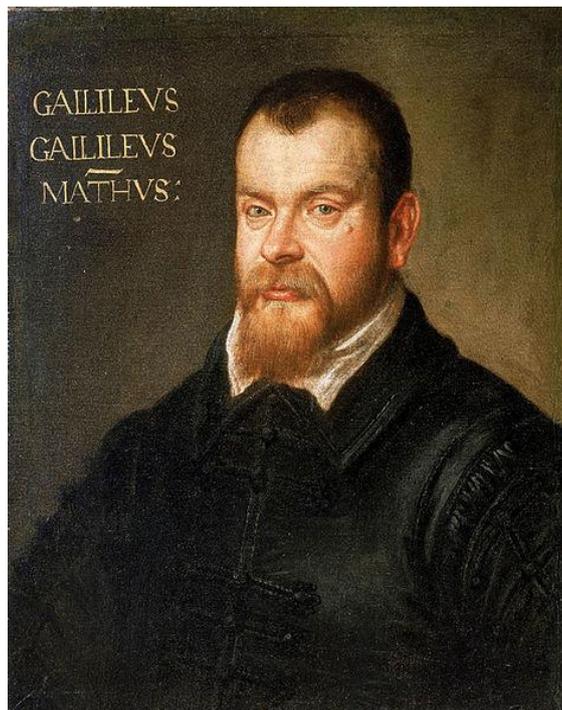


2.1.6. La confirmación de Galileo

Aunque **Galileo Galilei** no inventó el telescopio (el telescopio fue inventado **Lippershey**) si fue el primero en emplearlo para la Astronomía (hacia 1610).

Con este instrumento llegó a las siguientes conclusiones, que le llevaron a refutar la **Teoría Geocéntrica** y confirmar la **Hipótesis Heliocéntrica** propuesta por **Copérnico**:

- **Montañas en la Luna.** Fue el primer descubrimiento de Galileo con ayuda del telescopio. Con él refuta, la tesis aristotélica de que los cielos son perfectos y en particular la Luna, una esfera lisa e inmutable. Frente a eso, Galileo presenta numerosos dibujos de sus observaciones.
- **Nuevas estrellas.** Observó que el número de estrellas visibles con el telescopio se duplicaba. Además no aumentaban de tamaño, cosa que sí ocurría con los planetas el Sol y la Luna. Esta prueba refutaba la Teoría Geocéntrica que de ser cierta se debería observarse el paralaje o diferencia de posiciones de las estrellas dependiendo de lugar de la Tierra en su órbita, pero debido a la enorme lejanía de las mismas, no era posible apreciar dicho paralaje.
- **Satélites de Júpiter.** Era una importante prueba de que no todos los cuerpos celestes giraban en torno a La Tierra, pues ahí había cuatro planetas (en la concepción de planetas que entonces se concebía, que incluía la Luna y el Sol) que lo hacían en torno a Júpiter.
- **Las fases de Venus.** Galileo observó una variación de tamaño que son sólo compatibles con el hecho de que Venus gire alrededor del Sol, ya que presenta su menor tamaño cuando se encuentra en fase llena y el mayor, cuando se encuentra en la nueva es decir, cuando está entre el Sol y la Tierra. Esta prueba refuta completamente el sistema de **Ptolomeo**.



Fuente imagen: Wikipedia libre

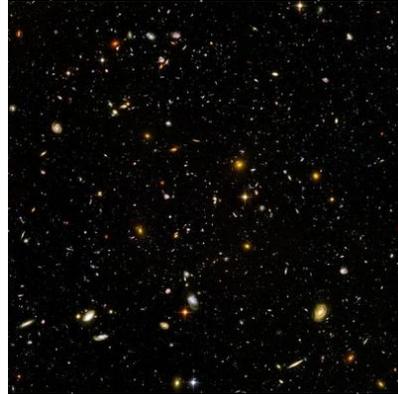


2.1.7. La pluralidad de los mundos



Fuente imagen: Wikipedia libre

Giordano (Filippo) Bruno fue un astrónomo cuyas teorías cosmológicas superaron el modelo copernicano, proponiendo que el Sol era simplemente una estrella, así como que en el Universo había un número infinito de mundos habitados por seres inteligentes.

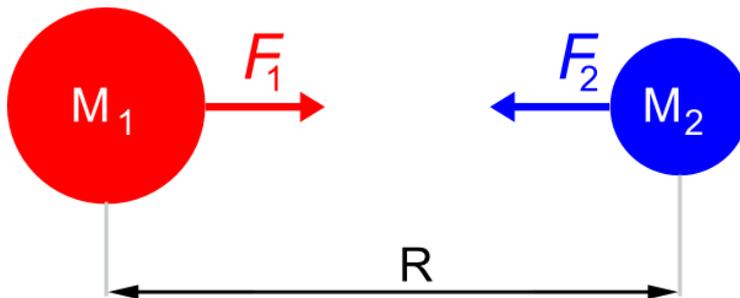


Fuente imagen: NASA

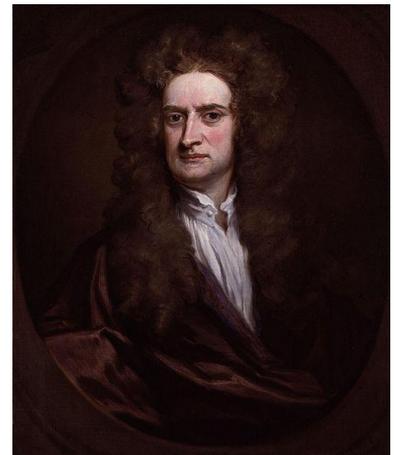
2.2. Ley de Gravitación Universal

Un momento culminante en la historia de la Física fue el descubrimiento realizado por Isaac Newton de la **Ley de la Gravitación Universal**.

"Todos los objetos se atraen unos a otros con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa sus centros".



$$F_1 = F_2 = G \frac{M_1 M_2}{R^2}$$



Fuente imagen: Wikipedia libre

Al someter a una sola ley matemática los fenómenos físicos más importantes del universo observable, Newton demostró que la física terrestre y la física celeste son una misma cosa. Por lo tanto, todos los cuerpos del universo están sujetos a las mismas leyes físicas.



Cómo llegó Newton a tales conclusiones?

La leyenda dice que Newton descubrió el principio de gravitación universal reflexionando después de ver caer una manzana. La realidad es que Newton estudió concienzudamente los trabajos de científicos anteriores antes de extraer sus propias conclusiones.

- De Galileo:

Galileo había demostrado que cuando se puede despreciar la resistencia del aire, todo cuerpo liberado cerca de la Tierra cae hacia ella con movimiento uniformemente acelerado. Para Newton, eso significaba que todo cuerpo era empujado hacia el centro de la Tierra con una fuerza proporcional a su masa, el peso del cuerpo.



- De Copérnico:

Copérnico había defendido la teoría heliocéntrica. Es decir que los planetas giraban en torno al Sol. Galileo había confirmado esta teoría con su telescopio. Para Newton eso era análogo al movimiento de una piedra al extremo de una honda. Hace falta una fuerza central, donde m es la masa del cuerpo que gira y r es el radio de la circunferencia.

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

- De Kepler:

De las leyes de Kepler, Newton dedujo condicionantes matemáticos de la fuerza universal que buscaba. Las dos primeras leyes implicaban que las órbitas eran elípticas, planas y con velocidad areolar constante (área barrida en la unidad de tiempo). Estas dos leyes confirmaban a Newton que había una fuerza central apuntando al Sol actuando sobre cada planeta. La tercera ley establecía la relación entre periodo y semieje orbital. Esta ley implicaba que Newton debía buscar una fuerza capaz de justificarla: la gravedad.

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

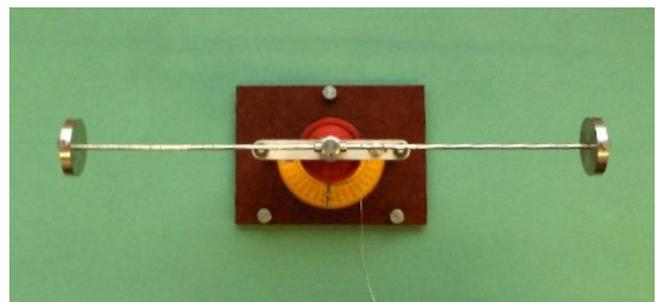
¿Por qué no se percibe la fuerza de gravitación entre cuerpos pequeños? La respuesta está en la pequeñez de la constante G .

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

Cavendish logró medirla mediante un dispositivo de su invención: el péndulo de torsión.

Este dispositivo consiste en dos grandes esferas de plomo que atraen a otras dos más pequeñas con muy poca fuerza, pero sí la suficiente para torcer el hilo del que están suspendidas.

Fuente imagen: **Wikipedia-Andel Früh**





2.3. Las Leyes del Movimiento

2.3.1. La experiencia de Galileo.

Desde los tiempos de Aristóteles se creía que si dos cuerpos con distinta masa se dejan caer simultáneamente desde la misma altura sobre la superficie de la Tierra, el cuerpo con mayor masa llega antes al suelo. Esta idea había sido propuesta pero su veracidad no había sido comprobada.

Galileo comprobó que cuando dejaba caer dos esferas de distinta masa ambas esferas caían con la misma aceleración y llegaban al suelo al mismo tiempo. Este estudio dio origen al nacimiento de la Física moderna como ciencia en la que las afirmaciones, por más razonables que parezcan, no se dan por ciertas hasta que no se comprueban.

Si repetimos la "experiencia de Galileo" en un recipiente en el que se ha hecho el vacío para que el aire no perturbe los resultados, comprobaremos que independientemente de la forma y la masas de los cuerpos, todos tardan en caer el mismo tiempo.

2.3.2. Principio de relatividad de Galileo

En 1632, Galileo Galilei describió este principio para los fenómenos mecánicos usando como ejemplo un observador viajando en un barco que navega plácidamente sobre un río, en contraste con un observador fijo en la orilla. Ambos interpretan de la misma manera la caída de un cuerpo hacia el suelo en su propio sistema.



Esta escena corresponde a un tiro horizontal, de modo que para un observador situado en una isla el paquete describe una trayectoria parabólica cuyo vértice está en su punto de partida y su concavidad, dirigida hacia el suelo. Sin embargo para el piloto situado en el avión es un movimiento vertical uniformemente acelerado. La generalización de esta idea constituye el principio de relatividad de Galileo, cuyo enunciado es el siguiente:

Las leyes de la mecánica son invariantes respecto de todos los sistemas de referencia que se muevan unos con respecto a otros con movimiento rectilíneo y uniforme (sistemas inerciales).

Se denomina **invariancia galileana** al hecho derivado del principio de relatividad según el cual las leyes fundamentales de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia inerciales. Este principio aplicado a la mecánica newtoniana implica que las longitudes y los tiempos no son afectados por el cambio en la velocidad.

"Encerraos con un amigo en la cabina principal bajo la cubierta de un barco grande, y llevad con vosotros moscas, mariposas, y otros pequeños animales voladores. Colgad una botella que se vacíe gota a gota en un amplio recipiente colocado por debajo de la misma. Haced que el barco vaya con la velocidad que queráis, siempre que el movimiento sea uniforme y no haya fluctuaciones en un sentido u otro. Entonces, las gotas caerán en el recipiente inferior sin desviarse a la popa, aunque el barco haya avanzado mientras las gotas están en el aire. Las mariposas y las moscas seguirán su vuelo por igual hacia cada lado, y no sucederá que se concentren en la popa, como si cansaran de seguir el curso del barco."



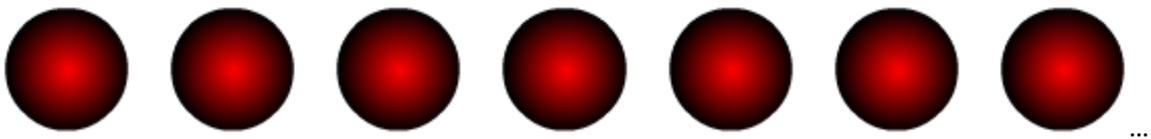
2.3.3. Las Leyes de Newton

2.3.3.1. Primera ley o ley de la inercia

Un cuerpo, en ausencia de fuerzas externas permanece en reposo si su velocidad inicial es cero,

$$\Sigma F = 0 \quad \text{Reposo} \quad v_i = 0$$

o se mueve con movimiento uniforme, es decir, con velocidad constante, si su velocidad inicial es distinta de cero.



2.3.3.2. Segunda ley o ley de la inercia

Es fácil deducir que aplicando suficiente fuerza se produce un movimiento. Pero hasta el siglo XVII no se comprendió el tipo de movimiento que origina una fuerza.

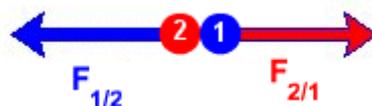
Newton define magnitudes, establece fórmulas y deja claro que si hay una fuerza resultante distinta de cero el cuerpo se mueve y su velocidad va aumentando mientras la fuerza se mantenga aplicada.

La segunda ley de Newton dice que: **"la aceleración de un objeto es proporcional a la fuerza que está actuando sobre él e inversamente proporcional a su masa."**

$$F = m \cdot a$$

2.3.3.3. Segunda ley o ley de la inercia

Al interaccionar dos partículas, la fuerza F que la primera ejerce sobre la segunda es igual y opuesta a la fuerza F que la segunda ejerce sobre la primera, estando ambas sobre la recta que las une.



Se escribe $F_{1/2}$ para indicar la fuerza que el cuerpo 1 ejerce sobre el cuerpo 2 y $F_{2/1}$ para indicar la fuerza que el cuerpo 2 ejerce sobre el 1.



2.4. Las cuatro fuerzas

La Historia de la Física siempre ha ido acompañada de la idea de la unificación, es decir encontrar un conjunto de leyes simples que describan el Universo.

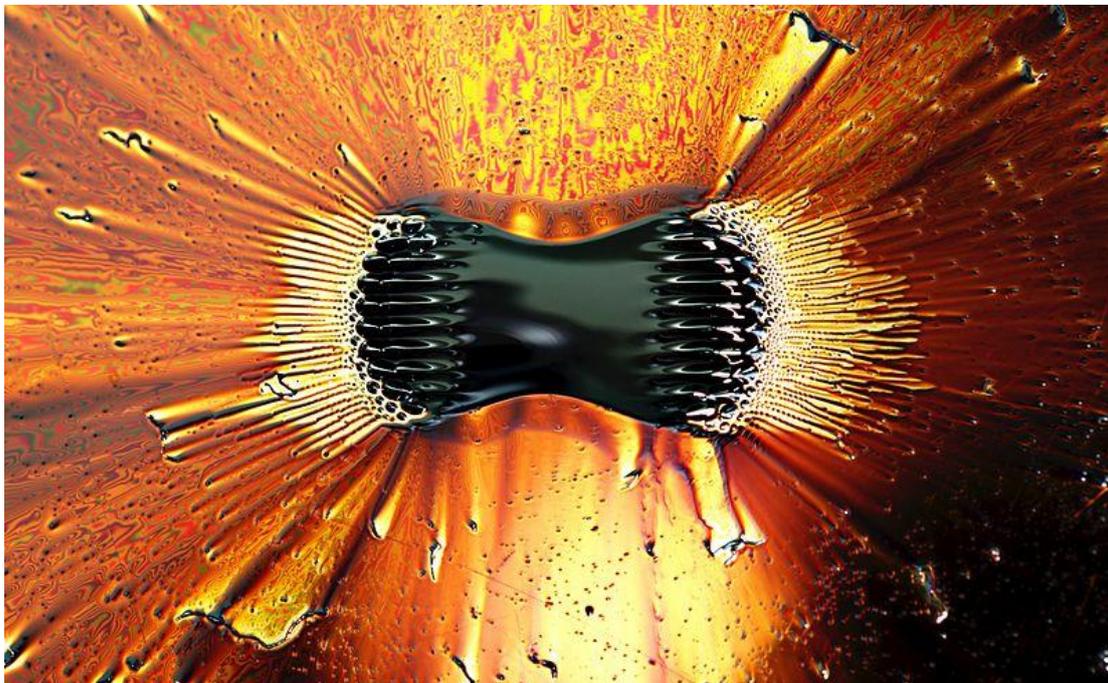
Galileo hizo una completa descripción de los efectos de la gravedad en la Tierra y **Kepler** describió por primera vez el movimiento planetario. En ese momento se creía que ambos fenómenos eran diferentes hasta que **Isaac Newton** los describió bajo el mismo concepto, la **fuerza gravitatoria**.

Entre el siglo XVIII y XIX, científicos como Charles Coulomb y Alessandro Volta describieron los fenómenos eléctricos. En 1820, **Hans Christian Ørsted** descubre que las corrientes eléctricas perturban los campos magnéticos cercanos y en 1861, **James Clerk Maxwell** unifica los **fenómenos eléctricos y magnéticos** en el **electromagnetismo**.

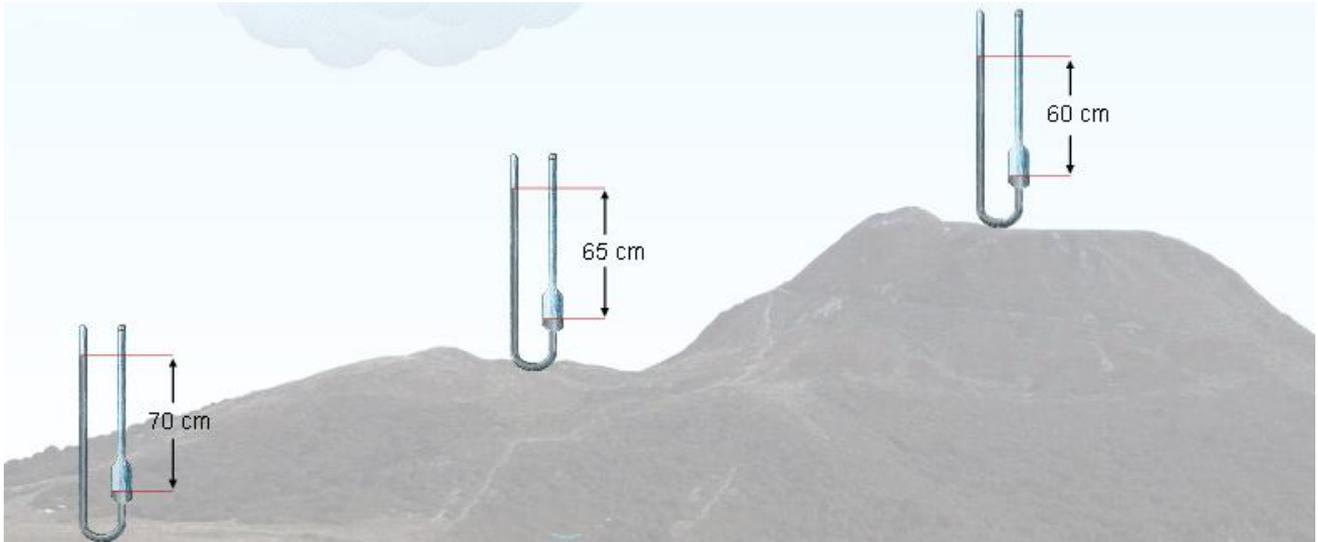
Con el desarrollo de la mecánica cuántica se descubrieron dos tipos más de fuerzas a las que no se las podía incluir en las dos ya existentes, **la fuerza nuclear fuerte** y **la fuerza nuclear débil**. Estos descubrimientos llevaron a la conclusión de que todas las interacciones en el Universo son el resultado de sólo cuatro fuerzas fundamentales: las fuerzas nucleares fuerte y débil, la fuerza electromagnética y la fuerza gravitatoria.

En 1960, **Glasgow, Salam y Weinberg** unifican la **fuerza nuclear débil** y la **electromagnética** en una sola, **la interacción electrodébil**. Estas dos interacciones parecen ser diferentes pero a temperaturas altas como las del Big Bang son una sola.

La unificación de la fuerza nuclear fuerte con la electrodébil es el motivo de **la teoría de la gran unificación**. Y finalmente, la **Teoría del Todo** involucraría esta interacción electronuclear con la gravedad.



Fuente imagen: Wikipedia-Gregory F. Maxwell



Imágenes procedentes de la animación sobre un original de Félix Vallés Calvo y Carlos Abarca Fillat. Fuente: INTEF.

3.2. Presión hidrostática, principio de Pascal



Nació en Clermont-Ferrand, Francia, el 19 de junio de 1623, en la región francesa de Auvernia. Murió en 1662. Fue matemático, físico y filósofo religioso.

Sus contribuciones a las ciencias naturales y aplicadas incluyen la invención y construcción de calculadoras mecánicas, estudios sobre la teoría de probabilidad, investigaciones sobre los fluidos y la aclaración de conceptos tales como la presión y el vacío.

Fuente imagen:
Wikipedia-libre

Un elemento en estado sólido no se puede comprimir. Sin embargo, en el caso de los líquidos, sus moléculas pueden deslizarse y adaptarse a la forma del recipiente que los contiene, lo que les permite fluir por tuberías y orificios.

Cuando se comprime el líquido contenido en un recipiente cerrado, la presión que se hace para comprimirlo, se transmite a través del líquido sobre las paredes del recipiente.

Este comportamiento de los líquidos fue enunciado por el matemático francés Blaise Pascal en la ley que lleva su nombre:

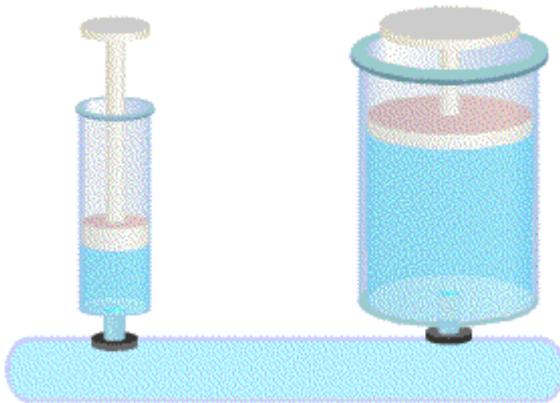
"El incremento de presión aplicado a una superficie de un fluido incompresible (líquido), contenido en un recipiente indeformable, se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del mismo"



3.2.1. Aplicaciones del principio de Pascal

La prensa hidráulica es un sistema que permite levantar grandes pesos con un mínimo esfuerzo. Está formada por dos cilindros de diferente diámetro comunicados entre sí, y cuyo interior está completamente lleno de un líquido que puede ser agua o aceite. En cada uno de los cilindros se ajusta un émbolo que está en contacto con el líquido.

Los émbolos pequeño y grande de la prensa tienen una superficie S_1 y S_2 , siendo $S_2 > S_1$.



Cuando ejercemos presión sobre S_1 dicha presión se aplica sobre S_2 , siendo $P_1 = P_2$.

Sustituyendo la presión por su valor:

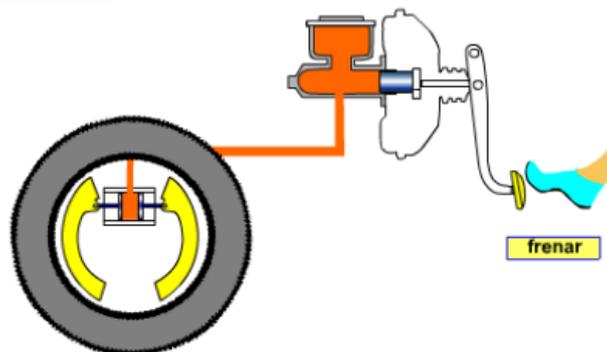
$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \quad F_2 = \frac{F_1 S_2}{S_1}$$

La aplicación de la Ley de Pascal, permite diseñar dispositivos capaces de amplificar la fuerza que ejercemos. Los sistemas que utilizan este principio se conocen como sistema hidráulicos.

Los sistemas hidráulicos permiten aplicar grandes fuerzas con muy poco esfuerzo.

En la actualidad las aplicaciones de los dispositivos hidráulicos son muy variadas:

- En automoción se aplican en los frenos, dirección asistida, suspensión...
- En la industria se utilizan para máquinas herramientas, robótica, minería...
- En medicina se utilizan para instrumental quirúrgico, mesas de operaciones, camas de hospital...





3.3. Principio de Arquímedes

Cuando sumergimos un objeto en el agua, notamos como si algo lo estuviera empujando hacia arriba. Si lo hundimos dentro del agua y lo soltamos, vemos que el objeto se mueve hacia la superficie. Cuanto más profundamente lo hundimos, con más velocidad llegará a la superficie.

Podemos comprobar que el peso de un objeto en el interior de un líquido es menor que el peso del objeto cuando está fuera del líquido. Esta diferencia de pesos es debida a la existencia de una fuerza llamada empuje (E), que se ejerce en sentido contrario al peso y que actúa sobre los cuerpos sumergidos.

Este comportamiento de los objetos sumergidos, se utiliza en los submarinos para controlar el nivel de inmersión.

Para ello disponen de unos tanques que se llenan con agua. Al introducir agua, el peso real del submarino aumenta y el submarino se hunde. Si se expulsa el agua, el peso real disminuye y el submarino flota.

Si la cantidad de agua hace que el peso real sea igual que el aparente, el submarino permanecerá estable bajo el agua.

Cuando un objeto se sumerge en un líquido, se desaloja una masa de agua que es igual al producto del volumen del objeto por la densidad del líquido:

$$m = V \cdot d$$

El peso del líquido desalojado será igual a su masa por la gravedad:

$$P = m \cdot g$$

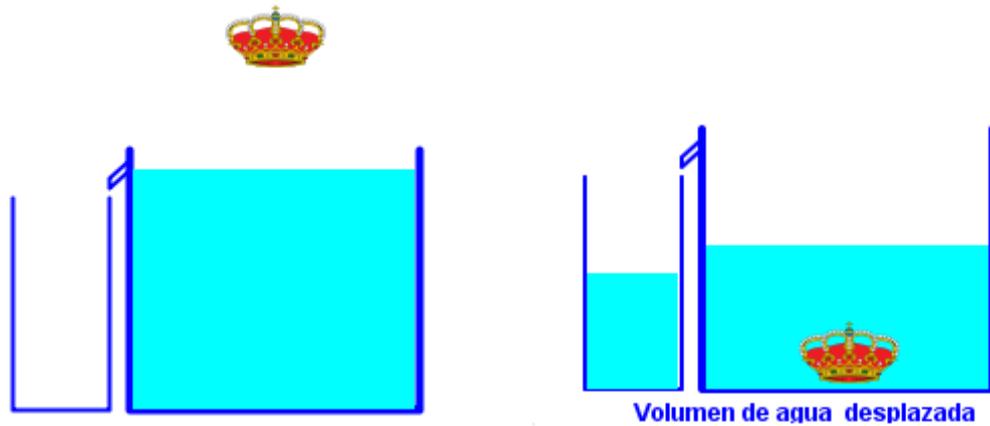
Este peso coincide exactamente con el empuje que experimenta el cuerpo sumergido.

Pero Arquímedes nunca realizó cálculos matemáticos. Su Principio era totalmente intuitivo. Veamos cómo llego a esta conclusión.

El rey Herón II de Siracusa pidió a Arquímedes que averiguara si el joyero, al que había entregado cierta cantidad de oro para hacer una corona, había utilizado todo el oro en ella o le había robado. Naturalmente el rey había pesado la corona y su peso coincidía con el del oro que le había entregado, pero sospechaba que el joyero había mezclado plata, más barata, con el oro. Si fundía la corona se separaría el oro de la plata y averiguaría la verdad pero destruiría la corona.

Arquímedes sabía que el cobre y la plata eran más ligeros que el oro. Si el orfebre hubiese añadido cualquiera de estos metales a la corona, ocuparían un espacio mayor que el de un peso equivalente de oro. Conociendo el espacio ocupado por la corona (es decir, su volumen) podría contestar a Herón, lo que no sabía era cómo averiguar el volumen de la corona.

Arquímedes siguió dando vueltas al problema en los baños públicos. De pronto se dio cuenta de que su cuerpo desplazaba agua fuera de la bañera. El volumen de agua desplazada era igual al volumen de su cuerpo. Para averiguar el volumen de cualquier objeto bastaba con medir el volumen de agua que desplazaba.



Arquímedes corrió a casa, gritando una y otra vez: "¡EUREKA!, ¡lo encontré!".

Llenó de agua un recipiente, metió la corona y midió el volumen de agua desplazada. Luego hizo lo mismo con un peso igual de oro puro pero **¡el volumen desplazado era menor!**

El oro de la corona había sido mezclado con un metal más ligero, lo cual le daba un volumen mayor. El rey ordenó ejecutar al orfebre.

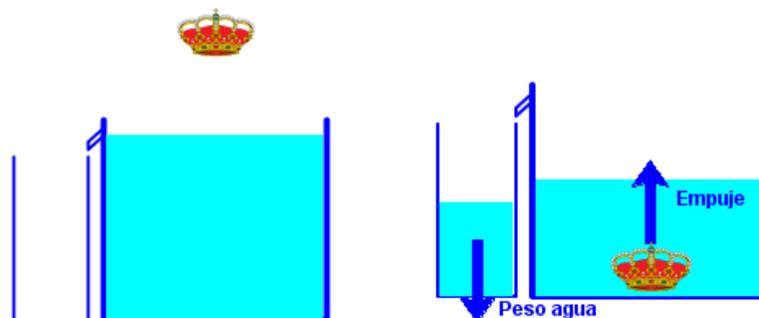
Pensando en cómo salvar la corona y descubrir el fraude, Arquímedes descubrió el concepto de densidad.

Arquímedes comprobó que un mismo peso de distintos cuerpos desaloja diferentes cantidades de agua. Descubrió que 1 kg de oro desaloja menos agua que 1 kg de oro aleado con plata y mucho menos que si el kg fuera de plata.

Hoy sabemos que la densidad de la plata es de $10\,500\text{ kg/m}^3$ y la del oro $19\,300\text{ kg/m}^3$. Una es casi el doble de la otra, de modo que un objeto de oro ocupa casi la mitad de volumen que uno de plata que tenga igual masa.

Arquímedes descubrió que es importante relacionar el peso del cuerpo con el volumen que ocupa y que cada sustancia tiene una relación constante, que llamamos densidad, que es característica y la distingue de cualquier otra.

Arquímedes comprobó que al sumergir un cuerpo en agua perdía exactamente una cantidad de peso igual a lo que pesaba el agua que desalojaba (Empuje= peso del agua desalojada).



"Todo cuerpo sumergido en un fluido sufre una fuerza vertical y hacia arriba igual al peso del fluido que desaloja la parte sumergida del cuerpo".



4. Electricidad y electromagnetismo

4.1. Fenómenos eléctricos

4.1.1. Antecedentes históricos

Las primeras referencias escritas sobre la electricidad se deben a **Tales de Mileto**. Tales observó que frotando un trozo de ámbar con un tejido se atraían pequeños objetos. Los griegos denominaron a este fenómeno electricidad.

A finales del siglo XVI, **William Gilbert** clasificó las sustancias en conductoras y aislantes y comprendió la diferencia entre electricidad y magnetismo.

Charles du Fay sugirió la existencia de cargas de distinto signo, de sustancias conductoras y aislantes y de la fuerza de repulsión existente entre cuerpos cargados de electricidad del mismo signo.



Fuente Imagen: Quincena
11. 4ºESO, Física y
Química. CIDEAD.

4.1.2. La botella de Leiden



Fuente Imagen: Quincena
11. 4ºESO, Física y Química.
CIDEAD.

En 1746, **Pieter van Musschenbroek**, científico de la Universidad de Leiden (Holanda) consiguió almacenar electricidad en una **botella de agua**. Para ello, perfora el tapón con una varilla metálica con un gancho en la parte superior al que acerca un conductor cargado eléctricamente.

En una de sus experiencias recibe una descarga al aproximar la mano a la varilla. Había conseguido almacenar la electricidad. Poco después, **W. Watson**, envuelve la botella con estaño y **Jean Antonie Nollet** sustituye el agua por láminas de estaño. Estos cambios consiguen almacenar más carga, por tanto mayores descargas eléctricas.

4.1.3. El fluido eléctrico

Benjamin Franklin sugiere que los cuerpos tienen una cantidad de fluido eléctrico y cuando se frotan se pasan parte de uno a otro. Por lo tanto, un objeto queda cargado con exceso de fluido y otro con un defecto de igual valor. Es decir; el primero se carga con cierta cantidad de electricidad positiva y el segundo con la misma cantidad negativa.

"Du Fay llamó electricidad vítrea a la electricidad positiva de Franklin y resinosa"

Hoy en día se conserva la idea de carga positiva y negativa para los dos tipos de electricidad. Así que si un cuerpo se carga positivamente es porque otro se queda cargado negativamente en la misma cantidad.



Fuente Wikipedia-libre



4.1.4. Interacciones eléctricas

En el siglo 1777, el físico francés **Charles Agustin Coulomb** inventó la balanza de torsión para medir la fuerza de atracción o repulsión que ejercen entre si dos cargas eléctricas.

Con este invento, Coulomb pudo establecer el principio que rige la interacción entre las cargas eléctricas, actualmente conocido como ley de Coulomb:



"La fuerza con que interacciona (se atraen o se repelen) dos cuerpos cargados es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que la separa".

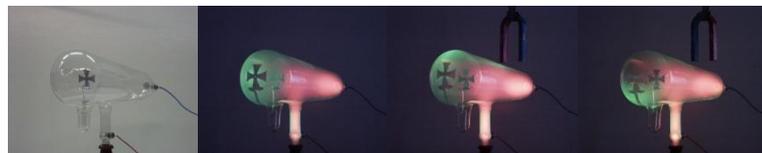
$$F = K \frac{q \cdot q'}{d^2}$$

K es una constante de proporcionalidad que depende del medio en el que estén inmersos los cuerpos.

4.1.5. El descubrimiento del electrón



J. J. Thomson experimentando con **tubos** de descarga de gases observa que se emiten rayos desde el polo negativo al positivo, los llamó **rayos catódicos**.



Fuente imagen:
Wikipedia-libre

Tubos de descarga de Crookes. Fuente: Wikipedia- Zátonyi Sándor

Al estudiar las partículas que formaban estos rayos, observó que eran las mismas siempre, cualquiera que fuese el gas del interior del tubo. Por tanto, en el interior de todos los átomos, existían una o más partículas con carga negativa a las que llamó electrones.

Debido a que la electrización de la materia es un intercambio de electrones, es frecuente utilizar su carga como unidad elemental de carga. Así +1 indica que un cuerpo ha perdido un electrón y -1 indica que ha ganado un electrón.

La electrización de la materia se debe a la transferencia de electrones de un cuerpo a otro. Si un cuerpo gana electrones se carga negativamente, y positivamente cuando los pierde.



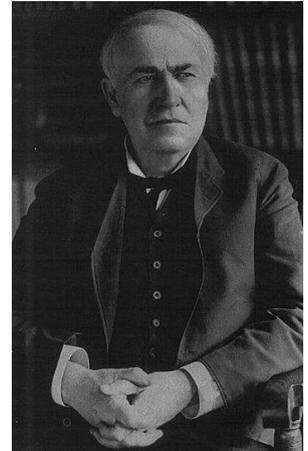
4.1.6. La "guerra de las corrientes"

La Guerra de las corrientes fue una competencia por el control del incipiente mercado eléctrico.

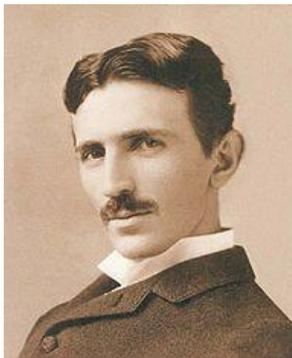
En 1882, **Edison** construyó en New York la primera central eléctrica comercial del mundo para satisfacer las necesidades de electricidad de los nuevos sistemas de iluminación eléctricos y los nuevos motores eléctricos. Aunque era una planta enorme para su época, sólo podía producir y distribuir electricidad hasta tan sólo 330 ha de distancia.

La demanda de electricidad pronto condujo al deseo de construir centrales eléctricas más grandes y de llevar la energía a mayores distancias.

Además, la rápida distribución de motores eléctricos industriales, provocó una fuerte demanda por un voltaje diferente a los 110 V usados para la iluminación. El sistema de **Edison**, que utilizaba la corriente continua (CC), era poco adecuado para responder a estas nuevas demandas. El problema del transporte era aún más difícil, puesto que la transmisión interurbana de grandes cantidades de CC en 110 voltios era muy costosa y sufría enormes pérdidas por disipación en forma de calor.



Tomás Alva Edison. Fuente imagen: Wikipedia-libre



Nicolás Tesla. Fuente imagen: Wikipedia-libre

En 1886, **George Westinghouse**, fundó Westinghouse Electric para competir con General Electric de Edison. El sistema Westinghouse se basó en los descubrimientos y patentes de **Nikola Tesla** sobre la corriente alterna (CA).

Tesla se basa en que las pérdidas en la transmisión de electricidad dependen del voltaje (a mayor voltaje, menores pérdidas). La CA, a diferencia de la CC, puede elevar el voltaje con un transformador lo que facilita el transporte a largas distancias con pocas pérdidas en forma de calor y una vez que la electricidad llega a su destino, las centrales eléctricas, antes de suministrar la energía a los clientes, reducen el voltaje a niveles seguros.

Edison amenazado por la aparición de la tecnología de **Tesla**, se enfrenta a **Westinghouse** en una batalla de relaciones públicas, que los periódicos denominaron "la guerra de las corrientes", para determinar qué sistema se convertiría en la tecnología dominante. **Edison** inventa una silla eléctrica de CA y electrocuta a perros, gatos y hasta un elefante para demostrar que la corriente alterna era peligrosa. Para neutralizar esta iniciativa, **Tesla** se expuso a una CA que atravesó su cuerpo sin causarle ningún daño. Ante esta prueba, **Edison** nada pudo hacer y su prestigio quedó momentáneamente erosionado.

Durante la Feria Mundial de Chicago de 1893, **Tesla** tuvo su gran oportunidad. Cuando **Westinghouse** presentó un presupuesto por la mitad de lo que pedía General Electric, la iluminación de la Feria le fue adjudicada y **Tesla** pudo exhibir sus generadores, dínamos y motores de CA.



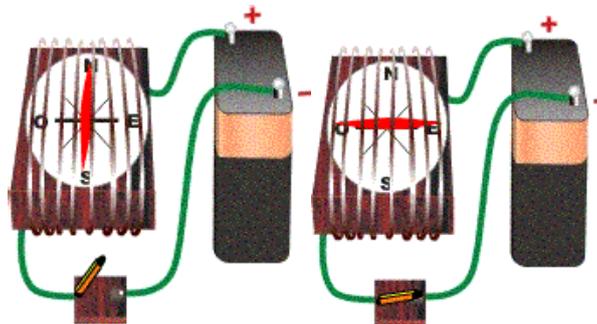
4.2. Electromagnetismo

Muchas veces hemos visto como un imán, hecho de magnetita o ciertas otras aleaciones férricas, atrae objetos de acero u otros metales derivados del hierro. Las sustancias que son fuertemente atraídas por los imanes se llaman **ferromagnéticas**, las que sólo son atraídas muy débilmente (de forma imperceptible a nuestra vista) son **paramagnéticas**, y las que no son afectadas de ninguna forma o son débilmente repelidas por un imán son **diamagnéticas**.

Pero no fue sino hasta el siglo XIX cuando la relación entre la electricidad y el magnetismo quedó plasmada, pasando ambos campos de ser diferenciados a formar el cuerpo de lo que se conoce como electromagnetismo.

4.2.1. La experiencia de Ørsted

En 1820, investigando sobre el campo magnético, realizó la experiencia que vemos en la imagen adjunta. En principio la brújula señala el Norte geográfico pero cerrando el circuito, cambia su orientación de forma que se sitúa perpendicular a la corriente. Esta experiencia daba el mismo resultado en cualquier lugar que pusiera la brújula.



Fuente Imagen: Campo magnético. Proyecto Newton.

La única interpretación posible era que la corriente creaba líneas de fuerza magnéticas circulares y concéntricas con la corriente.

Las corrientes eléctricas, es decir las partículas cargadas en movimiento, crean un campo magnético, será lógico suponer que también serán afectadas por los campos magnéticos creados por imanes u otras cargas móviles.



Hans Christian Ørsted. Fuente imagen: Wikipedia-libre



4.2.2. André-Marie Ampère

El físico y matemático francés **André-Marie Ampère** (1775-1836) está considerado como uno de los descubridores del electromagnetismo. Es conocido por sus importantes aportaciones al estudio de la corriente eléctrica y el magnetismo que constituyeron, junto con los trabajos del danés Oersted, el desarrollo del electromagnetismo.

Ampère descubrió las leyes que determinan el desvío de una aguja magnética por una corriente eléctrica, lo que hizo posible el funcionamiento de los actuales aparatos de medida. Descubrió las acciones mutuas entre corrientes eléctricas, al demostrar que dos conductores paralelos, por los que circula una corriente en el mismo sentido, se atraen, mientras que si los sentidos de la corriente son opuestos, se repelen.



Fuente imagen: Wikipedia-libre

La unidad de intensidad de corriente eléctrica, el Amperio (A), recibe este nombre en su honor.

4.2.3. Fuerzas de Lorentz. El ciclotrón y el espectrómetro de masas

Si en una región del espacio existe un campo magnético (**B**) uniforme y una carga (**q**) se desplaza con una velocidad (**v**) perpendicular al campo, la fuerza que actúa sobre la carga es siempre perpendicular a la velocidad luego, provoca una aceleración normal que hace que se curve la trayectoria y se genera un movimiento circular en el que la fuerza magnética actúa de fuerza normal o centrípeta y en el que el módulo de la velocidad permanece constante, por no existir ninguna fuerza tangencial.

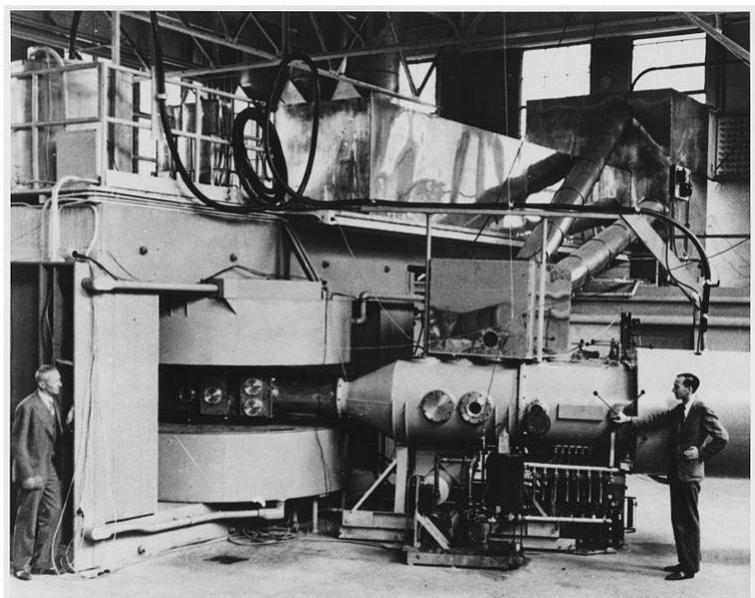
El **ciclotrón** es un dispositivo experimental basado en este fenómeno. Su aplicación más importante es la de acelerador de partículas cargadas para bombardear núcleos atómicos y provocar reacciones nucleares. Para ello, se debe combinar el campo magnético con un campo eléctrico.

La fotografía muestra el ciclotrón de 60 pulgadas del "Lawrence Radiation Laboratory", en la Universidad de California (Berkeley) en agosto de 1939.

En la fotografía se observa a **Edwin M. McMillan** trabajando en las investigaciones que condujeron al descubrimiento del ^{93}Np (neptunio-93).

A principios de 1941, utilizando el mismo aparato, **Glenn T. Seaborg** y sus colaboradores descubrieron el ^{94}Pu (plutonio-94).

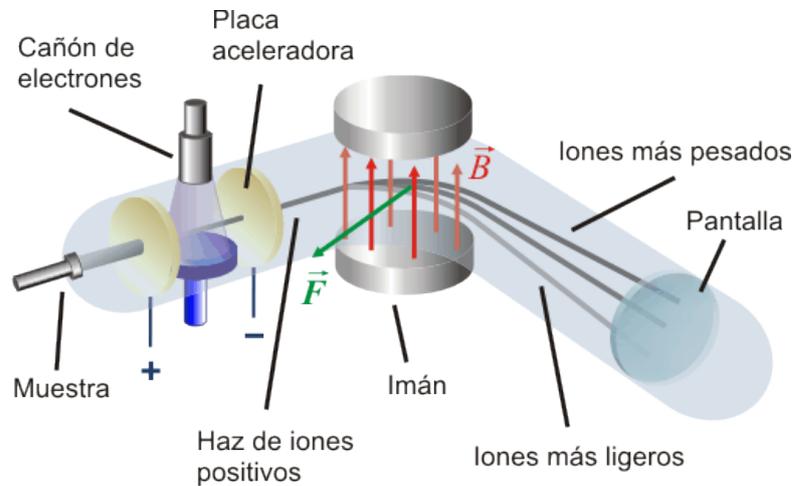
Posteriormente, se descubrieron otros elementos transuránicos, así como muchos radioisótopos incluyendo el ^{14}C (carbono-14).



Fuente imagen: Wikipedia-libre



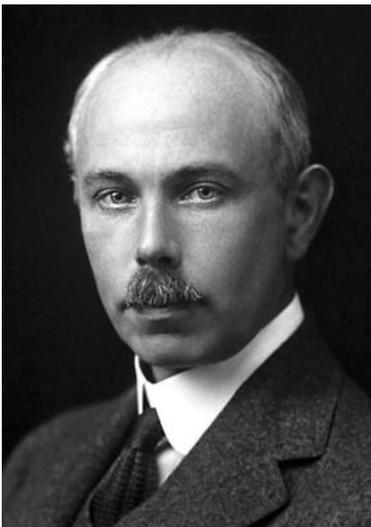
Un **espectrómetro de masas** es un dispositivo que se emplea para **separar iones dentro de una muestra que poseen distinta relación carga/masa**. La mezcla puede estar constituida por distintos isótopos de una misma sustancia o bien por distintos elementos químicos.



Fuente: Teresa Martín Blas y Ana Serrano Fernández - Universidad Politécnica de Madrid (UPM) - España.

Todos los elementos del espectrómetro deben estar en el interior de una cámara de vacío. La muestra gaseosa (situada a la izquierda de la figura) se ioniza mediante un haz de electrones. Los iones positivos son acelerados por un campo eléctrico.

A continuación el haz de iones pasa por una zona del espacio donde existe un campo magnético \vec{B} . La fuerza que el campo magnético hace sobre una carga, que es perpendicular al campo magnético y al vector velocidad de la carga. Como la fuerza (representada en verde en la figura) es perpendicular a la trayectoria de los iones, éstos tendrán aceleración normal, y se desviarán describiendo una trayectoria curva.



Francis William Aston. Fuente imagen: Wikipedia-libre

Para un valor fijo de la velocidad y del módulo del campo magnético cuanto menor sea el cociente m/q menor será el radio de curvatura ρ de la trayectoria descrita por los iones y por tanto su trayectoria se deflejará más.

Si la muestra está constituida por isótopos del mismo elemento, todos tendrán la misma carga pero los que sean más pesados se deflejarán menos.

Por tanto, haces de iones de distinta relación carga/masa llegarán a puntos diferentes de un detector, y, en función de la intensidad de las señales que dejan, se determina la abundancia relativa de cada tipo.

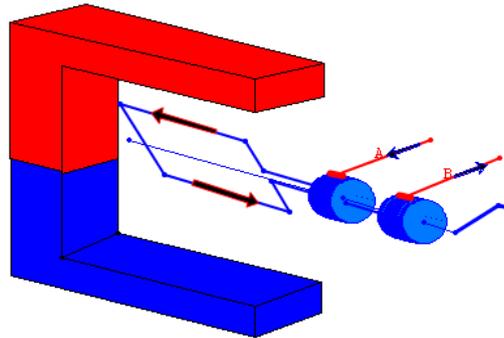
El primer espectrómetro de masas fue desarrollado en la década de 1920 por el físico inglés **Francis William Aston**, y recibió en 1922 el Premio Nobel de Química por su desarrollo.



4.2.4. La inducción magnética. Ley de Faraday y Lenz.

La **inducción magnética** es el proceso mediante el cual los campos magnéticos generan campos eléctricos. Al generarse un campo eléctrico en un material conductor, los portadores de carga se verán sometidos a una fuerza y se inducirá una corriente eléctrica en el conductor.

El fenómeno de la inducción magnética constituye el principio básico de los generadores eléctricos.



Un **generador eléctrico** es un dispositivo que **convierte energía mecánica en energía eléctrica**. Mantiene por tanto una diferencia de potencial entre dos puntos denominados **polos**. Por la ley de Faraday, al hacer girar una espira dentro de un campo magnético, se produce una variación del flujo de dicho campo a través de la espira y por tanto, se genera una corriente eléctrica.

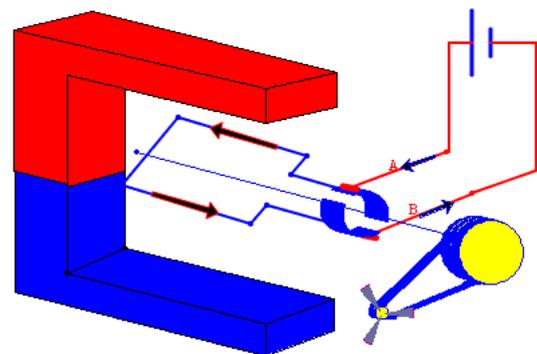
En las centrales de generación de energía eléctrica (nucleares, térmicas, hidráulicas...) la energía mecánica, que el generador transforma en energía eléctrica, proviene del movimiento de una turbina accionada dependiendo del tipo de central por vapor de agua, aire o agua.

4.2.5. Motores eléctricos

Un **motor eléctrico** recibe corriente eléctrica (energía eléctrica) y produce movimiento (energía mecánica), lo contrario de lo que ocurre en un generador.

Si se coloca una espira en un campo magnético y se hace pasar una intensidad de corriente a través de ella, el campo ejerce una fuerza sobre los lados de la espira, y estas fuerzas ejercen un momento de fuerzas.

La espira empezará a rotar, por lo que se habrá transformado energía eléctrica en energía mecánica.





5. Las ondas

5.1. La naturaleza de la luz

La naturaleza de la luz ha intrigado al hombre desde los tiempos más remotos.

- **La luz en la antigüedad**

Demócrito (460 a.C. - 370 a.C.) consideraba a la luz como un flujo de partículas que partían de los focos de luz. Para **Pitágoras (580 a.C. - 495 a.C.)** la visión de los objetos se producía porque los ojos emitían una especie de rayos de luz que, a modo de tentáculos, se propagaban hacia los objetos.

- **La luz en la ciencia**

Huygens (1629-1695) considera a la luz como una onda y con esta teoría explica todas las propiedades conocidas en la época. Sin embargo, **Newton (1643 -1727)**, consideraba la luz como una corriente rectilínea de pequeñas partículas materiales emitidas por los cuerpos luminosos. Ello explicaba la propagación rectilínea de la luz y la reflexión mediante rebote de esas partículas sobre la superficie.

El carácter material de la luz fue confirmado teóricamente por **Einstein** al estudiar el "efecto fotoeléctrico" descubierto y descrito por **Heinrich Hertz** en 1887. Este fenómeno explica que la luz se puede transmitir por el vacío, mediante movimiento de unas partículas llamadas fotones.

En 1924, **Louis de Broglie** propone la dualidad onda-corpúsculo de la luz basándose en la idea de que toda radiación tiene una partícula asociada.

De acuerdo con la física clásica, existen diferencias entre onda y partícula. Una partícula ocupa un lugar en el espacio y tiene masa mientras que una onda se extiende en el espacio caracterizándose por tener una velocidad definida y masa nula.



Fuente imagen:
Wikipedia-libre

Actualmente se considera que la dualidad onda-partícula es un "concepto de la mecánica cuántica" según el cual no hay diferencias fundamentales entre partículas y ondas. Las partículas pueden comportarse como ondas y viceversa". (**Stephen Hawking**, 2001).

Louis De Broglie concluye que "**la luz, cuando se propaga se comporta como una onda, pero cuando interacciona con la materia, se comporta como una partícula**".

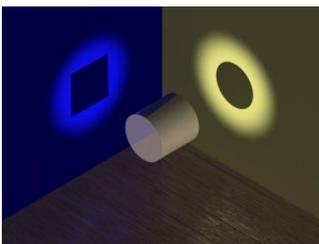


Imagen ilustrativa de la **dualidad onda-partícula**, en el cual se puede ver cómo un mismo fenómeno puede tener dos percepciones distintas.

Fuente imagen: Wikipedia- Jean-Christophe BENOIST



5.2. La transmisión del sonido

Hasta el siglo XIX, las personas solo podían tener una conversación si se encontraban frente a frente solo podían escuchar música si acudían a una sala de concierto... es decir, solo eran capaces de oír los sonidos que se producían en su entorno cercano. Los descubrimientos en el campo de la electricidad y electromagnetismo, propiciaron el desarrollo de un nuevo campo tecnológico; las telecomunicaciones.



Fuente imagen: Wikipedia- Zubro

Los primeros medios de transmisión fueron alámbricos es decir, que necesitan cables para transmitir la señal.

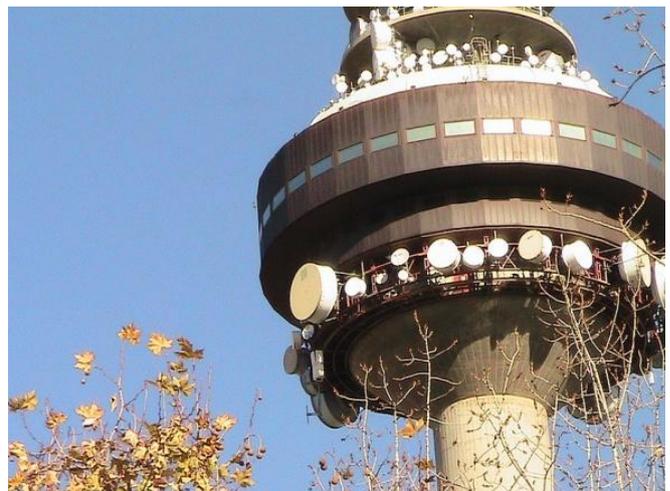
En 1844, **Samuel Morse** inventa el telégrafo. El telégrafo es un dispositivo que utiliza señales eléctricas para la transmisión de mensajes de texto codificados. Este sistema de transmisión reemplazó a los sistemas de transmisión de señales ópticas, convirtiéndose así en la primera forma de comunicación eléctrica.

En 1876, **Alexander Graham Bell** patenta el primer teléfono capaz de transmitir y recibir señales acústicas de calidad por medio de señales eléctricas a distancia.

Durante mucho tiempo se ha considerado a **Alexander Graham Bell** y a **Elisha Gray** como los inventores del teléfono. Pero esto no es así. **Bell** solo fue el primero en patentarlo. El inventor del teléfono fue **Antonio Meucci** que lo llamó teletrófono. **Meucci** solo pudo, por dificultades económicas, presentar una breve descripción de su invento, pero no formalizar la patente ante la Oficina de Patentes de Estados Unidos.

Más adelante se desarrolló la **comunicación inalámbrica** sin cables a través de **ondas electromagnéticas**. Estas ondas viajan a la velocidad de la luz, 300000 km/s, muy superior a la de las señales eléctricas. Además, pueden viajar a través del espacio exterior por lo que se emplean para recibir información de sondas espaciales.

En 1893, **Nikola Tesla** consigue transmitir energía electromagnética sin cables, construyendo el primer radiotransmisor adelantándose a **Guillermo Marconi** al que se le considera como el padre de la radio y de las telecomunicaciones inalámbricas.



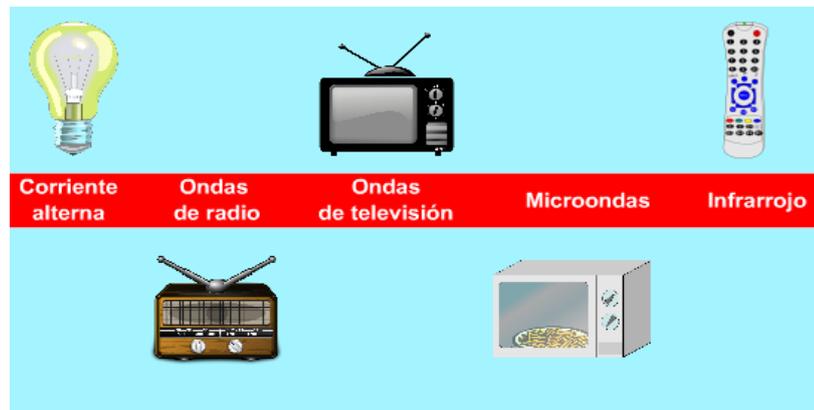
Torrespaña. Fuente imagen: Wikipedia-libre



5.3. El espectro electromagnético

Se denomina **espectro electromagnético** a la distribución del conjunto de las ondas electromagnéticas. Se extiende desde las radiaciones de mayor longitud de onda (menor frecuencia), como son la corriente alterna, las ondas de radio, las microondas y rayos infrarrojos hasta las de menor longitud de onda (menor frecuencia) como son la luz visible, la luz ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma. A todas estas ondas el ser humano ha sabido sacarle provecho.

Radiación invisible



Radiación visible



Radiación invisible



Fuente imágenes: Ondas 2º ESO. Proyecto Newton.



6. Óptica

La óptica es la rama de la física que analiza las características y las propiedades de la luz, estudiando cómo se comporta y se manifiesta. Según el modelo utilizado para la luz, se distingue entre las siguientes ramas:

- La óptica geométrica
- La óptica electromagnética
- La óptica cuántica

6.1. Óptica geométrica

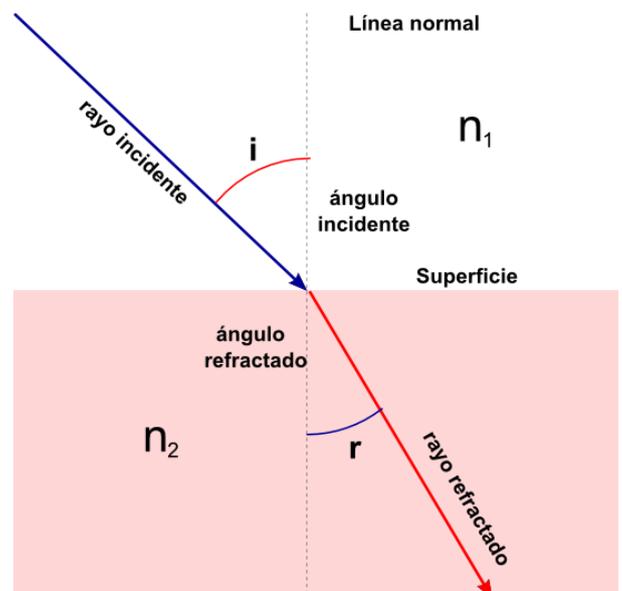
La óptica geométrica trata a la luz como un conjunto de rayos luminosos que cumplen el principio de **Fermat** (1601-1665), que dice que la trayectoria de la luz es aquella en la que los rayos de luz necesitan menos tiempo para ir de un punto a otro.

En 1621, **Willebrord Snel** formuló una ley que ya había sido utilizada en el siglo XIII, por el físico persa Ibn Sahl (no confundir con el poeta andalusí del mismo nombre) para resolver las aberraciones geométricas de las lentes.

La **ley de Snell** es una fórmula utilizada para calcular el ángulo de refracción de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos medios de propagación con índice de refracción distinto.

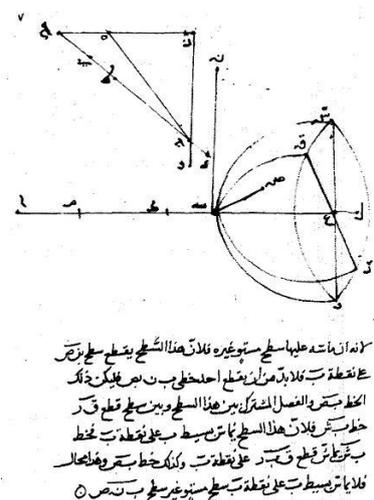
$$n_i \text{ sen} \alpha_i = n_r \text{ sen} \alpha_r$$

Aunque la ley de Snell fue formulada para explicar los fenómenos de refracción de la luz se puede aplicar a todo tipo de ondas atravesando una superficie de separación entre dos medios en los que la velocidad de propagación de la onda varíe.



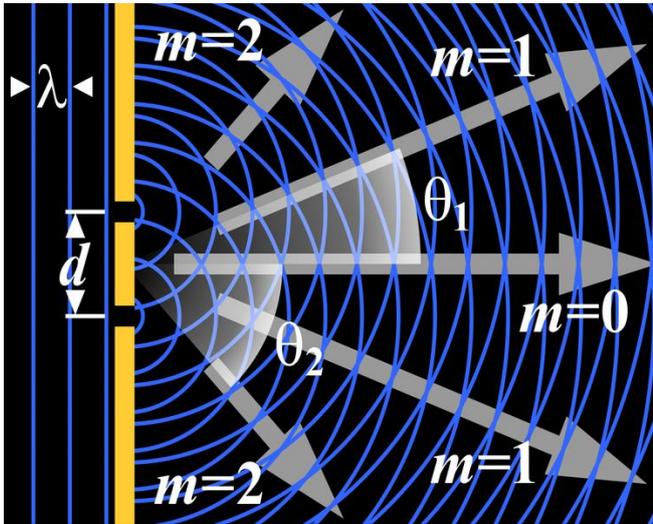
El nombre de esta ley proviene de su descubridor, el matemático y físico holandés **Willebrord Snel van Royen** (1580 - 1626). La denominaron "**Snell**" debido a su apellido pero le pusieron dos "l" por su nombre Willebrord el cual lleva dos "l".

Reproducción de una página de un manuscrito de Ibn Sahl describiendo la ley de la refracción. Fuente imagen: Wikipedia-libre.





6.2. Óptica electromagnética



Difracción de la luz. Fuente imagen: Wikipedia

En 1678, el físico holandés **Christiaan Huygens** (1629-1695), propuso la naturaleza ondulatoria de la luz, partiendo del concepto de que cada punto luminoso de un frente de ondas puede considerarse una nueva fuente de ondas (Principio de Huygens).

La naturaleza ondulatoria de la luz quedó definitivamente demostrada por los experimentos realizados a principios del siglo XIX por **Thomas Young** sobre interferencia y difracción de la luz.

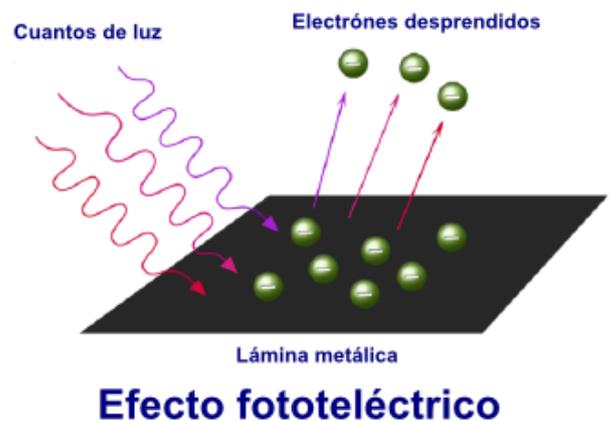
A partir de entonces esta se considera a la luz como una onda electromagnética, explicando así la reflexión, refracción, difracción, interferencia y transmitancia y polarización.

6.3. Óptica cuántica

En 1704, **Newton** expuso en su obra más importante sobre óptica, **Opticks**, su teoría sobre la naturaleza corpuscular de la luz, así como un estudio detallado sobre fenómenos como la refracción, la reflexión y la dispersión de la luz.

Sus experimentos sobre la naturaleza de la luz le llevaron a formular su teoría general sobre la misma que según él, está formada por corpúsculos y se propaga en línea recta y no por medio de ondas.

La naturaleza corpuscular de la luz quedó demostrada gracias a los trabajos de **Max Planck** (1858-1947) y a la explicación del efecto fotoeléctrico por parte de **Albert Einstein** (1879-1955).



Fuente imagen: Wikipedia- Björn Nordberg (Enfero)

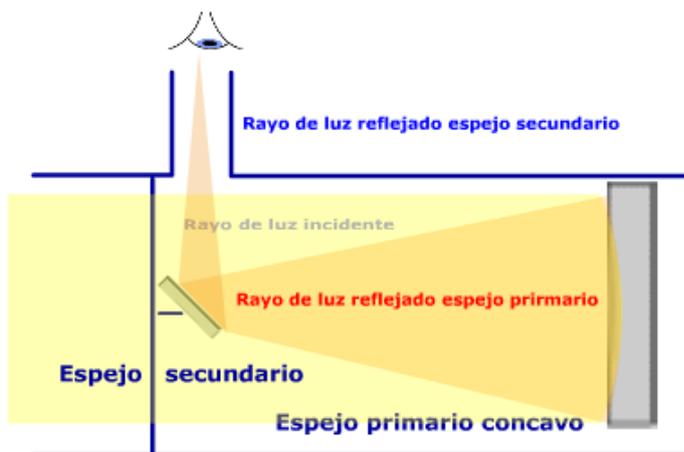
Louis De Broglie concluye que "la luz, cuando se propaga se comporta como una onda, pero cuando interacciona con la materia se comporta como una partícula".



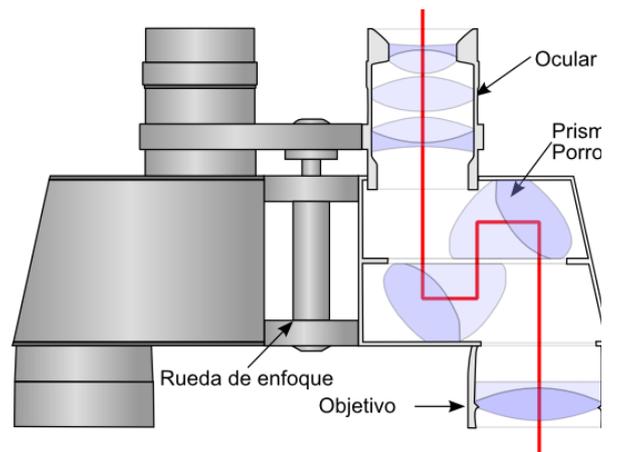
6.4. Instrumentos ópticos

Las leyes de la reflexión y la refracción de Snell se utilizan en el estudio de la transmisión de la luz por medios homogéneos (lentes, espejos, y prismas), obteniendo así las leyes que gobiernan los instrumentos ópticos a que estamos acostumbrados.

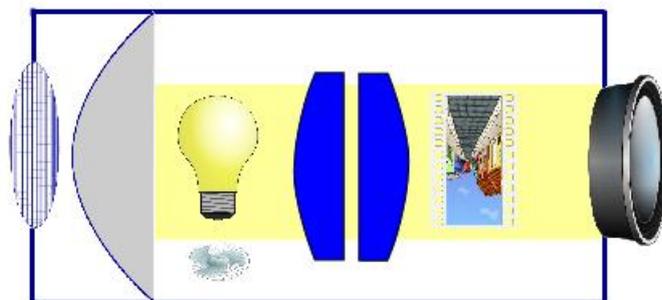
En la actualidad, los **instrumentos ópticos** están constituidos por diversas clases de lentes, prismas y/o espejos, que aprovechan las propiedades de la luz. Entre ellos se pueden mencionar: la lupa, los prismáticos, el catalejo, el anteojo astronómico, la cámara fotográfica, el microscopio compuesto, el proyector de diapositivas, el periscopio, el retroproyector, el telescopio, etc.



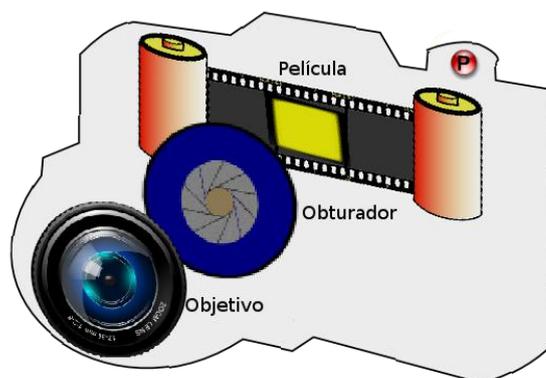
Telescopio Newtoniano



Prismáticos



Proyector de diapositivas



Cámara fotográfica



7. Mecánica Cuántica

El premio Nóbel **Murray-Gellman** afirma que:

"Hay una diferencia mayor entre un hombre que sabe Mecánica Cuántica y otro que no, que entre un ser humano que no sabe Mecánica Cuántica y los otros grandes simios".

Es posible que una frase tan radical sea excesiva. Sin embargo es muy ilustrativa sobre la importancia de esta teoría, base teórica de gran parte de los adelantos que nos rodean y auténtica revolución de la teoría del conocimiento pero no debemos preocuparnos ya que:

"Creo poder decir con seguridad que nadie entiende la mecánica cuántica"
Richard P. Feynman, Premio Nobel de Física 1965.

7.1. Dualidad onda corpúsculo

A lo largo de esta unidad hemos ido descubriendo un poco sobre la luz y su naturaleza. Hasta ahora, sabemos que la luz es capaz de arrancar, a partir de determinada frecuencia propia de cada metal, electrones de éste, independientemente de la intensidad luminosa (efecto fotoeléctrico).

Einstein lo interpretó suponiendo también que la luz estaba integrada por partículas (fotones) de energía $E=h \cdot f$ y por lo tanto, la luz se comporta como una onda en su propagación, pero como una partícula cuando es absorbida o emitida.

De Broglie **dice que** toda partícula se porta, en su propagación, como una onda cuya longitud viene dada por la expresión:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \text{y} \quad p = mv$$

Donde p es el momento lineal de la partícula.

7.2. Incertidumbre

Sabemos por experiencia que, cuando examinamos un objeto no lo alteramos. Así por ejemplo, la vida de los microbios que observamos en el microscopio es independiente del hecho de que estemos mirando o no. En la Mecánica Cuántica no es tan sencillo, ya que al pretender iluminar las partículas que pueden pasar por una rendija para saber por dónde pasaban realmente, estas desaparecen.

El físico alemán **Werner Karl Heisenberg** (1901 - 1976) afirma al formular el principio de incertidumbre que es imposible medir simultáneamente de forma precisa, la posición y el momento lineal de una partícula.

$$\Delta \lambda \cdot \Delta p_x \geq h$$

Este principio ayudará a comprender el movimiento de los electrones alrededor del núcleo.



7.3. Azar



Fuente imagen: Wikipedia - Anarkma

Erwin Schrödinger (1887- 1961) plantea un sistema que se encuentra formado por una caja cerrada y opaca que contiene un gato en su interior, una botella de gas venenoso y un dispositivo, el cual contiene una partícula radiactiva con una probabilidad del 50% de desintegrarse en un tiempo dado, de manera que si la partícula se desintegra, el veneno se libera y el gato muere.

Al terminar el tiempo establecido, hay una probabilidad del 50% de que el dispositivo se haya activado y el gato esté muerto, y la misma probabilidad de que el dispositivo no se haya activado y el gato esté vivo.

Según los principios de la mecánica cuántica, la descripción correcta del sistema en ese momento será el resultado de la superposición de los estados "vivo" y "muerto". Sin embargo, una vez abramos la caja para comprobar el estado del gato, éste estará vivo o muerto.

Ahí radica la paradoja. Mientras que en la descripción clásica del sistema el gato estará vivo o muerto antes de que abramos la caja y comprobemos su estado, en la mecánica cuántica el sistema se encuentra en una superposición de los estados posibles hasta que interviene el observador. El paso de una superposición de estados a un estado definido se produce como consecuencia del proceso de medida, y no puede predecirse el estado final del sistema: sólo la probabilidad de obtener cada resultado. La naturaleza del proceso sigue siendo una incógnita, que ha dado lugar a distintas interpretaciones de carácter especulativo.

Así pues, cuando medimos el azar (o el dado divino como decía Einstein) elige uno de los estados, en el que, a partir de ese momento, seguirá la partícula.



Erwin Schrödinger. Fuente imagen: Wikipedia-libre.



7.4. Principio de relatividad especial de Einstein

El origen de la Teoría de la Relatividad surge tras dos fracasos de la Física clásica:

A. El fracaso teórico del electromagnetismo

Las fuerzas magnéticas se aprecian de forma diferente desde dos sistemas de referencia con velocidades diferentes, incumplándose el principio clásico de relatividad. La diferencia se hace llamativa, si consideramos partículas a la velocidad de la luz.

B. El experimento de Michelson y Morley

En este experimento se determinó que todos los observadores, independientemente de su estado de movimiento, miden el mismo valor para la velocidad de la luz en el vacío.

Lorentz trató de explicar este resultado suponiendo que los cuerpos se acortan en un factor:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

Donde v es la velocidad del cuerpo y c es la de la luz.

Einstein, en vez de buscar formas de justificar los resultados inesperados del experimento de **Michelson-Morley** o las contradicciones teóricas del electromagnetismo, decidió construir un nuevo principio a partir de los hechos constatados y en 1905, formuló así el nuevo Principio de la Relatividad.

1. Las leyes de la Física deben ser iguales para observadores en cualquier sistema de referencia inercial. Posteriormente, en 1916, extendería este postulado a observadores en cualquier sistema de referencia.
2. La velocidad de la luz en el vacío es una constante igual para todos los observadores.

¿Qué cambia en este principio con respecto al principio de Galileo?

- Según el nuevo principio de Einstein, el tiempo no puede transcurrir de la misma forma para diferentes observadores, el tiempo no es absoluto, sino que depende del sistema de referencia.
- A velocidades próximas a la de la luz, la longitud de un objeto en movimiento para un observador externo se hace muy pequeña en la dirección del movimiento, aunque se conserva la anchura.
- La masa relativista de una partícula que se mueve aumenta a medida que se acerca a la velocidad de la luz. Por ejemplo la masa relativista de un fotón ($c=v$) es infinita, pero la masa relativista no es una magnitud real en el mismo sentido que lo es la masa en reposo.

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



Fuente Imagen: Relatividad. Proyecto Newton.



Proyecto Newton

“Grandes descubrimientos de la Física”

Unidad Didáctica 2º Bachillerato

La teoría de la Relatividad resulta fundamental para estudiar fenómenos de cuerpos a elevadas velocidades. Nos ha ensanchado campos de conocimiento tan importantes como la Cosmología y nos ha aportado posibilidades técnicas para el presente y para el futuro.

Ejemplo para el futuro:

Los viajes interestelares



Fuente Imagen: Relatividad.
Proyecto Newton.

- Como la velocidad de la luz es inalcanzable, cualquier viaje a otro sistema planetario requiere muchos años entre ida y vuelta.
- Sin embargo, si la velocidad de una nave se aproxima mucho a la de la luz, el tiempo que transcurra para los astronautas en un viaje interestelar, puede ser muy pequeño comparado con el terrestre. **Podremos realizar viajes a los confines del Universo, con la condición de que a nuestro regreso habrá pasado una enorme cantidad de tiempo terrestre.**

Ejemplo para el presente:

La energía nuclear

- La unión de núcleos de átomos ligeros a grandes temperaturas permite formar átomos más pesados, cuya masa es ligeramente inferior a la de los componentes.
- **El defecto de masa se convierte en energía aprovechable por el hombre.** El proyecto ITER persigue construir en pocos años el primer reactor nuclear de fusión comercial.



Estatua dedicada a Einstein ubicada en el Museo de las Ciencias de Granada. Fuente: Wikipedia-Froble



8. La Termodinámica

8.1. Primer principio de la Termodinámica

La **Termodinámica** es la parte de Física que estudia los intercambios de **calor y trabajo** de un sistema de muchas partículas con el entorno exterior y se desarrolló a partir de la necesidad de aumentar la eficiencia de la máquina de vapor, motor de la Revolución Industrial.

La **termodinámica** (del griego; **termo** que significa **calor** y **dínamis** que significa fuerza) estudia los procesos de intercambio de energía térmica y trabajo entre sistemas térmicos diferentes. Así pues, el **calor** es la **energía en tránsito** y **dinámica** se refiere al **movimiento**. Por lo tanto, la termodinámica estudia la circulación de la energía y cómo la energía infunde movimiento.

El primer principio de la termodinámica o principio de conservación de la energía establece que si se realiza trabajo sobre un sistema o bien éste intercambia calor con otro, la energía interna del sistema cambia.

Supongamos que un sistema de muchas partículas gaseosas recibe energía en forma de calor **Q** de un foco caliente (aumenta su energía interna) y realiza trabajo **W** sobre el exterior, expansionando el gas, (disminuye su energía interna). La variación de energía interna de se puede expresar como:

$$E_{\text{entra}} - E_{\text{sale}} = \Delta E_{\text{sistema}}$$

Aplicando el criterio propuesto por la **IUPAC** el primer principio de la Termodinámica o principio de conservación de la energía se puede enunciar como

$$\Delta U = Q - W$$

Donde **U** es la energía interna del sistema (aislado), **Q** es la cantidad de calor aportado al sistema y **W** es el trabajo realizado por el sistema.

En física, la **energía interna** (**U**), es la suma de la energía cinética interna es decir, de las sumas de las energías cinéticas de las individualidades que lo forman y de la energía potencial interna, que es la energía potencial almacenada en los enlaces, de manera que se pondrá de manifiesto cuando unas moléculas se transformen en otras en una reacción química.

Este principio fue propuesto por **Nicolas Léonard Sadi Carnot** en 1824, en su obra "**Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia**". Esta obra, incomprendida por los científicos de su época, fue más tarde utilizada por **Rudolf Clausius** y **Lord Kelvin** para formular, de una manera matemática, las bases de la termodinámica.

Esta expresión $\Delta U = Q - W$ es frecuente encontrarla en la forma $\Delta U = Q + W$. Ambas expresiones, aparentemente contradictorias, son correctas y su diferencia está en que se aplique el convenio de signos IUPAC o el Tradicional.

La IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), establece el siguiente criterio:

- **Positivo** para el trabajo y el calor entregado al sistema.
- **Negativo** para el trabajo y el calor cedido por el sistema.

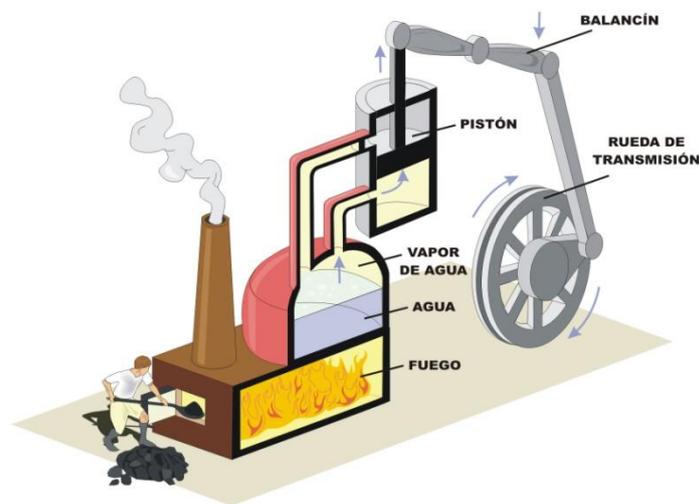


8.1.1. Máquinas térmicas: la máquina de Carnot

Una máquina térmica es aquel dispositivo que obtiene trabajo mecánico mediante aporte de calor, de una fuente o foco caliente, para ceder parte de este calor a la fuente o foco o sumidero frío. La diferencia entre los dos calores es el trabajo mecánico obtenido.

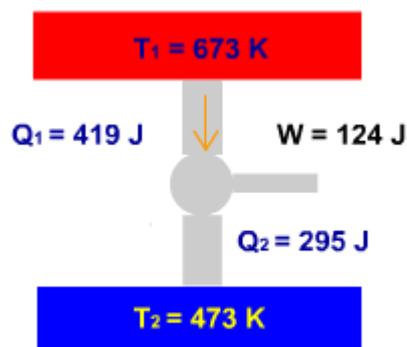
La **máquina de Carnot** es una máquina térmica ideal que utiliza calor para realizar un trabajo. En ella hay un gas sobre el que se ejerce un proceso cíclico de expansión y contracción entre dos temperaturas. El ciclo termodinámico utilizado se denomina **Ciclo de Carnot** y fue estudiado por **Sadi Carnot** alrededor de 1820.

Una máquina de Carnot puede construirse a partir de un cilindro sobre el que discurre un pistón unido a una biela que convierte el movimiento lineal del pistón en movimiento circular.



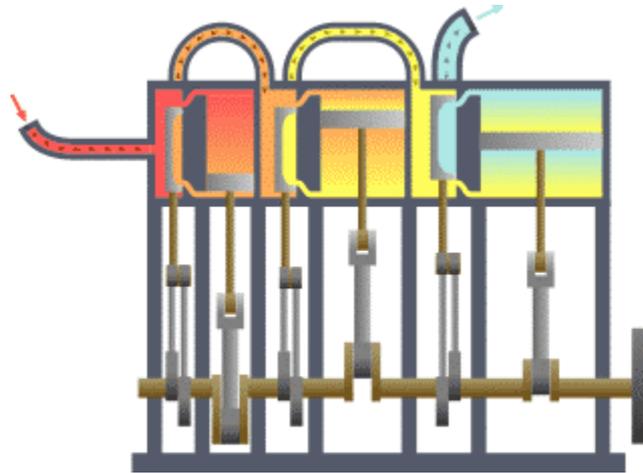
Fuente Imagen. INTEF. José Alberto Bermúdez

El cilindro contiene una cierta cantidad de un gas ideal y la máquina funciona intercambiando calor entre dos fuentes de temperaturas constantes de manera que si $T_1 > T_2$ entonces pasa energía en forma de **Calor** del foco caliente al foco frío. Este paso de energía en forma de calor podemos hacer que nos proporcione **Trabajo**, si hacemos que nuestro "sistema" de muchas partículas recorra muchos **ciclos** entre las temperaturas T_1 y T_2 obteniendo una **máquina térmica**. El esquema del funcionamiento será el siguiente:





Los ciclos se realizan en cuatro etapas. Las transferencias de calor entre las fuentes y el gas se hacen isotérmicamente, es decir, manteniendo la temperatura constante. Esta parte del proceso es, por lo tanto, reversible. El ciclo se completa con una expansión y una compresión adiabáticas, es decir, sin intercambio de calor, por lo que esta parte del ciclo es también reversible. A estas etapas se las conocen como **ciclo de Carnot**.



Fuente imagen: Wikipedia- Emoscopes.

Sistema termodinámico típico mostrando la entrada desde una fuente de calor (caldera) a la izquierda y la salida a un disipador de calor (condensador) a la derecha. El trabajo se extrae en este caso por una serie de pistones.

8.2. Segundo principio de la Termodinámica

El primer principio de la termodinámica nos indica que la energía se conserva, pero no nos puede predecir si un determinado proceso se producirá de forma espontánea o no.

Veamos dos ejemplos de procesos que ocurren espontáneamente en la naturaleza.

1.- Dos cuerpos a diferentes temperaturas puestos en contacto entre sí y térmicamente aislados del exterior, alcanzan finalmente la misma temperatura y la cantidad de calor cedida por el cuerpo más caliente es igual a la recibida por el más frío.

2.- Una masa dotada de velocidad y por tanto con energía cinética se lanza por un plano horizontal con rozamiento y al cabo del tiempo acaba parándose. La energía cinética de la masa ha pasado al suelo y la masa se ha calentado. La energía cinética perdida por masa es igual a la cantidad de energía absorbida en forma de calor por el suelo y la masa.

Sin embargo **no tienen lugar espontáneamente** los siguientes hechos.

1.- Dos cuerpos inicialmente a la misma temperatura, uno se enfría y otro se calienta, de manera que, la cantidad de calor que pierde el que se enfría sea igual a la cantidad de calor que gana el que se calienta.

2.- Un plano horizontal con rozamiento y una masa en reposo sobre el mismo. Estando ambos a elevada temperatura, la masa adquiere energía cinética y empieza a moverse, a costa de disminuir la temperatura del plano y de la masa. La energía cinética sería igual a la energía cedida en forma de calor por el plano y la masa al disminuir su temperatura.



El segundo principio de la termodinámica establece límites a la interconversión de calor en trabajo al indicar que:

"El trabajo puede convertirse en calor; sin embargo, el calor no puede convertirse por entero en trabajo."



Fuente imágenes: Termoquímica 2º Bachillerato. Proyecto Newton.

El hecho de que la transformación de trabajo en calor no es un proceso completamente reversible obligó a los físicos a definir una nueva magnitud (también función de estado). Esta propiedad del sistema se denomina **entropía (S)** y **Clausius** (1822-1888) fue el primero en introducirla.

El **Segundo Principio de la Termodinámica** se enuncia en función de la entropía de la siguiente forma:

Cualquier transformación que se produzca en un sistema aislado, la entropía del mismo aumenta o permanece constante. Nunca disminuye.

$$S_2 - S_1 > 0 \text{ ó } S_2 - S_1 = 0$$

Por lo tanto, los procesos que impliquen un aumento de entropía serán espontáneos y los que impliquen una disminución de entropía no serán espontáneos.

La entropía es una magnitud que permite determinar la parte del calor que no puede utilizarse para producir trabajo. Su valor, en un sistema aislado, crece en el transcurso de un proceso que se dé de forma natural (irreversible). La entropía describe la irreversibilidad de los sistemas termodinámicos reales.

La palabra **entropía** procede del griego (έντροπία) y significa evolución o transformación.



Proyecto Newton

"Grandes descubrimientos de la Física"

Unidad Didáctica 2º Bachillerato

Cualitativamente un sistema posee más entropía cuanto más "desordenado" se encuentre. Así pues, cualquier sustancia pura, tendrá más entropía en estado de vapor o gas, menor entropía en estado líquido y la mínima entropía en estado sólido en donde sus moléculas están lo más ordenadas posible formando el retículo cristalino mientras en estado gaseoso su entropía será máxima con las moléculas moviéndose al azar con distintas velocidades y ocupando todo el volumen del recipiente.

$$S_{\text{sólido}} < S_{\text{líquido}} < S_{\text{vapor}}$$

Cuando un sistema gana energía en forma de calor a una determinada temperatura, **aumenta su entropía**, ya que el "calor" es una energía muy desordenada y, cuando un sistema pierde energía en forma de calor a una determinada temperatura ocurre lo contrario; **disminuye su entropía**.

$$S_2 - S_1 = Q/T$$

El concepto de entropía se desarrolló como respuesta a las observaciones en las primeras máquinas de vapor como la de **Thomas Savery** en 1698, la de **Newcomen** en 1712 o el automóvil **Cugnot** en 1769 que eran ineficientes ya que solo aprovechaban en trabajo útil menos del 2% dos por ciento de la energía de entrada, la mayor parte de la energía útil se disipa o se pierde por fricción.



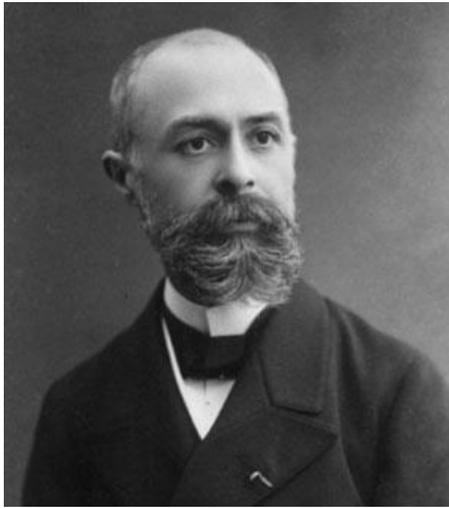
Fardier de Cugnot, primer automóvil a vapor. Fuente imagen: Wikipedia- Roby

Un enunciado alternativo del segundo principio de la Termodinámica podría ser:

El rendimiento de una máquina térmica no puede ser jamás del 100%



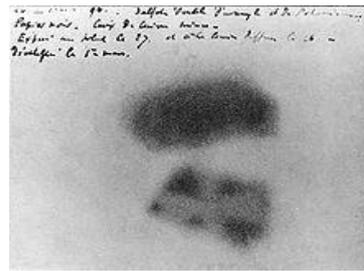
9. Radiactividad



Fuente imágenes: Wikipedia-libre

La radiactividad o radioactividad es la propiedad que tienen ciertas sustancias de emitir radiaciones.

Fue descubierta accidentalmente en 1896, por el físico francés **Antoine Henri Becquerel (1852–1908)**, al comprobar que una placa fotográfica se ennegrecía al colocar cerca de ella sales de uranio.



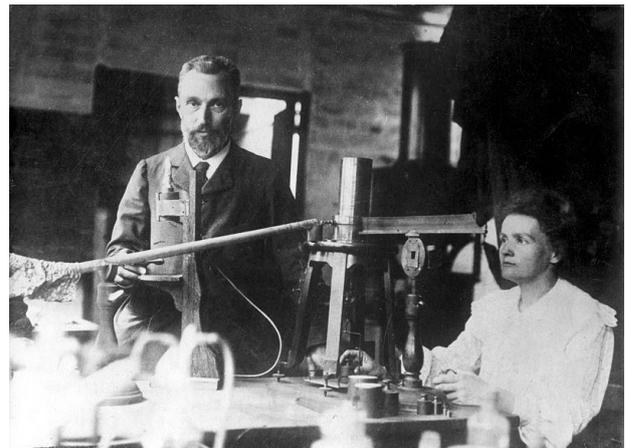
Las sales de uranio emiten una radiación capaz de atravesar sustancias opacas a la luz ordinaria. En la imagen se observa la sombra de una Cruz de Malta colocada entre la placa y la sal de uranio.

Estos rayos se denominaron en un principio **rayos Becquerel** en honor a su descubridor.

Hoy sabemos que esa radiación incluye los **rayos gamma** y las partículas α y β . Las partículas α y β llevan una onda asociada que fue postulada por De Broglie y las radiaciones gamma son ondas electromagnéticas más energéticas que los rayos X.

Marie y Pierre Curie estudiando la radiactividad natural en la **pechblenda** una variedad impura de uraninita, observaron que esta era muchísimo más radiactiva que el uranio que se extraía de ella. Este hecho les induce a pensar que la pechblenda contiene otras sustancias radiactivas distintas al uranio. Tras varios años de trabajo, logran aislar dos nuevos elementos químicos, el polonio y el radio.

En 1903, compartieron el Premio Nobel de Física con **Becquerel**.

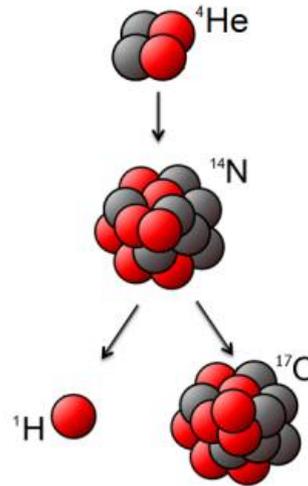


Fuente imagen: Wikipedia-libre



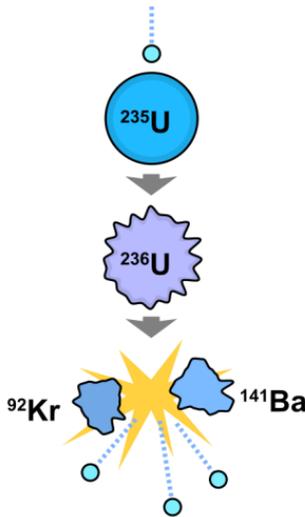
Ernest Rutherford junto con su discípulo **Frederick Soddy**, consiguió, el objetivo de los alquimistas:

"La primera transmutación artificial"



Fuente imágenes:
Wikipedia-libre

Los alemanes **Otto Hahn y Fritz Strassmann** descubren el proceso de fisión nuclear en el uranio.



Una vez que la fisión nuclear fue aceptada por la comunidad científica, Hahn continuó sus experimentos y comprobó las enormes cantidades de energía que se liberan en el proceso de fisión, cuando se bombardeaba uranio con un chorro de neutrones.



Otto Hahn. Fuente imágenes:
Wikipedia-libre



Proyecto Newton
“Grandes descubrimientos de la Física”
Unidad Didáctica 2º Bachillerato

A lo largo de las páginas anteriores hemos visto un recorrido de varios siglos en la Historia del Hombre y de la Física. Pero los científicos y los descubrimientos que se han visto no son los únicos.

No se debe olvidar las contribuciones hechas a la ciencia por:

Eratóstenes	Georg Simon Ohm	Gustav Robert Kirchhoff
Herón	Otto von Guericke	Wilhelm Conrad Röntgen,
William Ockham	Daniel Bernoulli	Johannes Robert Rydberg
William Gilbert	James Watt	Arthur Holly Compton
Francis Bacon	James Prescott Joule	Paul Adrien Maurice Dirac
René Descartes	Augustin Jean Fresnel	William Henry y William Lawrence Bragg
Robert Hooke	Jean Bernard Léon Foucault	
Edmond Halley	Jules Henri Poincaré	...
Giuseppe Luigi Lagrange		

...y muchos más.



10. Evaluación

1. Relaciona el descubridor con su descubrimiento

Tycho Brahe	Movimiento de los astros
Sadi Carnot	Mecánica cuántica
Erwin Schrödinger	Ondas luminosas
Christiaan Huygens	Presión atmosférica
Antoine Henri Becquerel	Máquinas térmicas
Evangelista Torricelli	Radioactividad

2. Relaciona cada descubrimiento con su edad histórica.

Willebrord Snel	Fisión nuclear
Giordano Bruno	Campo magnético
Öersted	Reflexión de la luz
Otto Hahn	Infinitos mundos
Albert Einstein	Relatividad especial



3. Relaciona cada elemento de la izquierda con los de la derecha.

Corriente continua	Ptolomeo
Espectrómetro de masas	Edison
Geocentrismo	Blaise Pascal
Transmisión de sonidos	Fuerza de Lorenz
Prensa hidráulica	Antonio Meucci

4. Completa el siguiente texto.

"Todos los se atraen unos a otros con una fuerza proporcional al producto de sus masas e proporcional al cuadrado de la distancia que separa sus centros".

Si en una región del espacio existe un campo (B) uniforme y una (q) que se desplaza con una velocidad (v)*perpendicular al campo, la fuerza que actúa sobre la carga es siempre perpendicular a la velocidad, luego provoca una normal que hace que se curve la trayectoria y se genera un movimiento* circular en el que la fuerza magnética actúa de fuerza o centripeta y en el que el módulo de la velocidad permanece constante, por no existir ninguna fuerza

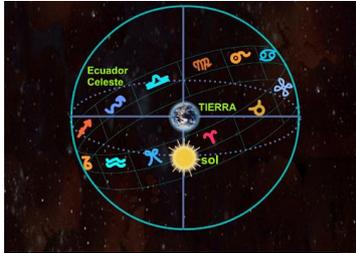
Las leyes de la son invariantes respecto de todos los de referencia que se muevan unos con respecto a otros con movimiento rectilíneo y uniforme (sistemas* inerciales).

normal objetos sistemas mecánica tangencial. carga aceleración inversamente magnético directamente



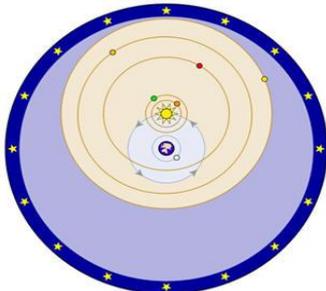
Proyecto Newton
"Grandes descubrimientos de la Física"
Unidad Didáctica 2º Bachillerato

5. Responde las preguntas de este cuestionario. Si tu resultado es superior al 80% sigue adelante, si no deberías repasar lo estudiado. **Imágenes procedentes de Wikipedia y del Banco de Imágenes del INTEF.**



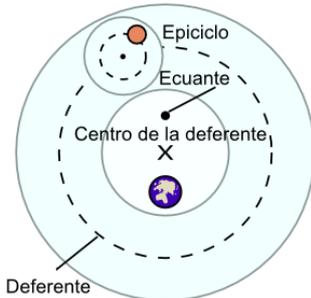
1. El camino que atraviesa el Sol en su movimiento aparente alrededor de la Tierra se llama...

- Equinoccio
- Eclíptica



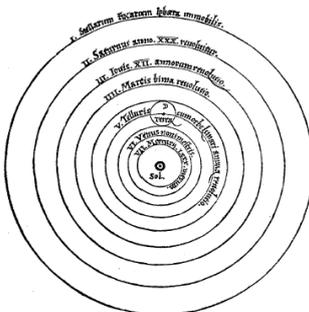
2. Este modelo del Universo: "El Sol y la Luna giran alrededor de la Tierra. Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno giran alrededor del Sol" fue enunciado por...

- Copérnico
- Aristóteles
- Brahe
- Ptolomeo



3. La imagen de la derecha representa la visión del cielo según:

- Aristóteles
- Copérnico
- Kepler
- Ptolomeo



4. Según....

"El Sol está inmóvil en el centro de las estrellas fijas, que no poseen ningún movimiento. La Tierra y los demás planetas giran en órbitas circulares respecto al Sol."

- Brahe
- Copérnico
- Aristarco de Samos
- Galileo



5. ¿Quién refutó la teoría geocéntrica y confirmó la hipótesis heliocéntrica propuesta por Copérnico a partir del descubrimiento de montañas en la Luna, de los satélites de Júpiter, de las fases de Venus y del descubrimiento de nuevas estrellas?

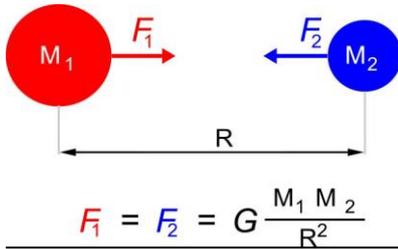
- Brahe
- Copérnico
- Galileo
- Kepler



Proyecto Newton

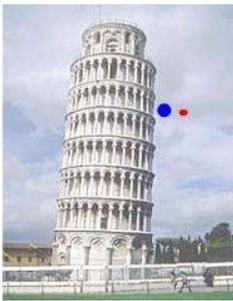
"Grandes descubrimientos de la Física"

Unidad Didáctica 2º Bachillerato



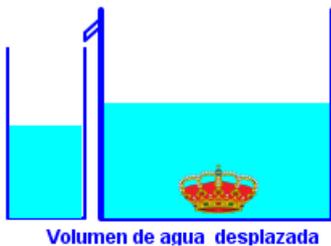
6. ¿Quién enunció la siguiente ley? "Todos los objetos se atraen unos a otros con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa sus centros".

- Galileo Galilei
- Isaac Newton
- Giordano Bruno
- Johannes Kepler



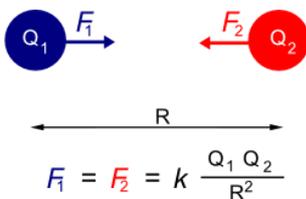
7. Si dos cuerpos con distinta masa se dejan caer simultáneamente desde la misma altura sobre la superficie de la Tierra, el cuerpo con mayor masa llega antes al suelo.

- Verdadero
- Falso



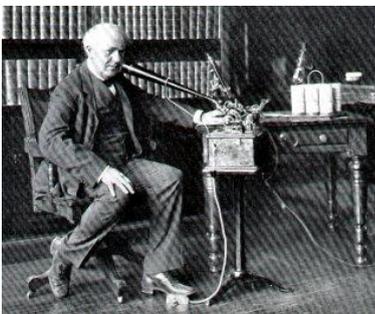
8. ¿Quién dijo que: todo cuerpo sumergido en un fluido sufre una fuerza vertical y hacia arriba igual al peso del fluido que desaloja la parte sumergida del cuerpo?

- Pascal
- Arquímedes
- Torricelli



9. ¿Quién enunció la siguiente ley: "La fuerza con que interacciona (se atraen o se repelen) dos cuerpos cargados es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que la separa"?

- Charles-Augustin de Coulomb
- Benjamin Franklin
- Pieter van Musschenbroek



10. ¿Quién construyó la primera central eléctrica comercial del mundo, para satisfacer las necesidades de electricidad de los nuevos sistemas de iluminación eléctricos y los nuevos motores eléctricos?

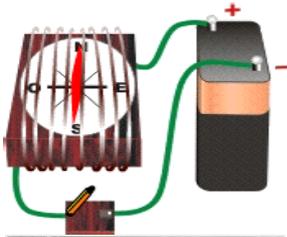
- Nikola Tesla
- George Westinghouse
- Thomas Alva Edison



Proyecto Newton

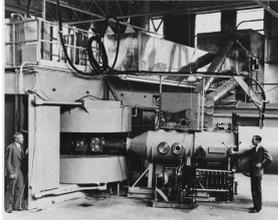
"Grandes descubrimientos de la Física"

Unidad Didáctica 2º Bachillerato



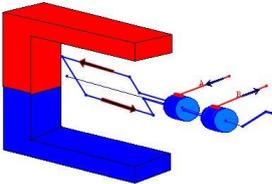
11. Las corrientes eléctricas, es decir, las partículas cargadas en movimiento, crean un campo...

- Gravitatorio
- Eléctrico
- Magnético



12. El ciclotrón es un aparato que se basa en las fuerzas de...

- Newton
- Lorenz
- Coulomb



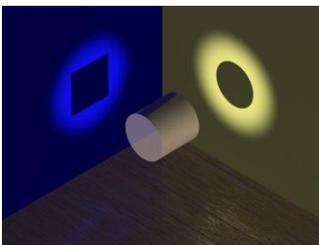
13. El proceso mediante el cual los campos magnéticos generan campos eléctricos se llama...

- Inducción magnética
- Inducción eléctrica



14. El carácter ondulatorio de la luz fue propuesto por...

- Isaac Newton
- Christiaan Huygens
- Louis De Broglie



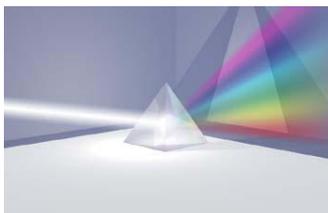
15. La luz, cuando se propaga se comporta como una onda, pero cuando interacciona con la materia se comporta como una partícula."

- Isaac Newton
- Christiaan Huygens
- Louis De Broglie



16. ¿A quien se le considera el padre de la radio y de las telecomunicaciones inalámbricas?

- Morse
- Marconi
- Bell

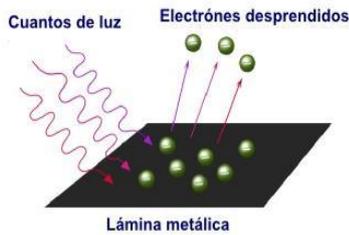


17. ¿Qué parte de la óptica trata a la luz como un conjunto de rayos luminosos que cumplen el principio de Fermat?

- La óptica geométrica
- La óptica electromagnética
- La óptica cuántica



Proyecto Newton
“Grandes descubrimientos de la Física”
Unidad Didáctica 2º Bachillerato



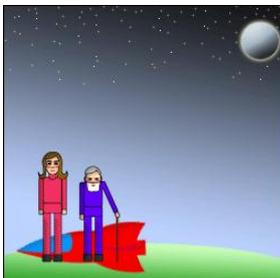
18. A la capacidad de la luz de arrancar electrones de un metal se llama...

- Efecto fotoeléctrico
- Efecto Compton

$$\Delta\lambda \cdot \Delta p_x \geq h$$

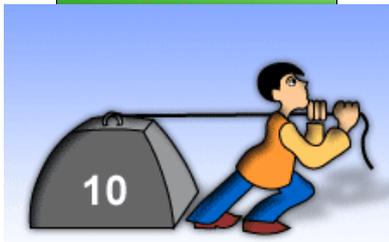
19. Esta expresión corresponde ...

- al principio de incertidumbre de Heisenberg
- a la dualidad onda-corpúsculo de Louis De Broglie
- a la relatividad especial de Einstein



20. Según el nuevo principio de Einstein, el tiempo transcurre de la misma forma para diferentes observadores.

- Falso
- Verdadero



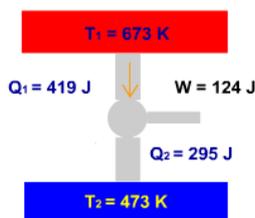
21. Según el nuevo principio de Einstein, la masa relativista de una partícula que se mueve, aumenta a medida que se acerca a la velocidad de la luz.

- Falso
- Verdadero



22. Según el nuevo principio de Einstein, a velocidades próximas a la de la luz, la longitud de un objeto en movimiento para un observador externo aumenta en la dirección del movimiento, aunque se conserva la anchura.

- Verdadero
- Falso



23. La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma de unas formas en otras.

- Tercer principio de la termodinámica
- Segundo principio de la termodinámica
- Primer principio de la termodinámica



24. “El trabajo puede convertirse en calor; sin embargo, el calor no puede convertirse por entero en trabajo.”

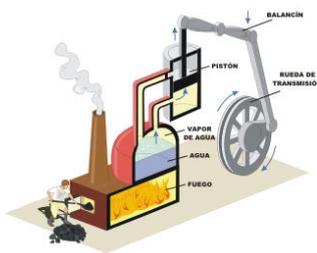


- Tercer principio de la termodinámica
- Segundo principio de la termodinámica
- Primer principio de la termodinámica

25. Cualquier transformación que se produzca en un sistema aislado, la entropía del mismo aumenta o permanece constante. Nunca disminuye.

$S_2 - S_1 > 0$ ó $S_2 - S_1 = 0$

- Tercer principio de la termodinámica
- Segundo principio de la termodinámica
- Primer principio de la termodinámica



26. Dispositivo que obtiene trabajo mecánico mediante aporte de calor de una fuente o foco caliente.

- Máquina térmica
- Máquina neumática

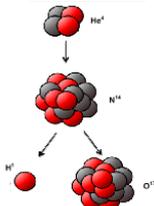
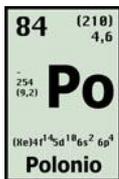
27. Físico que en 1896 descubrió accidentalmente la radiactividad.



- Wilhelm Röntgen
- Antoine Henri Becquerel
- William Crookes

28. Descubridores del polonio y el radio.

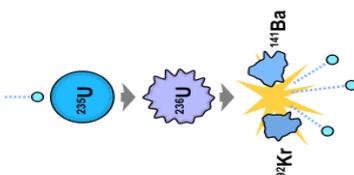
- Pierre y Marie Curie
- Antoine Henri Becquerel y Pierre Curie



29. Junto con su discípulo Frederick Soddy consiguió, el objetivo de los alquimistas, la primera transmutación artificial.

- Ernest Rutherford
- J. J. Thomson
- Niels Böh

30. Descubridor del proceso de fisión nuclear en el uranio.

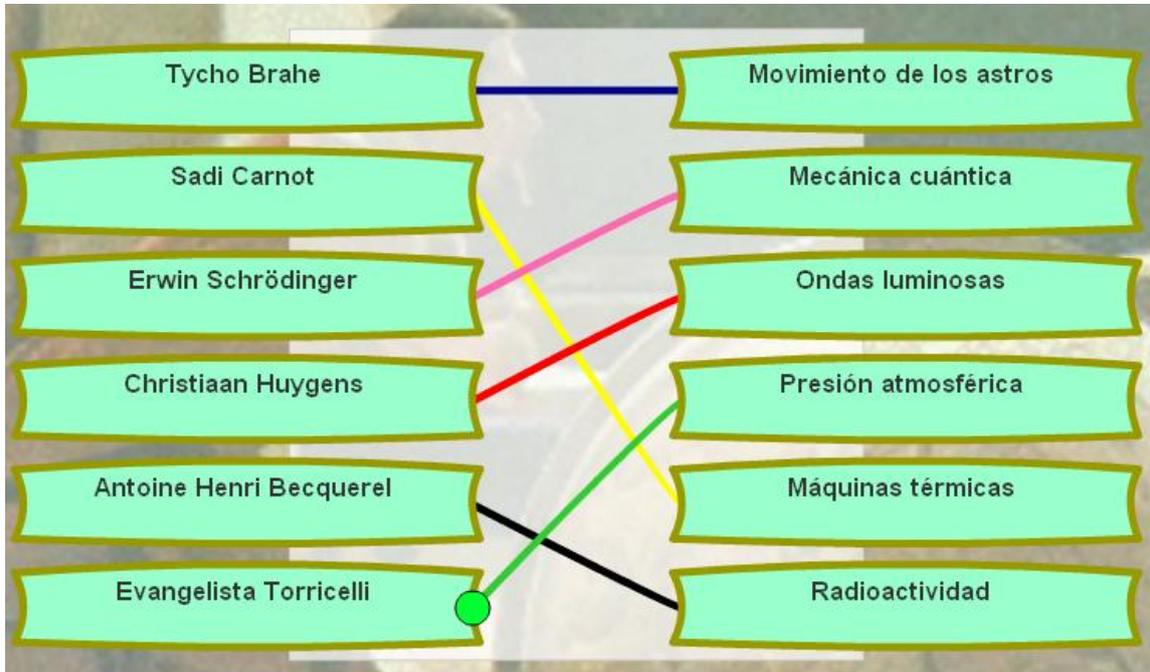


- Otto Hahn
- Frederick Soddy
- Emilio Gino Segré



9.2. Soluciones

1. Relaciona cada descubridor con su descubrimiento.



2. Relaciona cada descubrimiento con su descubridor.





3. Relaciona cada elemento de la izquierda con los de la derecha.

Corriente continua	Edison
Espectrómetro de masas	Fuerza de Lorenz
Geocentrismo	Ptolomeo
Transmisión de sonidos	Antonio Meucci
Prensa hidráulica	Blaise Pascal

4. Completa el siguiente texto.

"Todos los **objetos** se atraen unos a otros con una fuerza **directamente** proporcional al producto de sus masas e **inversamente** proporcional al cuadrado de la distancia que separa sus centros".

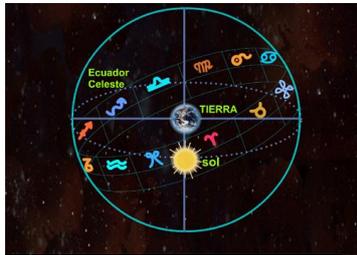
Si en una región del espacio existe un campo **magnético** (B) uniforme y una **carga** (q) que se desplaza con una velocidad (v)*perpendicular al campo, la fuerza que actúa sobre la carga es siempre perpendicular a la velocidad, luego provoca una **aceleración** normal que hace que se curve la trayectoria y se genera un movimiento* circular en el que la fuerza magnética actúa de fuerza **normal** o centripeta y en el que el módulo de la velocidad permanece constante, por no existir ninguna fuerza **tangencial**.

Las leyes de la **mecánica** son invariantes respecto de todos los **sistemas** de referencia que se muevan unos con respecto a otros con movimiento rectilíneo y uniforme (sistemas* inerciales).



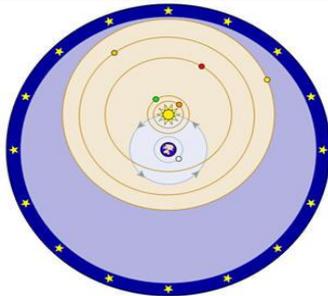
Proyecto Newton
"Grandes descubrimientos de la Física"
Unidad Didáctica 2º Bachillerato

5. Responde las preguntas de este cuestionario. Si tu resultado es superior al 80% sigue adelante, si no deberías repasar lo estudiado. **La respuesta correcta está en rojo.**



1. El camino que atraviesa el Sol en su movimiento aparente alrededor de la Tierra se llama...

- Equinoccio
- **Eclíptica**



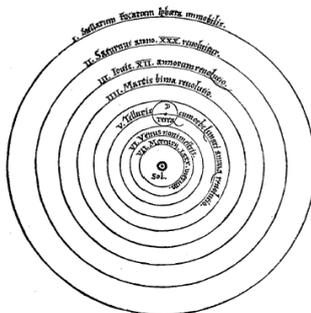
2. Este modelo del Universo: "El Sol y la Luna giran alrededor de la Tierra. Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno giran alrededor del Sol" fue enunciado por...

- Copérnico
- Aristóteles
- **Brahe**
- Ptolomeo



3. La imagen de la derecha representa la visión del cielo según:

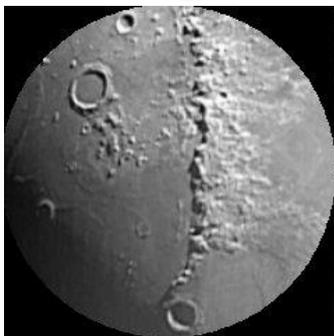
- Aristóteles
- Copérnico
- Kepler
- **Ptolomeo**



4. Según....

"El Sol está inmóvil en el centro de las estrellas fijas, que no poseen ningún movimiento. La Tierra y los demás planetas giran en órbitas circulares respecto al Sol."

- Brahe
- **Copérnico**
- Aristarco de Samos
- Galileo



5. ¿Quién refutó la teoría geocéntrica y confirmó la hipótesis heliocéntrica propuesta por Copérnico a partir del descubrimiento de montañas en la Luna, de los satélites de Júpiter, de las fases de Venus y del descubrimiento de nuevas estrellas?

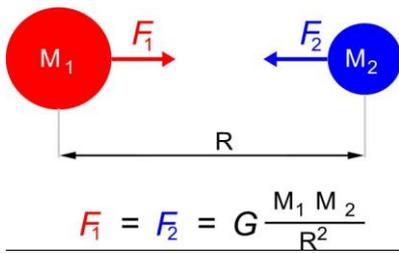
- Brahe
- Copérnico
- **Galileo**
- Kepler



Proyecto Newton

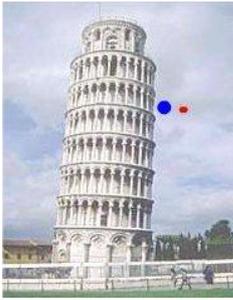
"Grandes descubrimientos de la Física"

Unidad Didáctica 2º Bachillerato



6. ¿Quién enunció la siguiente ley? "Todos los objetos se atraen unos a otros con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa sus centros".

- Galileo Galilei
- **Isaac Newton**
- Giordano Bruno
- Johannes Kepler



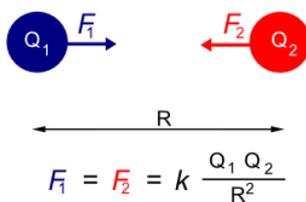
7. Si dos cuerpos con distinta masa se dejan caer simultáneamente desde la misma altura sobre la superficie de la Tierra, el cuerpo con mayor masa llega antes al suelo.

- Verdadero
- **Falso**



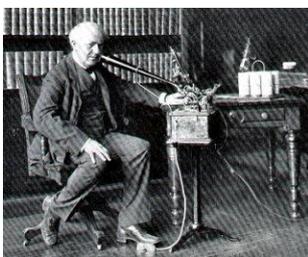
8. ¿Quién dijo que: todo cuerpo sumergido en un fluido sufre una fuerza vertical y hacia arriba igual al peso del fluido que desaloja la parte sumergida del cuerpo?

- Pascal
- **Arquímedes**
- Torricelli



9. ¿Quién enunció la siguiente ley: "La fuerza con que interacciona (se atraen o se repelen) dos cuerpos cargados es directamente proporcional al producto de sus cargas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que la separa"?

- **Charles-Augustin de Coulomb**
- Benjamin Franklin
- Pieter van Musschenbroek



10. ¿Quién construyó la primera central eléctrica comercial del mundo, para satisfacer las necesidades de electricidad de los nuevos sistemas de iluminación eléctricos y los nuevos motores eléctricos?

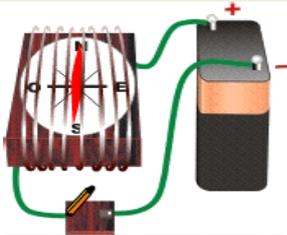
- Nikola Tesla
- George Westinghouse
- **Thomas Alva Edison**



Proyecto Newton

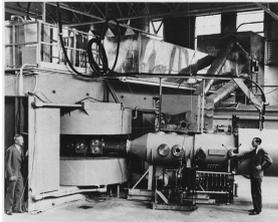
"Grandes descubrimientos de la Física"

Unidad Didáctica 2º Bachillerato



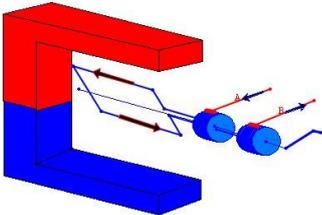
11. Las corrientes eléctricas, es decir, las partículas cargadas en movimiento, crean un campo...

- Gravitatorio
- Eléctrico
- **Magnético**



12. El ciclotrón es un aparato que se basa en las fuerzas de...

- Newton
- **Lorenz**
- Coulomb



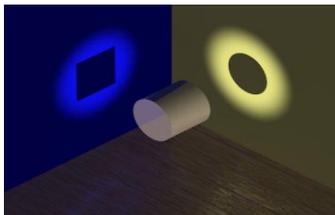
13. El proceso mediante el cual los campos magnéticos generan campos eléctricos se llama...

- **Inducción magnética**
- Inducción eléctrica



14. El carácter ondulatorio de la luz fue propuesto por...

- Isaac Newton
- **Christiaan Huygens**
- Louis De Broglie



15. La luz, cuando se propaga se comporta como una onda, pero cuando interacciona con la materia se comporta como una partícula."

- Isaac Newton
- Christiaan Huygens
- **Louis De Broglie**



16. ¿A quien se le considera el padre de la radio y de las telecomunicaciones inalámbricas?

- Morse
- **Marconi**
- Bell

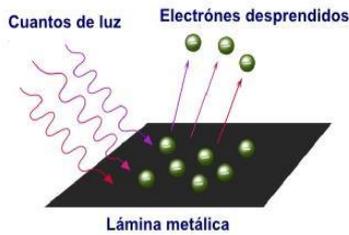


17. ¿Qué parte de la óptica trata a la luz como un conjunto de rayos luminosos que cumplen el principio de Fermat?

- **La óptica geométrica**
- La óptica electromagnética
- La óptica cuántica



Proyecto Newton
“Grandes descubrimientos de la Física”
Unidad Didáctica 2º Bachillerato



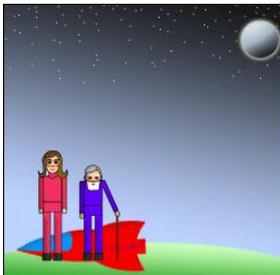
18. A la capacidad de la luz de arrancar electrones de un metal se llama...

- **Efecto fotoeléctrico**
- Efecto Comptom

$$\Delta\lambda \cdot \Delta p_x \geq h$$

19. Esta expresión corresponde ...

- **al principio de incertidumbre de Heisenberg**
- a la dualidad onda-corpúsculo de Louis De Broglie
- a la relatividad especial de Einstein



20. Según el nuevo principio de Einstein, el tiempo transcurre de la misma forma para diferentes observadores.

- **Falso**
- Verdadero

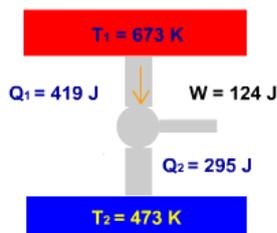


21. Según el nuevo principio de Einstein, la masa relativista de una partícula que se mueve aumenta, a medida que se acerca a la velocidad de la luz.

- Falso
- **Verdadero**

22. Según el nuevo principio de Einstein, a velocidades próximas a la de la luz, la longitud de un objeto en movimiento para un observador externo aumenta en la dirección del movimiento, aunque se conserva la anchura.

- Verdadero
- **Falso**



23. La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma de unas formas en otras.

- Tercer principio de la termodinámica
- Segundo principio de la termodinámica
- **Primer principio de la termodinámica**



Proyecto Newton

"Grandes descubrimientos de la Física"

Unidad Didáctica 2º Bachillerato



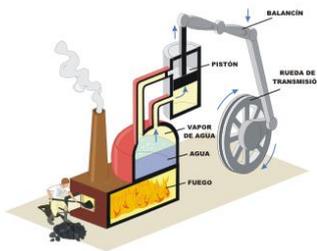
24. "El trabajo puede convertirse en calor; sin embargo, el calor no puede convertirse por entero en trabajo."

- Tercer principio de la termodinámica
- **Segundo principio de la termodinámica**
- Primer principio de la termodinámica

$S_2 - S_1 > 0$ ó $S_2 - S_1 = 0$

25. Cualquier transformación que se produzca en un sistema aislado, la entropía del mismo aumenta o permanece constante. Nunca disminuye.

- Tercer principio de la termodinámica
- **Segundo principio de la termodinámica**
- Primer principio de la termodinámica



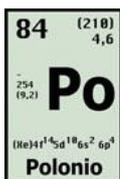
26. Dispositivo que obtiene trabajo mecánico mediante aporte de calor de una fuente o foco caliente.

- **Máquina térmica**
- Máquina neumática



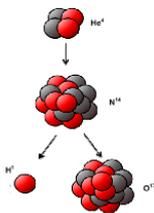
27. Físico que en 1896 descubrió accidentalmente la radiactividad.

- Wilhelm Röntgen
- **Antoine Henri Becquerel**
- William Crookes



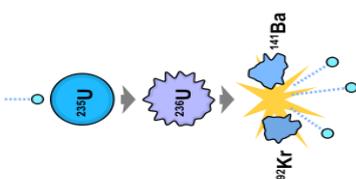
28. Descubridores del polonio y el radio.

- **Pierre y Marie Curie**
- Antoine Henri Becquerel y Pierre Curie



29. Junto con su discípulo Frederick Soddy consiguió, el objetivo de los alquimistas, la primera transmutación artificial.

- **Ernest Rutherford**
- J. J. Thomson
- Niels Böhr



30. Descubridor del proceso de fisión nuclear en el uranio.

- **Otto Hahn**
- Frederick Soddy
- Emilio Gino Segré