

Cuando tenemos una vibración periódica podemos definir dos conceptos muy importantes y que los usaremos frecuentemente mas adelante. Estos son los conceptos de frecuencia y periodo.

Frecuencia (f) se define como el número de ciclos u oscilaciones que realiza un cuerpo en un determinado tiempo (generalmente en un segundo). Operacionalmente la frecuencia la podemos calcular como sigue:

$$Frecuencia (f) = \frac{\text{numero de ciclos}}{\text{tiempo}}$$

La unidad de medida más utilizada para la frecuencia es el Hertz (Hz), la que significa número de ciclos en un segundo. Por ejemplo si tenemos 3 Hz, esto significa que un determinado objeto realice 3 ciclos u oscilaciones en un segundo. En algunas ocasiones aparecen las unidades de medida rps o rpm para la frecuencia, las cuales significan revoluciones (o ciclos) por segundo y revoluciones (o ciclos) por minuto, respectivamente.

Importante es dejar claro que se usara indistintamente el concepto de ciclo, vibración u oscilación. Los tres conceptos indicaran lo mismo.

Por otra parte, **el periodo (T)** se define como el tiempo que demora un objeto en cumplir un ciclo. La unidad de medida del periodo, en el S.I, es el segundo (s).

No es tan difícil darse cuenta que la frecuencia y el periodo son dos conceptos inversamente proporcionales, por lo tanto hay una relación matemática que vincula ambos conceptos.

$$T = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{1}{T}$$

3. *Tono e intensidad del sonido*

El **tono de un sonido** es la cualidad de agudo (alto) o grave (bajo) de un sonido. Diremos que, en general, la voz de una mujer es aguda y la voz de un hombre es grave (¡aunque esto no siempre es así!). Como el escuchar un sonido agudo o grave es un tanto subjetivo, y que depende de quien lo perciba, se dice que el tono de un sonido es una característica psicoacústica.

La experiencia demuestra que el tono de un sonido depende de la frecuencia de la vibración, mientras mayor sea la frecuencia el sonido es percibido más agudo y mientras menor es la frecuencia el tondo del sonido es percibido más grave.

Intensidad (W/m ²)	Nivel de Intensidad (dB)	Tipos de Sonido
10 ⁻¹²	0	Sonido apenas audible
10 ⁻¹¹	10	Ruido de las hojas con el viento
10 ⁻¹⁰	20	Susurro
10 ⁻⁶	60	Conversación ordinaria
10 ⁻⁵	70	Tráfico pesado en la calle
10 ⁻²	100	Martillo Hidráulico
1	120	Doloroso

Tabla 1. Nivel de intensidad sonora de algunos sonidos comunes.

El sonido es producido por un movimiento vibratorio

En palabras simples diremos que la **intensidad del sonido** es el “volumen” con que escuchamos un determinado sonido. La intensidad del sonido está relacionado con la amplitud de la vibración. Mientras mayor amplitud tenga la vibración, mayor será la intensidad del sonido.

En estricto rigor se dice que la intensidad del sonido es la potencia acústica por unidad de área o la energía transportada por unidad de tiempo y de superficie.

Cuando se tiene una fuente sonora este emite ondas sonoras esféricas y que se alejan radialmente de la fuente sonora, de modo que la intensidad del sonido, para esta situación se calcula como sigue:

$$I = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

La unidad de medida de la potencia acústica es watt/m², en el S.I.

La unidad de medida más común para la intensidad del sonido es el decibel (*db*), en honor al nombre del inventor Alexander Gram Bell.

Para convertir intensidades del sonido de la unidad watt/m² a decibeles (*db*), se usa la siguiente relación:

$$db = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Donde *I* es la intensidad (en watts por metro cuadrado) del sonido que se quiere convertir e *I*₀ es la intensidad umbral de audición, *I*₀ = **10⁻¹² watt/m²**

4. Transmisión del sonido

El sonido está relacionado con las vibraciones de los cuerpos materiales. Siempre que escuchamos un sonido, hay un cuerpo material que vibra y produce el sonido. Por ejemplo, cuando una persona habla, el sonido que emite es producido por las vibraciones de sus cuerdas vocales; cuando tocamos un tambor, un pedazo de madera o metal, estos cuerpos vibran y emiten sonido; las cuerdas de un piano o un violín también son sonoras cuando vibran. Todos estos cuerpos son fuentes de sonido, que al vibrar producen ondas que se propagan en un medio material (sólido, líquido o gaseoso).

El sonido es una onda longitudinal, porque el movimiento de las moléculas del aire es paralelo a la dirección del movimiento de la

onda.



Puedes escuchar el sonido del timbre cuando hay aire dentro de la campana, pero no cuando extraes el aire

Figura 2. En el vacío las ondas sonoras no se propagan

Material	Velocidad V (m/s)
Aire	331.45
Oxígeno	316
Helio	965
Hidrógeno	1284
Agua	1402
Agua (20 °C)	1482
Agua (50 °C)	1543
Aluminio	5100
Cobre	3560

Tabla 2. Velocidad del sonido en algunas sustancias comunes

La velocidad de una onda sonora en el aire depende de la temperatura del mismo; en el aire al nivel del mar, y a temperatura ambiente (20 °C), el sonido viaja a 343 (m/s); también se propaga en sólidos y líquidos. No se propaga en el vacío debido a la ausencia de partículas para que se muevan y choquen entre sí. En general, la velocidad del sonido es mayor en los sólidos y en los líquidos que en los gases.

5. Reflexión y absorción del sonido

Al igual que una pelota rebota en un muro, el sonido al llegar a algún obstáculo este “rebota” con tal obstáculo. Cuando sucede esto con el sonido se dice que el sonido se refleja. Al reflejarse el sonido este cambia de dirección y además hay una cierta cantidad de energía que se pierde producto de la **reflexión del sonido**.

Un fenómeno que se desprende de la reflexión del sonido es el eco. **El eco** es producto de la reflexión del sonido en algún obstáculo, el que provoca que el sonido vuelva a ser escuchado por quién lo emitió.

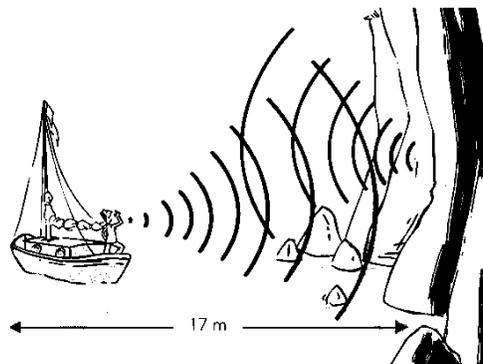


Figura 3. La mínima distancia a la que debe estar la fuente sonora del obstáculo, para producir eco, es 17 m

Otro fenómeno particular de la reflexión del sonido es la reverberación. **La reverberación** se produce cuando el sonido se refleja varias veces en algún obstáculo y estas múltiples reflexiones hacen confuso tal sonido. Es común que en lugares con mala acústica, como en algunas iglesias, el sonido escuchado se hace confuso como consecuencias de las múltiples reflexiones del sonido en las paredes.

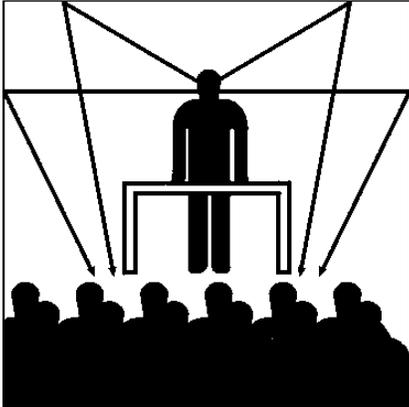


Figura 4. La reverberación se produce múltiples reflexiones del sonido en las paredes del lugar, esto hace confuso tal sonido

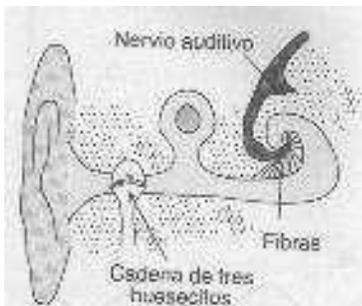


Figura 5. El oído

Además de reflejarse, el sonido también puede ser absorbido por materiales de baja densidad, como cortinas, alfombras, esponjas, etc. Estos materiales, por ser poco densos, tienen múltiples cavidades con aire en su interior. Esto hace que el sonido se refleje varias veces en estas cavidades hasta perderse. Se dice que estos materiales han absorbido el sonido. A esto se le llama **absorción del sonido**.

Como consecuencia de la absorción y reflexión del sonido, tenemos que en una casa vacía es más fácil que se produzca eco o reverberación, ya que no hay materiales bajos en densidad (como cortinas o alfombras) que sean capaces de absorber el sonido. Situación que no ocurre en una casa que se encuentra amoblada.

6. Oído y audición

Las ondas sonoras entran en el oído y golpean una membrana elástica, llamada **tímpano**, que vibra por resonancia a la misma frecuencia que la onda.

Una cadena de tres huesecitos transmite las vibraciones, amplificándola, a un fluido situado en el oído interno. Los movimientos del fluido son detectados por fibras de longitud y espesores diferentes que vibran cada una con su frecuencia propia. Las vibraciones de las fibras se transforman en señales eléctricas, que son llevadas por los nervios auditivos hasta el cerebro, donde la sensación de sonido se percibe.

Unidad: El Sonido

Ondas y sonido

1. Concepto de onda

No es exagerado decir que vivimos en un mundo en que las ondas nos rodean por todas partes. Ondas sonoras, ondas luminosas, ondas de radio, ondas hertzianas, son expresiones cotidianas de nuestro lenguaje. La Televisión, la radio, el teléfono, celulares, son ejemplos de aplicación tecnológica que funcionan gracias a las ondas. Pero, ¿qué es una onda? En palabras simples diremos que una onda es una vibración que se propaga en el espacio y en el tiempo. Cuando generamos una vibración, por ejemplo, de una cuerda y esta comienza a avanzar en el espacio diremos que se ha generado una onda.

Cuando una gota caen sobre una superficie de agua quieta, esta provoca una perturbación (vibración) que la vemos avanzar en forma de anillo alejándose del lugar donde cayó la gota. Lo que se ha generado es un pulso (o una vibración). Cuando la gota cae sistemáticamente, lo que genera es un tren de pulsos (una vibración tras otra) y lo que se ha generado en ese caso es una onda.

Es importante destacar que es solo el pulso el que vemos avanzar en el agua. Es decir, no es el agua la que avanza, sino solo la onda. Si nos fijamos en una partícula de agua, el movimiento que esta realiza es solo ascendente y descendente, no hay transporte de materia (agua, en este caso). Lo anterior es similar a lo que sucede en el estadio cuando los espectadores realizan la "ola". Desde lejos vemos que avanza una perturbación (onda) a través de los espectadores, pero si nos fijamos en algún espectador (gota de agua para el caso anterior) el movimiento que realiza es solo pararse y luego sentarse, o sea el espectador no se mueve de su lugar. Como conclusión, **una onda solo transporta energía y no materia.**

2. Clasificación de las ondas

En general, las ondas se pueden clasificar de acuerdo a tres criterios distintos: según su naturaleza, según la dirección de oscilación de las moléculas del medio y según el sentido de propagación de la onda.

Según su naturaleza

a) **Ondas mecánicas:** las ondas de agua, las de sonido y las que se propagan en un resorte o en una cuerda son ejemplos de ondas mecánicas. Para transportar su energía, las ondas mecánicas necesitan un medio material, como el agua, el aire, el resorte o la cuerda.

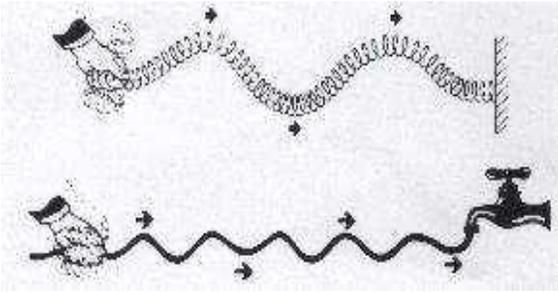


Figura 6. Ejemplos de ondas transversales



Figura 7. Ejemplo de onda longitudinal

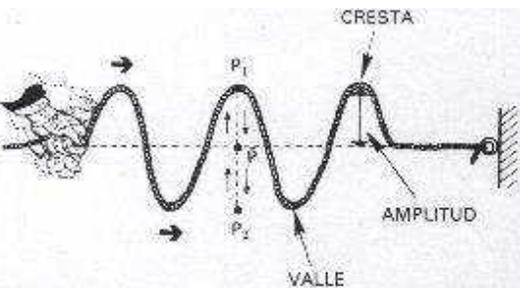


Figura 8. Elementos principales de una onda

b) Ondas electromagnéticas: las ondas de luz, las de radio y los rayos X, son ejemplos de ondas electromagnéticas. Estas no requieren necesariamente de un medio para propagarse, y viajan a través del espacio a la rapidez de la luz 300.000 Km/s.

Según la dirección de oscilación de las moléculas del medio

a) Ondas transversales: en una onda transversal la dirección de oscilación de las partículas del medio es perpendicular a la dirección de propagación de la onda o perturbación. En una cuerda, por ejemplo, una partícula de la cuerda (partícula del medio) realiza un movimiento vertical (sube y baja), pero la propagación u onda avanza en una dirección horizontal. Por tanto, estos movimientos son perpendiculares.

b) Ondas longitudinales: en una onda longitudinal, la dirección de oscilación de las partículas es en la misma dirección que la propagación de la onda.

Según el sentido de propagación

a) Ondas viajeras: Las ondas viajeras son las que se caracterizan por partir de una fuente que las genera y luego propagarse libremente. Además su amplitud disminuye a medida que avanzan. Ejemplos de ondas viajeras son la luz, el sonido, etc.

b) Ondas estacionarias: Las ondas estacionarias se generan en un espacio cerrado. Por ejemplo, en las cuerdas de una guitarra. En este caso se genera una onda, llamada onda incidente, que viaja a través de la cuerda. Luego de que esta onda incidente llega a un extremo de la cuerda, esta se refleja y se superpone con la onda incidente, generando una onda resultante que pareciera estar fija.

3. Descripción de las ondas

En la figura debemos observar que una onda está formada por **cresta y valles** que se propagan a lo largo de la cuerda. El punto más alto de la onda se llama **cresta**, el punto más bajo recibe el nombre de **valle**. Un punto cualquiera de la cuerda (medio material), al ser alcanzado por la ondulación, inicia un movimiento de vibratorio y oscila mientras la onda pasa por él. Por ejemplo el punto P de la figura vibra dirigiéndose de P a P1, luego hasta P2 y regresando a P, así sucesivamente, mientras pasan por él las crestas y los valles.

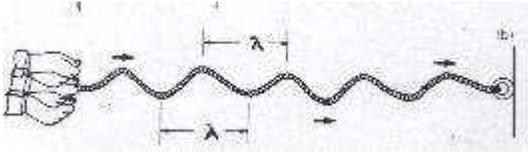


Figura 9. Longitud de onda de una onda

La **amplitud (A)** es la distancia que existe entre la posición de equilibrio (línea punteada) y la cresta (o valle). Por último, la **longitud de onda (λ)** es la distancia que existe entre dos crestas consecutivas o dos valles consecutivos (o entre dos puntos equivalentes de la onda)

4. Rapidez de propagación de una onda

Las propiedades del medio influirán decisivamente en las características de las ondas. Así, la velocidad de una onda dependerá de la rapidez con la que cada partícula del medio sea capaz de transmitir la perturbación a su compañera. Los medios más rígidos dan lugar a velocidades mayores que los más flexibles. Lo mismo sucede con los medios más densos respecto de los menos densos.

Por ejemplo, las ondas sonoras se desplazan con una rapidez de 330m/s a 350m/s en el aire (según la temperatura) y unas cuatro veces más aprisa en el agua. Cualquiera que sea el medio, existe una relación entre la longitud de onda, la rapidez y la frecuencia de la onda. Esta relación es la siguiente:

$$v = \lambda \cdot f$$

Como $f = \frac{1}{T}$, también tenemos que la rapidez de una onda se puede calcular como:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

La unidad de medida de la rapidez de una onda es el m/s, en el S.I.

Unidad: El Sonido

Composición del sonido



Figura 10. El timbre de un sonido es lo que permite diferenciar los instrumentos musicales



Figura 11. En un columpio se produce el fenómeno de la resonancia

1. *Timbre del sonido*

Dos sonidos de la misma intensidad e igual tono pueden dar sensaciones muy diferentes. Si se escucha la misma nota, dada por un violín y una guitarra, inmediatamente se sabrá a qué instrumento pertenece cada nota; estos sonidos difieren por sus timbres. En conclusión, el timbre es algo similar a la huella digital de un sonido. La característica del sonido que nos permite distinguir la voz de una determinada persona es el timbre.

2. *Resonancia*

Cuando un objeto compuesto con algún material elástico, el objeto vibra con un conjunto especial de frecuencias que es propio y produce un sonido característico. Se dice que el objeto tiene una **frecuencia natural**, la cuál depende de factores como la elasticidad y la forma del objeto. Una campana y un diapasón, por ejemplo, vibran con sus frecuencias características (o frecuencia natural).

Cuando una frecuencia externa actúa sobre un objeto y esta es igual a la frecuencia natural, se produce un aumento significativo en la amplitud. Este fenómeno se llama **resonancia**. Un ejemplo que ilustra el fenómeno de resonancia se da en un columpio. Una vez que impulsas el columpio este comienza a oscilar al ritmo de su frecuencia natural, cuando nuevamente intentas impulsar el columpio, debes hacer coincidir la frecuencia natural del columpio con la frecuencia de tus impulsos. Lo que va a suceder es que comienza a aumentar la amplitud de la oscilación. Este fenómeno cotidiano se conoce como resonancia.

3. *Espectro audible*

Las frecuencias audibles para el ser humano están comprendidas entre 20 Hz y 20000 Hz. Se denomina **infrasonido** si una onda sonora vibra con una frecuencia inferior a los 20 Hz y si su frecuencia es superior a 20000 Hz, recibe el nombre de **ultrasonido**. Estas ondas no provocan sensación auditiva alguna cuando llegan al oído de las personas.

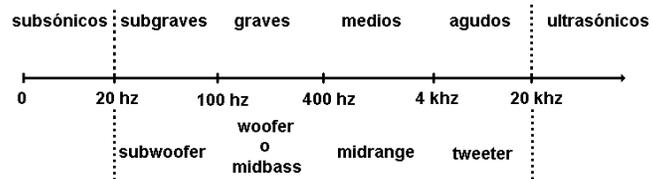


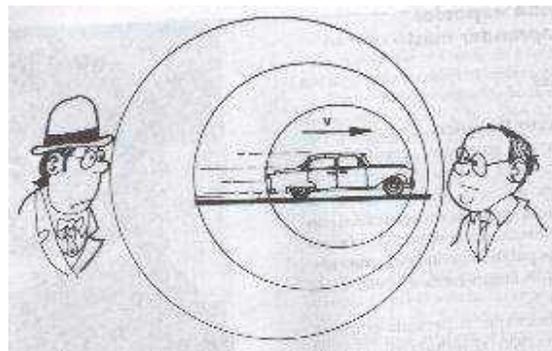
Figura 12. Espectro sonoro

El sonido es una onda mecánica longitudinal que se propaga en un medio material (sólido, líquido o gaseoso) y cuya frecuencia está comprendida, aproximadamente entre los 20 y 20000 Hz.

Se sabe que ciertos animales son capaces de percibir ultrasonidos. Experimentos han comprobado que un perro, por ejemplo es capaz de percibir frecuencias que alcanzan los 50000 Hz. También se sabe que los murciélagos, aun siendo casi ciegos, pueden volar sin chocar con los obstáculos, porque emiten ultrasonido que luego captan sus oídos después de ser reflejados por dichos obstáculos. Las frecuencias ultrasónicas que emite el murciélago pueden llegar a los 120000 Hz.

4. Efecto Doppler

Es seguro que este fenómeno lo has experimentado sin saber cuál fue su causa. Por ejemplo, ¿has notado cómo el tono de las sirenas de las ambulancias, bomberos o de la policía, cambia conforme el auto pasa cerca a ti? La frecuencia es mayor cuando el vehículo se mueve hacia usted, luego, de manera súbita cambia a una menor, a medida que se aleja.



Cuando una fuente sonora se desplaza, la frecuencia del sonido que percibe el observador es diferente a la frecuencia real que emite la fuente.



Christian Doppler (1803 –1853). Físico austriaco que estudio y describió el efecto que lleva su nombre. Se Educó en el instituto Politécnico de Viena, llegando a ser posteriormente director del instituto de física, y profesor de física experimental en la Universidad de Viena. Sus primeros trabajos los escribió en el campo de las matemáticas, pero en 1842 publicó una obra titulada acerca de los colores de la luz que emiten las estrellas dobles, en la cual describe los fenómenos Doppler, tanto con el sonido como con la luz.

En la figura se muestra cuando la fuente se mueve y la persona que escucha está estacionaria. El movimiento de la fuente hace que las longitudes de onda que envía varíen dependiendo de la dirección. El movimiento de la fuente no afecta la magnitud de la velocidad de las ondas. De esta manera, el cambio en las longitudes de onda (λ) produce el efecto de un cambio en la frecuencia (f) que escucha la persona. Si la fuente se mueve hacia la persona, ésta escuchará una frecuencia más alta que f ; si la fuente se aleja, escuchará una frecuencia más baja.

Según lo anterior, si estamos estacionarios y una ambulancia, por ejemplo, se acerca a nosotros percibiremos una frecuencia mayor que la que realmente emite la ambulancia. Lo que trae como consecuencia que a medida que la ambulancia se acerca escuchamos la sirena con un tono cada vez mas agudo (recuerda que el tono de un sonido depende de la frecuencia) y a medida que se aleja la escuchamos con un tono cada vez mas grave (ya que la frecuencia percibida disminuye a medida que se aleja la ambulancia).

5. Aplicaciones del sonido

Acústica de las salas: Cuando se oye un orador dentro de una sala, se reciben las ondas directas y también las reflejadas por las paredes, estas recorren un camino más largo, resulta lo que se llama *eco*. En las salas pequeñas, el eco se mezcla rápidamente al sonido original, lo intensifica y, por lo tanto, es agradable y deseable; sin eco, la voz aparece débil (ejemplo, en el campo plano). En las grandes salas, el eco puede ser muy desagradable, mezcla silabas diferentes y produce confusión. La Solución es, por tanto, suprimir el eco con paredes absorbentes, del sonido, como cortinas. Esto explica por qué dentro de las grandes salas de concierto, detrás del cantante, el escenario, que forma una pequeña sala, ayuda a sostener la voz, mientras que la gran sala debe tener cortinas.

Ultrasonidos: Éstos pueden ser producidos por placas de cuarzo, a las cuales se aplica una tensión eléctrica alterna; el Cuarzo se comprime y dilata; es lo que se llama **efecto piezoeléctrico**. También se producen con varillas ferromagnéticas, que varían de longitud cuando se colocan dentro de un campo magnético variable.

En la industria: Como los ultrasonidos pueden transportar energías muy grandes, se presentan varios fenómenos utilizados industrialmente: de gasificación de los líquidos o metales en fusión, fabricación de emulsiones con líquidos no miscibles (aceite y agua, mercurio y agua), limpieza de ropa y de aparatos que tienen cavidades muy pequeñas, esterilización de, algunas sustancias.

También se utilizan por su facilidad de ser reflejado en el límite de dos medios. Dentro de una pieza metálica, permiten detectar rupturas y fisuras. En el agua, sirven para establecer la distancia a un objeto (submarino, banco de peces,...), si se mide el tiempo del envío de un pulso de ultrasonido y su recepción es el sonar.

Medicina: La técnica del sonar se aplica para obtener imagen del interior del cuerpo humano, se denomina ecografía. Un emisor de ultrasonidos se aplica sobre la piel, cerca del órgano que se quiere estudiar (corazón, cerebro, riñón, hígado, feto...) En los cambios de tejidos de los órganos, el pulso se refleja con diferentes intensidades; es un eco que recibe un receptor, el cual transforma esta señal acústica en eléctrica, y finalmente en señal óptica en una pantalla fluorescente. Moviendo el transmisor se llega a obtener una imagen del órgano estudiado, no muy nítida pero sin los peligros de los rayos X. Los murciélagos utilizan los ultrasonidos para dirigirse en sus vuelos nocturnos.

Unidad: El Sonido

Ejercicios

- La Torre Entel en Santiago, se mece con una frecuencia aproximada de 0,10 Hz. ¿Cuál es el periodo de la vibración?
 - 1 s
 - 1/10 s
 - 0,1 s
 - 10 s
 - 100 s
- La longitud entre las crestas de las olas en el océano es de 10 m. 2 crestas pasan por una determinada posición fija cada 2 s. ¿Cuál es la velocidad de la onda?
 - 1 m/s
 - 5 m/s
 - 5 m/s
 - 10 m/s
 - 20 m/s
- Ondas de agua en un plato poco profundo tienen 6 cm de longitud entre crestas. En un punto, las ondas oscilan hacia arriba y hacia abajo a una razón de 4,5 oscilaciones por segundo. ¿Cuál es la rapidez de las ondas?
 - 27 cm/s
 - 1,34 Hz
 - 27 Hz
 - 1,34 cm/s
 - Otro valor
- De la pregunta anterior, ¿cuál es el periodo de las ondas?
 - 1/45 s
 - 0,45 s
 - 10 s
 - 10,45 Hz
 - 10/45 s
- Ondas de agua en un lago viajan 4,5 m en 1,5 s. El periodo de oscilación es de 2 s. ¿Cuál es la rapidez de las ondas?
 - 6,75 m/s
 - 3 m/s
 - 6 m/s
 - 9 m/s
 - Ninguna
- De la pregunta anterior, ¿cuál es la longitud de onda de las ondas?
 - 1 m/s
 - 2 m/s
 - 6,75 m/s
 - 3 m/s
 - 6 m
- La frecuencia de la luz amarilla es de 5×10^{14} Hz. Encuentre su longitud de onda (rapidez de la luz es aproximadamente 3×10^8 m/s).
 - 68×10^{-14} m
 - 6×10^{-14} m
 - 68×10^{-7} m
 - 6×10^{-7} m
 - 15×10^{22} m

8. Un grupo de nadadores está descansando tomando sol sobre una balsa. Ellos estiman que 3 m es la distancia entre dos crestas consecutivas de las ondas superficiales en el agua. Encuentran, también, que 14 crestas pasan por la balsa en 20 s. ¿Cuál es la longitud de onda y con qué rapidez se están moviendo las olas?

- a) 3 m y 6 m/s
- b) 3 m y 2,1 m/s
- c) 6 m y 3,9 m/s
- d) 3,9 m y 3 m/s
- e) 3,9 m y 6 m/s

9. Se emiten señales de radio AM, entre los 550 kHz hasta los 1.600 kHz, y se propagan a 3×10^8 m/s. ¿Cuál es el rango de las longitudes de onda de tales señales?

- a) 20 Hz a 20 Khz
- b) 545,45 m a 187,5 m
- c) 1650×10^8 m a $4,8 \times 10^{10}$ m
- d) 187,5 m a 1650 m
- e) Otros valores

10. El rango de frecuencia para las señales en FM está entre los 88 MHz y los 108 MHz y se propagan a la velocidad de la luz (3×10^8 m/s), ¿cuál es su rango de longitudes de onda?

- a) 3,409 m a 2,778 m
- b) 2,64 m a 3,24 m
- c) 341 m 277 m
- d) 29,333 m 36 m
- e) No se puede determinar

Para las preguntas 11, 12 y 13, Se tiene una señal de un sonar en el agua que posee una frecuencia de 10^6 Hz y una longitud de onda de 0,15 mm.

11. ¿Cuál es la velocidad de la señal en el agua?

- a) 1.500 m/s
- b) 2000 m/s
- c) $1,5 \times 10^8$ m/s
- d) 3×10^8 m/s
- e) $6,6 \times 10^8$ m/s

12. ¿cuál es su periodo?

- a) 0,67 s
- b) 1,5 s
- c) 10^6 m
- d) 10^{-6} Hz
- e) 10^{-6} s

13. ¿Cuál es su periodo en el aire?

- a) Como es una onda electromagnética no necesita del aire
- b) Como es un onda transversal su periodo va disminuyendo
- c) El inverso del resultado anterior
- d) La misma del resultado anterior
- e) No existe periodo, pues no es un medio sólido

Para las preguntas 14, 15 y 16, Se tiene una onda sonora que se produce durante 0,5 s. Esta posee una longitud de onda de 0,3 m y una rapidez de 330 m/s.

14. ¿Cuál es la frecuencia de la onda?

- a) 99 s
- b) 99 Hz
- c) 99 m/s
- d) 1100 Hz
- e) 1100 s

15. ¿Cuántas ondas completas se emiten en tal intervalo de tiempo (0,5 s)?

- a) 165 ondas
- b) 550 ondas
- c) 0,15 ondas
- d) 330 ondas
- e) 99 ondas

16. Luego de 0,5 s, ¿a qué distancia se encuentra el frente de onda de la fuente sonora?

- a) 15 m
- b) 99 m
- c) 165 m
- d) 660 m
- e) 330 m

17. La rapidez del sonido en el agua es de aproximadamente 1.498 m/s. Se envía una señal de sonar desde un barco a un punto que se encuentra debajo de la superficie del agua. 1,8 s más tarde se detectan la señal reflejada. ¿Qué profundidad tiene el océano por debajo de donde se encuentra el barco?

- a) 674,1 m
- b) 832,2 m
- c) 898,8 m
- d) 1348,2 m
- e) 2696,4 m

Para las preguntas 18, 19 y 20, Se tiene que el tiempo requerido por una onda de agua para cambiar del nivel de equilibrio hasta la cresta es de 0,18 s.

18. ¿Qué fracción de la longitud de onda representa este tiempo?

- a) El doble
- b) El cuádruplo
- c) Un medio
- d) Un cuarto
- e) Toda la longitud de onda

19. ¿Cuál es el periodo de la onda?

- a) 1,82 s
- b) 0,72 s
- c) 0,09 s
- d) 0,045 s
- e) 59,4 s

20. ¿Cuál es la frecuencia?

- a) 0,55 Hz
- b) 11,11 Hz
- c) 22,22 Hz
- d) 0,016 Hz
- e) 1,39 Hz

21. El oído humano percibe sonidos cuyas frecuencias están comprendidas entre 20 y 20000 Hz. Calcular la longitud de onda de los sonidos extremos, si el sonido se propaga en el aire con la velocidad de 330 m/s.
- 6600 m y 400000 m
 - 16,5 m y 0,0165 m
 - 20 m y 20×10^3 m
 - 126 m y 1000 m
 - 126 Hz y 1000 Hz
22. Si el oído humano percibe sonidos cuyas frecuencias están comprendidas entre 20 y 20000 Hz. Los sonidos que emiten frecuencias bajo y sobre estos límites, se llaman respectivamente:
- Longitudinales y Perpendiculares
 - Mecánicas y electromagnéticas
 - Doppler y Ondas de proa
 - Infrasonido y ultrasonido
 - Hiposonido e Hipersonido
23. Un profesor de Física cronometra que el sonido que emite el disparo de un cañón, tiene una rapidez de 340 m/s. Si escucha el sonido del disparo de un cañón 6 s luego de ver el destello. ¿A qué distancia se encuentra El profesor del cañón?
- 1,765 cm
 - 56 m
 - 204 m
 - 256 m
 - 2040 m
24. Se dispara un rifle en un valle formado por muros verticales. El eco producido por un muro se escucha 2 s luego del disparo. El eco del otro muro se oye 4 s después del disparo. ¿Qué ancho tiene el valle? (suponer rapidez del sonido 340 m/s)
- 340 m
 - 440 m
 - 540 m
 - 680 m
 - 1020 m
25. Si Karen aplaude y escucha el eco producido por una pared 0,2 s después, ¿a qué distancia está la pared? (suponer rapidez del sonido 340 m/s)
- 3,4 m
 - 6,8 m
 - 340 m
 - 68 m
 - 34 m
26. Una cámara fotográfica determina la distancia a la cual se encuentra el sujeto, enviando una onda de sonido y midiendo el tiempo que toma el eco en regresar a la cámara. ¿Qué tiempo le toma a una onda de sonido para regresar a la cámara si hay un sujeto a 3 m?
- 0,0176 s
 - 1,76 s
 - 3,4 s
 - 340 s
 - 1020 s

27. Si la longitud de onda de un sonido, de $4,4 \times 10^2$ Hz, en agua es de 3,3 m, ¿cuál es la velocidad del sonido en el agua?

- a) 133,34 m/s
- b) 1452 m/s
- c) 75 m/s
- d) 0,75 m/s
- e) Ninguna de las anteriores

28. Un sonido de frecuencia 442 Hz se propaga a través del acero. Se mide una longitud de onda de 11,66 m. Encuentre la velocidad del sonido en el acero.

- a) 37,91 m/s
- b) 0,026 m/s
- c) 5153,72 m/s
- d) 2576,86 m/s
- e) Otro valor

29. El sonido emitido por los murciélagos tiene una longitud de onda de 3,5 mm. ¿Cuál es su frecuencia en el aire? (suponer rapidez del sonido igual a 340 m/s)

- a) 0,011 Hz
- b) 97,14 Hz
- c) 971,4 Hz
- d) 97142,9 Hz
- e) 0,911 Hz

30. Se puede emplear ultrasonido de frecuencia 4,25 MHz para producir imágenes del cuerpo humano. Si la velocidad del sonido en el cuerpo es la misma que en agua salada, 1,5 km/s, ¿cuál es la longitud de onda?

- a) 6,375 m
- b) 63,75 m
- c) 35,29 m
- d) $6,375 \times 10^{-4}$ m
- e) $3,529 \times 10^{-4}$ m

Las preguntas 31, 32, 33 y 34 se responden en relación al siguiente enunciado. La ecuación para el efecto Doppler de una onda sonora con velocidad v , que llega a un detector de movimiento es $f' = f((v + v_d)/(v - v_s))$ donde v_d es la rapidez del detector, v_s es la frecuencia de la fuente; f' es la frecuencia del detector y v es la rapidez del sonido en el aire (340 m/s). Si el detector se mueve hacia la fuente, v_d es positiva; si la fuente se mueve hacia el detector, v_s es positiva. Un tren que se mueve hacia el detector a 31 m/s hace sonar un pito que produce ondas de 305 Hz.

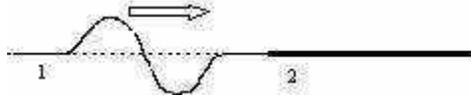
31. ¿Qué frecuencia se detecta por un tren estacionario?

- a) 336 Hz
- b) 310 Hz
- c) 320 Hz
- d) 3050 Hz
- e) 3100 Hz

32. ¿Qué frecuencia se detecta por un tren moviéndose hacia el primer tren (el del enunciado) con rapidez 21 m/s?
- 335 Hz
 - 310 Hz
 - 320 Hz
 - 356 Hz
 - 305 Hz
33. Si el tren descrito en el enunciado se está alejando del detector. ¿Qué frecuencia se detecta por un tren estacionario?
- 335 Hz
 - 310 Hz
 - 280 Hz
 - 320 Hz
 - 356 Hz
34. ¿Qué frecuencia detecta un tren que se aleja del primero (el del enunciado) con una rapidez de 21 m/s?
- 305 Hz
 - 335 Hz
 - 280 Hz
 - 262 Hz
 - 268 Hz
35. ¿Cuál es el nivel de sensación sonora en decibeles correspondiente a una onda de intensidad 10^{-10} W/m^2 ?
- 5 db
 - 10 db
 - 20 db
 - 25 db
 - 32 db
36. ¿Cuál es el nivel de sensación sonora en decibeles correspondiente a una onda de intensidad 10^{-2} W/m^2 ?
- 50 db
 - 70 db
 - 80 db
 - 100 db
 - 120 db
37. Se ha comprobado que cierto pájaro tropical vuela en cuevas totalmente oscuras. Para sortear los obstáculos utiliza el sonido, pero la frecuencia más elevada que puede emitir y detectar es de 8000 Hz. Evalúa el tamaño de los objetos más pequeños que puede detectar, suponiendo que la velocidad del sonido es 340 m/s, la longitud de la onda sería:
- $4,25 \times 10^{-2} \text{ m}$
 - $42,5 \times 10^{-2} \text{ m}$
 - $425 \times 10^{-2} \text{ m}$
 - 4250 m
 - 42500 m
38. De las siguientes características o propiedades de una onda mencionadas a continuación, la única que no cambia al pasar ella de un medio a otro es la:
- Amplitud
 - Elongación
 - Frecuencia
 - Longitud
 - Velocidad

39. El cerebro humano está preparado para captar sonidos en un rango de frecuencias que van desde los 20 Hz a los 20000 Hz. Si tomamos la velocidad del sonido en el aire con un valor aproximado de 340 m/s, entonces el correspondiente rango de longitudes de onda de las vibraciones acústicas es de:
- 17 mm $< \lambda < 17$ m
 - 20 mm $< \lambda < 20$ m
 - 17 mm $< \lambda < 20$ m
 - 20 mm $< \lambda < 17$ m
 - 17 mm $< \lambda < 34$ m
40. Las cualidades de intensidad, tono y timbre de un sonido están asociadas, con respecto a la onda sonora correspondiente, con las características, respectivamente de:
- amplitud, fuente de sonido y frecuencia
 - fuerza de sonido, frecuencia y amplitud
 - frecuencia, amplitud y fuerza de sonido
 - fuerza de sonido, amplitud y frecuencia
 - amplitud, frecuencia y fuerza de sonido
41. Cuando una persona nos habla, ¿de qué depende principalmente la rapidez con que el sonido de su voz viaja por el aire?
- de la frecuencia y la longitud de onda del sonido emitido
 - de la intensidad del sonido, es decir, del volumen de su voz
 - del aire y de las condiciones en que se encuentre
 - del timbre de voz de la persona que nos habla
 - de los materiales de los que estén hechas las cosas que nos rodean
42. Considerando la luz como una onda, si un rayo de luz láser pasa del aire a un vidrio transparente, ¿cuál de las siguientes características permanece siempre invariable?
- su longitud de onda
 - su frecuencia
 - su rapidez
 - su intensidad
 - la dirección en que se propaga
43. Al sintonizar una emisora en un receptor de radio, escuchamos una canción. ¿Qué tipo de onda es la que, al llegar a nuestros oídos a través del aire, nos produce la sensación sonora?
- Transversal
 - Longitudinal
 - Electromagnética
 - Estacionaria
 - de amplitud o frecuencia modulada

44. La figura ilustra dos cuerdas (1) y (2) de distinta densidad. Por la cuerda (1) viaja una onda hacia la cuerda (2). ¿Qué ocurrirá con esta onda?



- I. Parte pasará a la cuerda 2 y parte se reflejará en la cuerda 1
- II. Nada, seguirá viajando por la cuerda 2 sin verse modificada
- III. En la cuerda 2 viajará con una rapidez distinta de la que tenía en la 1

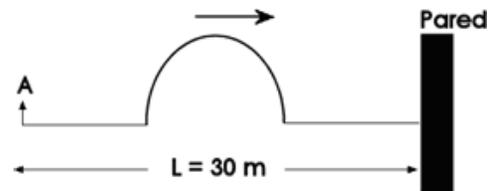
De estas afirmaciones, es ó son correctas:

- a) sólo I
 - b) sólo II
 - c) sólo III
 - d) I y II
 - e) I y III
45. Si una onda luminosa pasa del aire al agua, entonces es verdadero que:
- a) varían su v , f y λ
 - b) varían su v y f , pero no su λ
 - c) varían su v y λ , pero no su f
 - d) varían su f y λ , pero no su v
 - e) varía su v , pero no su f ni su λ

46. De los siguientes medios, ¿Cuál no puede transmitir una onda sonora?

- a) el vidrio
- b) un metal
- c) el aire
- d) la madera
- e) el vacío

47. La perturbación que se propaga por la cuerda hacia la derecha, se originó por la agitación vertical del punto A y demoró 4 segundos en llegar a la pared. ¿Cuál es la rapidez de propagación?



- a) 0 m/s
 - b) 4 m/s
 - c) 6 m/s
 - d) 7,5 m/s
 - e) 8 m/s
48. Una onda viajera se puede caracterizar como:
- a) un pulso que viaja a través de un medio
 - b) dos pulsos iguales que viajan a través de un medio
 - c) secuencia de pulsos con puntos que no vibran en el medio
 - d) tren de pulsos iguales que viajan en un medio
 - e) ninguna

49. El requisito más importante de un medio para transportar un onda sonora, es:

- a) que el medio sea deformable
- b) que el medio sea gaseoso
- c) que el medio sea sólido ó líquido
- d) que el medio sea denso
- e) que el medio sea rígido

Respuestas Correctas

Ejercicio	Alternativa
1	D
2	C
3	A
4	E
5	B
6	E
7	D
8	B
9	B
10	A
11	A
12	E
13	D
14	D
15	B
16	C
17	D
18	D
19	B
20	E
21	B
22	D
23	E
24	E
25	E
26	A
27	B
28	C
29	D
30	E
31	A
32	D
33	C
34	D
35	C
36	D
37	A
38	C
39	A
40	E
41	C
42	B
43	B
44	E
45	C
46	E
47	D
48	D
49	A

MAPA CONCEPTUAL 4

MAPA CONCEPTUAL 5

Capítulo 4

La Luz

- Naturaleza de la luz
- Reflexión de la luz
- Refracción de la luz
- Ejercicios
- Mapa conceptual

Unidad: La Luz

Naturaleza de la Luz

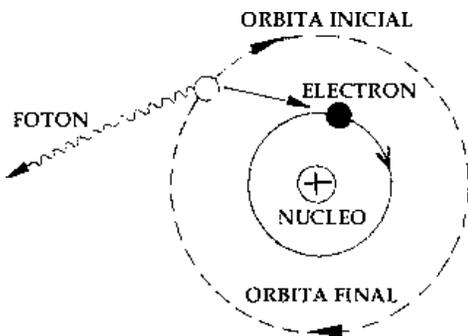


Figura 1. La luz se genera al interior de los átomos, como consecuencia del salto de un electrón a una órbita de menor energía.

1. Origen de la luz

La luz se origina al interior de los átomos, en un proceso conocido como emisión cuántica de luz. Para entender este proceso primero debemos recordar el modelo atómico de Bohr. En él existen órbitas en las cuales giran los electrones. Cada órbita tiene un determinado nivel de energía, mientras más lejana es la órbita del núcleo mayor nivel de energía posee. De manera que, un electrón que orbita lejano al núcleo posee más energía que otro que orbite más cercano al núcleo. Además, cada órbita acepta un número máximo de electrones.

Teniendo en consideración lo anterior, supongamos que por alguna razón un electrón absorbe una cierta cantidad de energía, esto hará que el electrón salte a una órbita de mayor energía (se aleja del núcleo), pero al llegar este electrón a esa órbita, esta se vuelve inestable (ya que, cada órbita acepta un número máximo de electrones) y debe un electrón bajar a una órbita de menor energía. Como un electrón debe bajar a una órbita de menor energía de la que posee, entonces debe eliminar energía y esta energía es la que se emite en forma de luz y que recibe el nombre de fotón. Un fotón no posee masa y se mueve a una rapidez de 300.000 Km/s, o sea la velocidad de la luz.

Al igual que el sonido, la luz también se propaga por medio de ondas, sin embargo como ya hemos visto, el sonido corresponde a ondas longitudinales de tipo mecánicas es decir requieren de un medio material para propagarse, mientras que la luz son ondas electromagnéticas que no requieren de un medio para propagarse.

2. Teorías sobre el comportamiento de la luz

¿Qué es la luz? ¿Cuál es el mecanismo exacto de su propagación? Son preguntas que en el estado actual del conocimiento científico no tienen una respuesta definitiva. A través del tiempo, numerosas hipótesis y teorías han querido explicar la naturaleza de la luz. Las primeras hipótesis aparecen a fines del siglo 17.

Teoría Corpuscular de Newton, según él los cuerpos luminosos emiten pequeños corpúsculos (o partículas) en todas direcciones que al chocar contra la retina dan origen a la sensación luminosa.

Existen dos fenómenos que de alguna forma comprueban la teoría corpuscular de Newton, estos son los fenómenos de presión luminosa y el efecto fotoeléctrico.

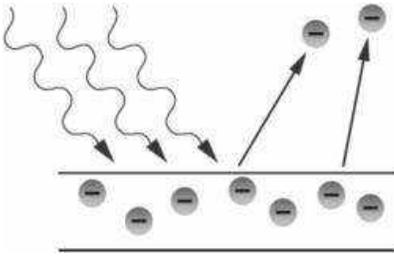


Figura 2. Efecto fotoeléctrico.

Efecto fotoeléctrico: se denomina efecto fotoeléctrico a la capacidad que tiene la luz de liberar electrones de un metal al incidir sobre él. Lo anterior se produce porque la luz, al ser partículas según Newton, golpea a los electrones proveyéndolos de cierta energía que les permite escapar de su ubicación. Mientras mayor sea la energía de la luz que incide sobre el metal es más probable que se produzca el efecto fotoeléctrico. Por ejemplo, la luz de color azul es capaz de liberar un mayor cantidad de electrones que el color rojo, ya que el primero posee una frecuencia mayor y en consecuencia una energía mayor.

Presión luminosa: este fenómeno se produce cuando se hace incidir luz de una muy alta intensidad sobre dos espejos, los cuales se sitúan sobre un sistema que tiene la posibilidad de girar sobre un eje. Lo que sucede es que al incidir los haces de luz sobre los espejos, este sistema empieza a girar.

Teoría Ondulatoria de Huyghens, Huyghens afirmó que la luz no es una partícula, sino que su naturaleza es ondulatoria. Para él los cuerpos luminosos emiten ondas longitudinales que se propagan aun en el vacío y con una velocidad muy grande. En 1820 Fresnel estudiando fenómenos de polarización demostró que eran ondas transversales y reafirmó la teoría ondulatoria.

Para la teoría ondulatoria también existen un par de fenómenos que afirman esta teoría. Estos son la interferencia de ondas y la difracción.

Interferencia de ondas luminosas: se entiende por interferencia de ondas a la superposición de ondas, es decir cuando una onda se sitúa sobre otra. Pensemos en dos ondas transversales que se interfieren. Ante esta situación tenemos dos posibilidades: al incidir estas ondas podría pasar que las crestas y valles de las dos ondas coincidan, en este caso tendremos **interferencia constructiva**, ya que la amplitud de la onda resultante será la resultante de la suma de las amplitudes de las ondas por separado. La otra posibilidad es que al interferir las dos ondas, coincida la cresta de una onda con un valle de la segunda, en este caso tendremos **interferencia destructiva**, ya que la amplitud de la onda resultante será la resta o diferencia de las amplitudes de las ondas por separado.

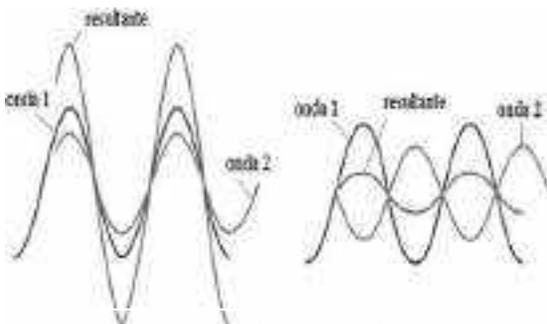


Figura 3. A la izquierda, interferencia constructiva; a la derecha, interferencia destructiva.

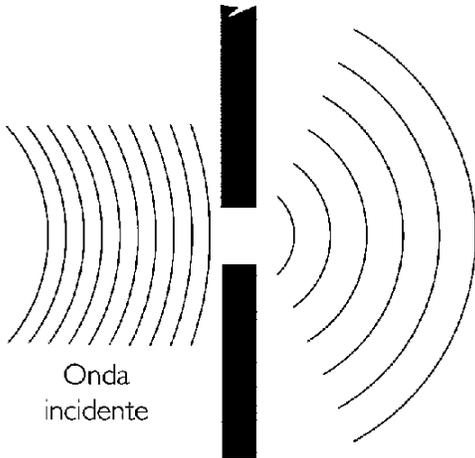


Figura 4. Fenómeno de la difracción.

Difracción de la luz: el fenómeno de la difracción se produce al hacer pasar luz por una rendija muy pequeña, lo que sucede es que la luz al pasar por la rendija esta contornea el obstáculo.

En resumen, la luz se comporta como onda y también como partícula, es por esto que se dice que **la luz tiene un comportamiento dual**.

3. *Propiedades de las ondas*

Al igual que todo fenómeno ondulatorio, la luz, esta sujeta a una serie de propiedades entre estas están: reflexión, refracción, difracción y absorción.

Cuando un rayo luminoso choca sobre una superficie que separa dos medios diferentes (aire- agua) puede producirse el cambio de dirección de este rayo, parte del rayo luminoso penetra al otro medio cambiando de dirección y es poco a poco absorbida por este medio. La **reflexión** de la luz, consiste en el rechazo y cambio de dirección que sufren los rayos luminosos, al chocar sobre una superficie.

La **refracción** de la luz, es la desviación y cambio de velocidad de un rayo luminoso, al penetrar de un medio transparente a otro.

La **absorción** de la luz es la disminución paulatina de la intensidad luminosa a medida que un rayo avanza en un medio transparente.

La **difracción**, es la alteración en la propagación rectilínea de un rayo luminoso, cuando en su camino encuentra un obstáculo, por ejemplo una ranura, una esquina, etc. El polvillo en suspensión que hay en el aire de una sala se ve muy bien por la difracción de los rayos solares, que entran por una ventana o un orificio.

4. *Espectro electromagnético*

La luz visible se propaga como onda electromagnética, sin embargo existen una variedad de ondas electromagnéticas al igual que la luz. Estas ondas se ubican en el llamado espectro electromagnético (Figura 5).

La luz visible

La luz blanca está compuesta por una serie de colores, cada uno de los cuales se caracteriza por una longitud de onda determinada. Va desde el rojo, el naranja, el amarillo, el verde, el azul, el azul y el violeta, cada uno con sus distintas tonalidades. De ellos, el rojo es el que tiene mayor longitud de onda y el violeta la menor. Sin embargo, todos estos colores no están nítidamente divididos entre sí sino que forman un espectro continuo.

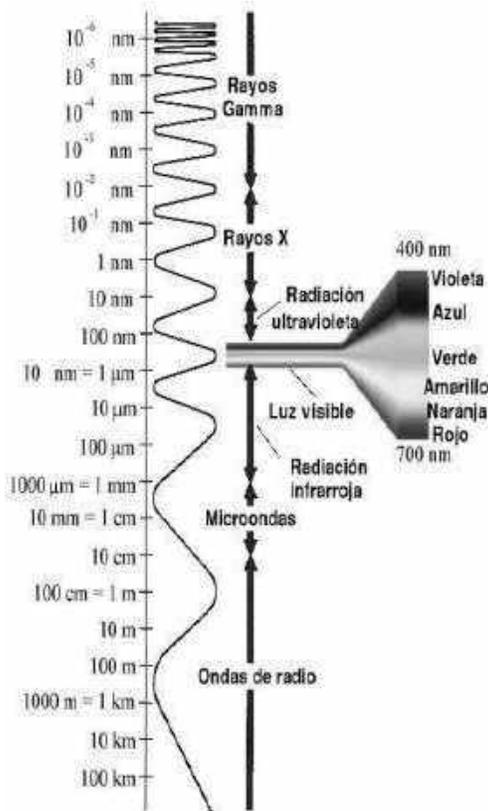


Figura 5. Espectro electromagnético

Uno de los efectos que presenta la luz blanca es el de la dispersión de los colores que la componen, cuando incide un haz de luz blanca con un determinado ángulo desde un medio a otro cuya densidad es diferente al primero. Al atravesar el otro medio se produce la descomposición de la luz blanca, como consecuencia de la diferencia de longitudes de onda, la luz de los diversos colores se propaga con velocidades distintas y ángulos de difracción diferentes, lo cual da lugar a la separación de la luz blanca en el espectro continuo antes mencionado. Este efecto puede observarse en el arco iris, en el que la luz solar es refractada y dispersada por las gotas de lluvia. Por otro lado, el color azul del cielo se debe a la dispersión de la luz solar que se difracta en las moléculas de la atmósfera.

Para dispersar la luz blanca se emplea, un prisma triangular de vidrio, experiencia que Newton fue el primero en realizar. Asimismo, es posible recoger el espectro mediante una lente y hacerlo pasar por un segundo prisma, con lo cual se obtiene de nuevo luz blanca. Se entiende por espectro al conjunto de luz blanca, mientras que la dispersión es la descomposición de la luz.

Unidad: La Luz

Reflexión de la luz

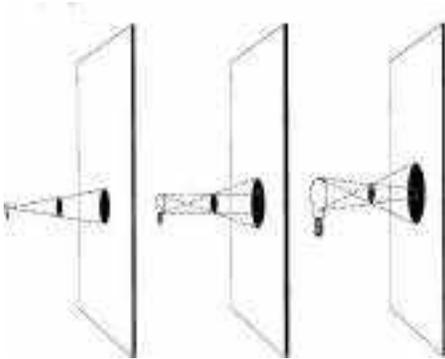


Figura 6. Comprobación de la propagación rectilínea de la luz.

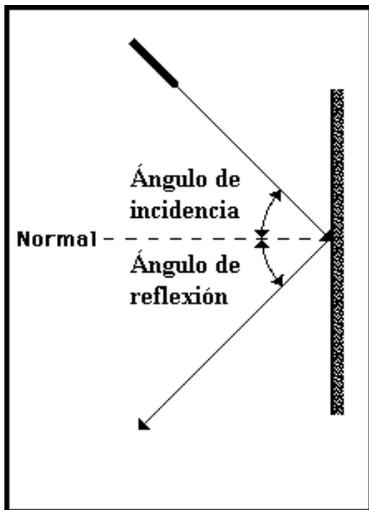


Figura 7. Fenómeno de reflexión de la luz

1. Propagación rectilínea de la luz

Diversas experiencias ponen de manifiesto que, en un medio transparente y homogéneo, la luz se propaga en línea recta. La recta que muestra la dirección de propagación de la luz se denomina rayo. Algunas de estas experiencias son: la formación de sombras y penumbras, la formación de imágenes en la cámara oscura, los eclipses, etc.

En la figura, el objeto es el mismo en los tres casos y la distancia entre el objeto y la pantalla es fija: de una situación a otra varía el tamaño de la fuente de luz. Al aumentar el tamaño del foco, la sombra (zona privada de luz) disminuye y la penumbra (zona parcialmente iluminada) es mayor.

Los eclipses se producen como consecuencia de la propagación rectilínea de la luz. El eclipse de Sol se produce cuando la Luna se interpone entre el Sol y la tierra (queda eclipsado el Sol). Hay eclipse de Luna (la Luna queda eclipsada para los observadores terrestres) cuando la tierra se interpone entre la luna y el sol.

Principio de Fermat

El principio de Fermat es simplemente otra forma de expresar la ley de la reflexión. El principio de Fermat establece que, de todos los caminos posibles que puede seguir la luz, ella adopta el que le toma menor tiempo.

2. Reflexión de la luz

Es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al chocar con la superficie de un objeto.

El fenómeno más evidente de la reflexión es el que se refleja la mayor parte del rayo incidente sucede cuando la superficie es plana y pulimentada (espejo).

Ángulo de incidencia y ángulo de reflexión

Se llama ángulo de incidencia al formado por el rayo incidente y la normal. La normal es una recta imaginaria perpendicular a la superficie de separación de los dos medios en el punto de contacto del rayo. El ángulo de reflexión es el formado por el rayo reflejado y la normal

Leyes de la reflexión

Cuando un rayo incide sobre una superficie plana, pulida y lisa y rebota hacia el mismo medio decimos que se refleja y cumple las llamadas "leyes de la reflexión":

1. El rayo incidente forma con la normal un ángulo de incidencia que es igual al ángulo que forma el rayo reflejado con la normal, que se llama ángulo reflejado.
2. El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal están en un mismo plano.

3. Espejos

Espejos planos

En los espejos planos la imagen formada siempre es virtual, derecha y del mismo tamaño que el objeto real. Sin embargo, el espejo plano invierte la orientación horizontal del objeto.

Espejos esféricos

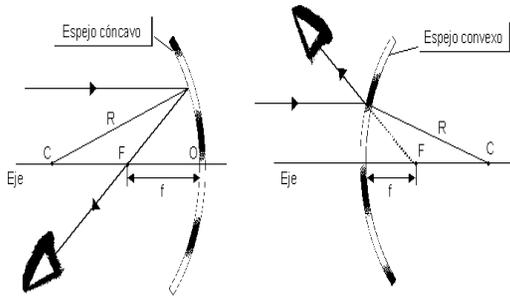
Los espejos basan su funcionamiento en la propiedad de reflexión de la luz.

Los espejos esféricos pueden ser, dependiendo de su forma, cóncavos y convexos:

Espejos convexos

Para determinar el lugar donde se forma la imagen en un espejo convexo y el tipo de imagen que es, debemos considerar dos leyes ópticas que se enuncian a continuación:

1. Un rayo luminoso que llegue al espejo convexo en forma paralela al eje óptico se reflejará divergiendo como si viniese de un punto focal virtual.
2. Un rayo luminoso que incida en el vértice del espejo se reflejará con el mismo ángulo del rayo incidente respecto del eje óptico.



C: Centro de curvatura
R: Radio de curvatura
O: Centro del espejo
F: Foco
f: Distancia focal
Eje: Eje principal o eje óptico

Figura 8. A la izquierda, un espejo cóncavo; a la derecha, uno convexo.

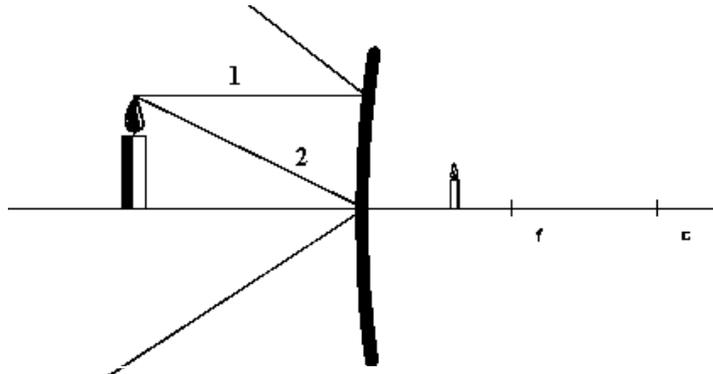


Figura 9. Imagen formada en un espejo convexo.

La imagen formada en un espejo convexo es siempre virtual, derecha y de menor tamaño.

Espejos cóncavos

Para determinar el lugar donde se forma la imagen en un espejo convexo y el tipo de imagen que es, debemos considerar dos leyes ópticas que se enuncian a continuación:

1. Un rayo que llega al espejo en forma paralela al eje óptico, se refleja en dirección al punto focal.
2. Un rayo dirigido al vértice del espejo se reflejará con el mismo ángulo respecto del eje óptico.
3. El rayo dirigido al foco se refleja paralelo al eje óptico.

La imagen que se forma en un espejo cóncavo depende de la ubicación del objeto delante del espejo. Las imágenes formadas, dependiendo de la ubicación del espejo se muestran a continuación.

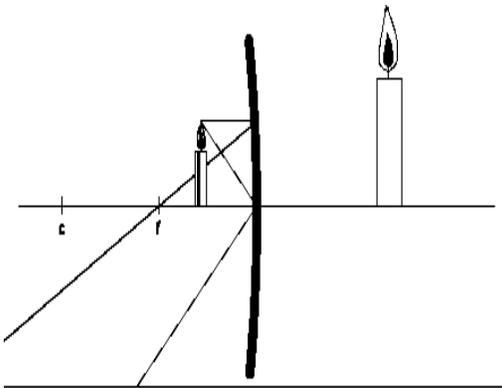
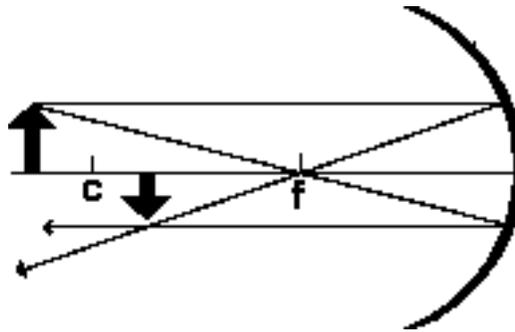


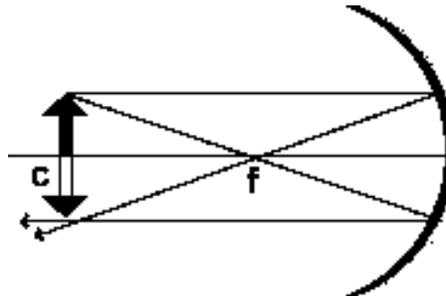
Figura 10. Imagen formada en un espejo cóncavo.

Si el objeto está detrás del centro de curvatura, la imagen formada será:



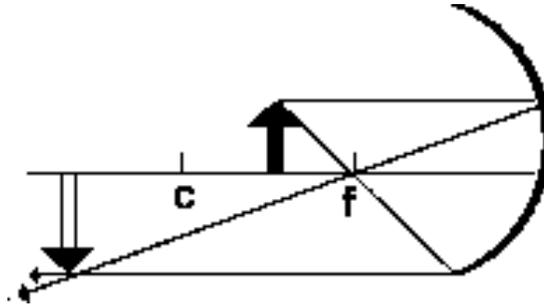
- Real
- De menor tamaño
- Invertida

Si el objeto está en el centro de curvatura, la imagen formada será:



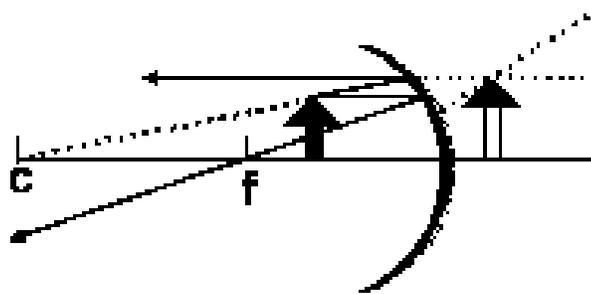
- Real
- De igual tamaño
- Invertida

Si el objeto está entre el centro de curvatura y el foco, la imagen formada será:



- Real
- De mayor tamaño
- Invertida

Si el objeto está entre el foco y el vértice del espejo, la imagen formada será:



- Virtual
- De mayor tamaño
- Derecha

Unidad: La Luz

Refracción de la luz

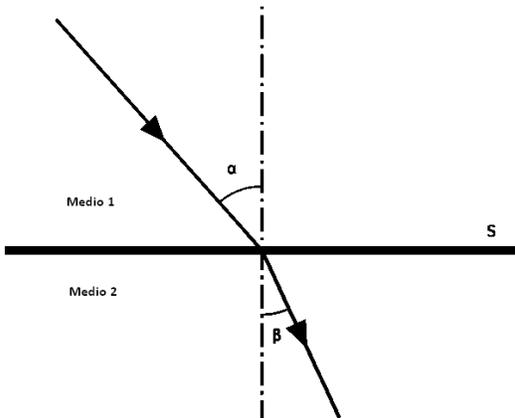


Figura 11. Fenómeno de refracción de la luz

Sustancia	Índice de refracción
Azúcar	1,56
Diamante	2,417
Mica	1,56-1,60
Benceno	1,504
Glicerina	1,47
Agua	1,333
Alcohol etílico	1,362
Aceite de oliva	1,46

Tabla 1. Índice de refracción de algunas sustancias.

1. Refracción de la luz

Se produce cuando la luz pasa de un medio de propagación a otro con una **densidad óptica** diferente, sufriendo un cambio de rapidez y un cambio de dirección si no incide perpendicularmente en la superficie.

Un ejemplo de este fenómeno se ve cuando se sumerge un lápiz en un vaso con agua: el lápiz parece quebrado. También se produce refracción cuando la luz atraviesa capas de aire a distinta temperatura, de la que depende el índice de refracción. Los espejismos son producidos por un caso extremo de refracción, denominado reflexión total.

Índice de refracción

El índice de refracción de un medio homogéneo es una medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio.

Se denomina índice de refracción al cociente entre la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio cuyo índice se calcula. Se simboliza con la letra n y se trata de un valor adimensional.

$$n = c / v$$

Donde:

c : la velocidad de la luz en el vacío (300.000 Km/s)

v : velocidad de la luz en el medio cuyo índice se calcula (agua, vidrio, etc.).

2. Lentes convergentes y divergentes

Los lentes son cuerpos transparentes limitados al menos por una superficie curva. Según sea la forma de las superficies que la limitan, las lentes pueden ser convergentes y divergentes.

Es importante mencionar que las lentes se basan en la propiedad de refracción de la luz.

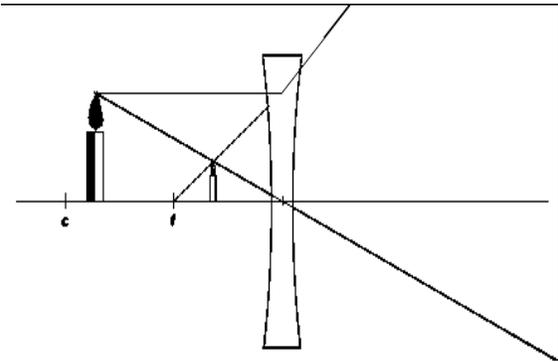


Figura 12. Imagen formada en una lente divergente

Lentes Divergentes

Una lente divergente se caracteriza por tener su centro más angosto y sus extremos más gruesos.

Una lente divergente no puede formar imágenes reales, todas serán virtuales (se forman antes del lente). La imagen que se ve al mirar a través de la lente divergente es más pequeña que el objeto y está derecha respecto de él.

Lentes Convergentes

Las lentes convergentes se caracterizan por tener su centro más grueso y sus bordes más estrechos.

Si el objeto se ubica detrás del punto focal la imagen que se forma es real e invertida respecto del objeto, como se muestra en la figura siguiente.

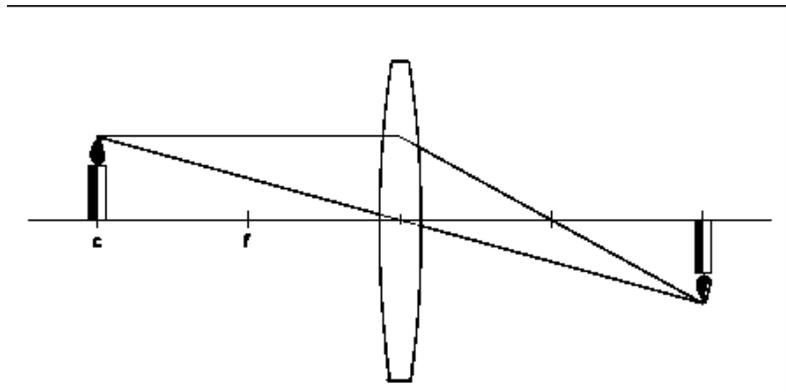


Figura 13. Imagen real e invertida formada en una lente convergente.

Si el objeto se ubica entre el foco y la lente convergente se obtiene una imagen virtual, como se muestra en la siguiente imagen.

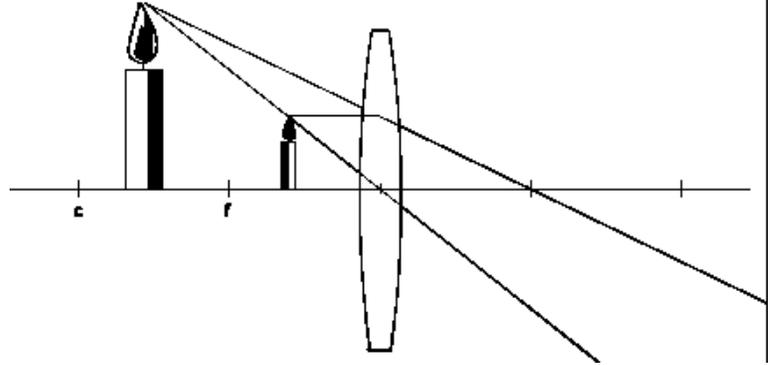


Figura 14. Imagen virtual formada en una lente convergente.

3. *Visión humana y defectos de la visión*

En general, las cámaras fotográficas sencillas funcionan como los ojos de los animales. La lente es el cristalino forma en la retina una imagen invertida de los objetos que enfoca y la retina se corresponde con la película sensible a la luz.

El enfoque del ojo se lleva a cabo debido a que la lente del cristalino se aplanan o redondea; este proceso se llama **acomodación**. En un ojo normal no es necesaria la acomodación para ver los objetos distantes, pues se enfocan en la retina cuando la lente está aplanada gracias al ligamento suspensorio. Para ver los objetos más cercanos, el músculo ciliar se contrae y por relajación del ligamento suspensorio, la lente se redondea de forma progresiva. Un niño puede ver con claridad a una distancia tan corta como 6,3 cm. Al aumentar la edad del individuo, las lentes se van endureciendo poco a poco y la visión cercana disminuye hasta unos límites de unos 15 cm a los 30 años y 40 cm a los 50 años. En los últimos años de vida, la mayoría de los seres humanos pierden la capacidad de acomodar sus ojos a las distancias cortas. Esta condición, llamada presbicia, se puede corregir utilizando unas lentes convexas especiales.



Figura 14. Formación de imágenes en el ojo

Defectos de la visión

- **Presbicia o vista cansada:** es la pérdida de acomodación del ojo, producto de la pérdida de elasticidad del cristalino y endurecimiento de los músculos ciliares. El ojo presbita está enfocado para objetos lejanos y para mirar o leer objetos cercanos es necesario el uso de lentes convergentes para que suplan la convergencia del cristalino.

Otro tipo de alteraciones se pueden deber a la mala conformación del globo ocular; estos defectos reciben en conjunto el nombre de **ametropías**, dentro de estas están la miopía, la hipermetropía y el astigmatismo.

- **Miopía:** se debe a que el globo del ojo es más alargado y las imágenes se forman antes de la retina. Se corrige con lentes divergentes.
- **Hipermetropía:** el globo ocular es más corto que un ojo normal, la imagen se forma detrás de la retina, se corrige con lentes convergentes.
- **Astigmatismo:** se debe a la falta de curvatura de la cornea, se corrige con lentes cilíndricos.

4. El láser

Un láser es un aparato (o dispositivo) que produce un tipo muy especial de luz. La luz láser es intensa. No obstante, sólo ciertos láseres son potentes. Aunque lo parezca, no se trata de una contradicción. La intensidad es una medida de la potencia por unidad de superficie, e incluso los láseres que emiten sólo algunos milivoltios son capaces de producir una elevada intensidad en un rayo de un milímetro de diámetro. En realidad, su intensidad puede ser igual a la de la luz del sol. Cualquier lámpara ordinaria emite una cantidad de luz muy superior a la de un pequeño láser, pero esparcida por toda la sala. Algunos láseres pueden producir muchos miles de vatios continuamente; otros son capaces de producir billones de vatios en un impulso cuya duración es tan sólo la mil millonésima parte de un segundo.

Los haces láser son estrechos y no se dispersan como los demás haces de luz. Esta cualidad se denomina direccionalidad. Se sabe que ni la luz de un potente foco logra desplazarse muy lejos: si se enfoca hacia el firmamento, su rayo parece desvanecerse de inmediato. El haz de luz comienza a esparcirse en el momento en que sale del foco, hasta alcanzar tal grado de dispersión que llega a perder su utilidad. Sin embargo, se han logrado reflejar haces láser de pocos

vattios de potencia sobre la luna y su luz era todavía lo suficientemente brillante para verla desde la tierra. Uno de los primeros haces láser que se disparó contra la luna en 1962 sólo llegó a dispersarse cuatro kilómetros sobre la superficie lunar. ¡No está mal si se considera que se había desplazado cuatrocientos mil kilómetros!

La luz láser es coherente. Esto significa que todas las ondas luminosas procedentes de un láser se acoplan ordenadamente entre sí. Una luz corriente, como la procedente de una bombilla, genera ondas luminosas que comienzan en diferentes momentos y se desplazan en direcciones diversas. Algo parecido a lo que ocurre cuando se arroja un puñado de piedrecillas en un lago. Lo único que se crean son pequeñas salpicaduras y algunas ondulaciones. Ahora bien, si se arrojan las mismas piedrecillas una a una con una frecuencia exactamente regular y justo en el mismo sitio, puede generarse una ola en el agua de mayor magnitud. Así actúa un láser, y esta propiedad especial puede tener diversas utilidades. Dicho de otro modo, una bombilla o un foco son como escopetas de cartuchos, mientras que un láser equivale a una ametralladora.

Los láseres producen luz de un solo color, o es decir, su luz es monocromática. La luz común contiene todos los colores de la luz visible (del espectro), que combinados se convierten en blanco. Los haces de luz láser han sido producidos en todos los colores del arco iris (si bien el más común es el rojo), y también en muchos tipos de luz invisible; pero un láser determinado sólo puede emitir única y exclusivamente un solo color. Existen láseres sintonizables que pueden ser ajustados para producir diversos colores, pero incluso éstos no pueden emitir más que un color en un momento dado. Determinados láseres, pueden emitir varias frecuencias monocromáticas al mismo tiempo, pero no un espectro continuo que contenga todos los colores de la luz visible como pueda hacerlo una ampollita. Además, existen numerosos láseres que proyectan luz invisible, como la infrarroja y la ultravioleta.

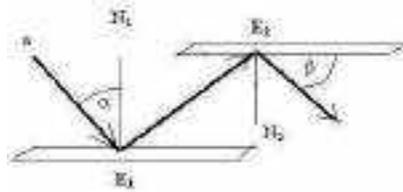
Unidad: La Luz

Ejercicios

1. De las teorías que explican la naturaleza de la Luz, las más aceptadas en la actualidad son: La teoría corpuscular de Newton y la teoría ondulatoria de Huyghens. Ellas proponen:
 - a) **Según Newton**, las ondas de luz son corpúsculos que transportan materia, **Huyghens** afirma que la propiedad de la materia es emitir luz
 - b) **Según Newton**, Los cuerpos son focos que desprenden imágenes, **Huyghen**, al contrario dice que los ojos son focos emisores de luz.
 - c) **Según Newton**, los cuerpos luminosos emiten corpúsculos que al chocar contra la retina dan origen a la sensación luminosa, **Huyghens**. afirma que la luz no es materia sino que su naturaleza es ondulatoria.
 - d) **Según Newton**, un rayo de luz emitido por el ojo, se propagaba en línea recta hasta alcanzar los objetos, **Huyghens**, describió a la luz como un proyectil que provenía del Sol
 - e) **Según Newton**, los cuerpos luminosos emiten los corpúsculos que son pequeñas moléculas de colores, **Huyghens**. afirma que la luz es una propiedad del alma humana.
2. Con respecto a la naturaleza del fenómeno óptico es falso afirmar:
 - a) La luz se propaga como ondas v electromagnéticas
 - b) La luz se puede propagar en el vacío
 - c) La frecuencia en las ondas luminosas tiene relación directa con el color.
 - d) Actualmente se acepta la doble naturaleza de la luz
 - e) Si la luz no necesita de un medio para propagarse, no se produce el fenómeno de la absorción.
3. El fenómeno de la **reflexión** en las ondas luminosas consiste en:
 - a) La absorción y cambio de dirección que sufren los rayos luminosos en el vacío
 - b) El rechazo y cambio de dirección al chocar sobre una superficie.
 - c) La propagación de un medio a otro
 - d) Las ondas transversales de la onda electromagnéticas
 - e) Un fenómeno que sucede en la retina del ojo

4. Se puede establecer entre **reflexión** y **refracción** de una onda luminosa, la siguiente diferencia:
- La reflexión sucede en las ondas luminosas de tipo mecánicas, y la refracción es para ondas de tipo electromagnéticas
 - La reflexión es un fenómeno que cambia la frecuencia de una onda convirtiéndola en una onda refractada
 - La reflexión se puede dar en un medio, la refracción se da en la propagación entre dos medios
 - No existe diferencia, es un mismo fenómeno, dependiendo de la velocidad de propagación de la onda luminosa
 - Todas las anteriores
5. La luz, al igual que todo fenómeno ondulatorio esta sujeto a una serie de propiedades entre estas están:
- Intensidad, tono, timbre, duración
 - Rarefacción, dilatación, compresión, elongación
 - Forma, color, volumen, densidad
 - Reflexión, Refracción, Difracción, Absorción
 - Ondulación, vibración, ciclo, frecuencia
6. El índice de refracción es una unidad adimensional que se determina como:
- La razón entre la longitud de onda y el periodo de una onda.
 - El producto entre la frecuencia y la longitud de onda.
 - El cuociente entre la velocidad del sonido y la velocidad de la luz.
 - La suma de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en la sustancia.
 - La razón entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en la sustancia.
7. De los siguientes fenómenos naturales, cuales tienen propagación ondulatoria.
- Los temblores
 - El sonido
 - La luz
 - Los vientos
 - La lluvia
- Todos
 - I, II, III
 - III, IV, V
 - Solo II
 - Ninguno

8. Dos espejos E1 y E2 están dispuestos de manera que $E1 \parallel E2$. Un haz de luz incidente a se refleja en el espejo E1 en un ángulo α de 60° con la normal $N1$. El rayo reflejado a su vez incide sobre E2. En relación a las leyes de reflexión. ¿Cuál es la medida del ángulo β ?



- a) 20°
 b) 30°
 c) 60°
 d) 90°
 e) No se puede determinar
9. ¿En qué difiere la luz que emite un láser de la luz emitida por una ampolla común?
- a) Los haces de un láser son estrechos y no se dispersan como los de una ampolla común
 b) Los haces de una ampolla común son estrechos y no se dispersan como los de un láser
 c) La ampolla común tiene mayor direccionalidad que el láser
 d) La luz de la ampolla, a diferencia del láser es coherente; todas sus ondas se acoplan ordenadamente
 e) El láser puede producir simultáneamente luz de muchos colores, La ampolla común no

10. Con respecto al índice de refracción es falso afirmar que:

- a) Es un número adimensional
 b) Usualmente es mayor que la unidad
 c) Se debe a la variación de la frecuencia de una onda de luz
 d) Se debe a la variación de la longitud de ondas de un haz de luz
 e) Está en relación directa con la velocidad de propagación del medio

11. Según su naturaleza las ondas se clasifican en mecánicas y electromagnéticas, de acuerdo a esto es verdadero que:

- I. El sonido y la luz son ondas electromagnéticas
 II. La velocidad de la onda mecánica es menor que la electromagnética
 III. Ambas están sujetas a las mismas leyes y propiedades
 IV. Las ondas mecánicas, necesitan un medio para propagarse

- a) Solo I y II
 b) I, II, III
 c) II, III, IV
 d) I, III, IV
 e) todas

12. La luz necesita 1,28 s para viajar de la Luna a la Tierra. ¿Cuál es la distancia entre ellas?

- a) 284.375 km
 b) 435.200 km
 c) 384.000 km
 d) $384 \cdot 10^6$ km
 e) $384 \cdot 10^{12}$ km

13. El Sol se encuentra a $1,5 \times 10^8$ km de la Tierra. ¿Cuánto tiempo emplea la luz del Sol para llegar a la Tierra?
- $5 \cdot 10^{15}$ s
 - $0,5 \cdot 10^8$ s
 - $2,5 \cdot 10^8$ s
 - 5000 s
 - 500 s

14. ¿Qué frecuencia tienen un microondas cuyas longitudes de onda son de 3 cm? (Considere que la velocidad de la luz es igual a 3×10^8 m/s?)

- 10^8 Hz
- 10^{10} Hz
- 10^{12} Hz
- 10^{-8} Hz
- 10^{-8} Hz

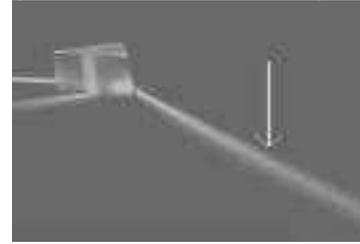
15. Un rayo de luz que ha viajado 3 segundos en el vacío, pasa a otro medio cuyo índice de refracción es $n = 1,2$ por el que viaja el doble de tiempo, entonces, siendo $c = 3 \cdot 10^5$ km, el camino óptico total, expresado en kilómetros es:

- 3 c
- 4,5 c
- 6 c
- 8 c
- 9 c

16. La longitud de onda de la luz roja es: 700 nm, convierta a metros esta medida:

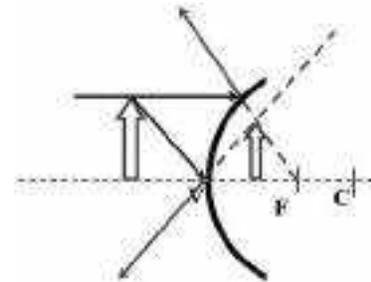
- $700 \text{ nm} = 0,7 \times 10^{-9} \text{ m} = 0,0000007 \text{ m}$
- $700 \text{ nm} = 7 \times 10^{-9} \text{ m} = 0,0000007 \text{ m}$
- $700 \text{ nm} = 70 \times 10^{-9} \text{ m} = 0,0000007 \text{ m}$
- $700 \text{ nm} = 700 \times 10^{-9} \text{ m} = 0,0000007 \text{ m}$
- $700 \text{ nm} = 7000 \times 10^{-9} \text{ m} = 0,0000007 \text{ m}$

17. La siguiente figura, corresponde a un haz de luz sobre un prisma. Lo que indica la flecha corresponde a:



- El espectro solar
- El espectro de luz visible
- El rayo reflejado
- Un rayo incidente absorbido
- N.A

18. La figura siguiente, corresponde a una imagen reflejada en un espejo convexo. ¿Cuál de las alternativas es verdadera?



- La imagen reflejada es virtual
- La imagen refractada es real
- La imagen se presenta derecha
- La imagen reflejada es de menor tamaño

- Solo I y II
- I, II, III
- I, III, IV
- I, II, IV
- Todas las anteriores

19. Un rayo de luz en un medio material desconocido (x), demora un 20% más, que el tiempo que demora en recorrer la misma distancia en el vacío. Entonces el índice de refracción del medio x es:
- 0,2
 - 1,2
 - 1,5
 - 20
 - no se puede determinar, pues no se conoce la velocidad de la luz en el medio x .
20. Si la luz no fuese una onda, entonces no podríamos dar una explicación satisfactoria al fenómeno de la:
- interferencia
 - propagación en el vacío
 - reflexión regular
 - reflexión difusa
 - refracción
21. Supongamos que en el espacio hubiesen ciertos cuerpos que absorbieran todos los rayos luminosos que llegaran a él. En tal caso, el cuerpo se vería:
- blanco
 - negro
 - transparente
 - actuaría como espejo
 - actuaría como una lente
22. Las teorías fundamentales sobre la naturaleza de la luz son:
- opuestas
 - incompatibles
 - complementarias
 - mutuamente excluyentes
 - no se tiene información para decidir sobre ellas
23. Si la velocidad de propagación de la luz en el vacío es " c ", entonces en el interior de un material transparente es, comparada con " c ":
- igual a " c "
 - menor que " c "
 - mayor que " c "
 - depende del material transparente
 - depende de la longitud de onda de la luz incidente
24. Dos colores distintos percibidos por el ojo humano, es luz que se diferencia en:
- la frecuencia
 - la velocidad de propagación
 - la energía con que llega al ojo
 - la fuente emisora de luz
 - la potencia luminosa con que llega al ojo
25. Las plantas son verdes por la clorofila que contienen. ¿Qué parte de la luz visible es la que la planta transforma en energía química?
- el 100% de la luz visible
 - toda la luz visible con excepción de la verde
 - sólo la cantidad de luz verde de toda la visible
 - ninguna parte, pues toda es reflejada
 - la mitad de la luz incidente
26. El color de los objetos se debe al color de la luz:
- Incidente
 - Absorbida
 - Refractada
 - reflejada
 - natural

27. El principio de Fermat establece que:
- la luz se refleja siempre completamente
 - la luz se propaga en línea recta
 - de todos los caminos posibles entre dos puntos, que puede seguir un rayo de luz, éste escoge el más largo
 - de todos los caminos posibles entre dos puntos, que puede seguir un rayo de luz, éste escoge el más corto
 - la luz se curva al pasar cerca de un objeto altamente absorbente
28. La difracción de la luz se produce cuando ésta pasa por ranuras pequeñas y consiste en que:
- se forman zonas nítidamente separadas de luz y sombras
 - la luz se despliega en abanico y parece doblarse
 - la luz se refracta formando zonas de sombras y luz
 - la luz sigue la trayectoria rectilínea que traía
 - la luz rebota reflejándose al llegar a la ranura pequeña
29. En el espectro electromagnético, dado que $1 \text{ nanómetro} = 1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$, la región de longitud de onda a la que el ojo humano reacciona queda en el rango:
- 10 – 50 nm
 - 400 – 750 nm
 - 2000 – 4000 nm
 - 20000 – 50000 nm
 - 100000 – 200000 nm
30. Sobre una superficie de agua incide un rayo de luz con un ángulo de incidencia agudo. Dentro del agua, la magnitud que cambia es:
- la longitud de onda
 - la frecuencia
 - la velocidad de propagación
 - la dirección de propagación
- De las afirmaciones anteriores, se cumple(n):
- sólo I y II
 - sólo II, III y IV
 - sólo I, III y IV
 - sólo III y IV
 - todas
31. La imagen formada por un objeto, dispuesto a una distancia mayor al foco, frente a un espejo cóncavo es:
- siempre real e invertida
 - puede ser real
 - siempre real y aumentada
 - siempre real y reducida
 - puede ser virtual
32. Si en el foco de una lente convergente (lupa) se coloca un objeto, la imagen producida es:
- virtual, derecha y aumentada
 - virtual, invertida y reducida
 - virtual, derecha y reducida
 - real, invertida y aumentada
 - real, invertida y reducida

33. La luz incidente sobre una superficie puede experimentar:
- I) reflexión
 - II) absorción
 - III) refracción
- De las afirmaciones anteriores, es (son) verdadera(s):
- a) sólo I
 - b) sólo I y II
 - c) sólo I y III
 - d) sólo II y III
 - e) I, II y III
34. El comportamiento dual de la luz se refiere a que:
- a) en su propagación transporta energía y momento
 - b) en su propagación transporta materia y energía
 - c) en su propagación se puede considerar como onda o como partícula
 - d) se propaga en el vacío o en medios transparentes
 - e) cuando incide sobre una superficie transparente, una parte se refleja y otra parte se transmite
35. Si un año luz es aproximadamente $9,6 \cdot 10^{15}$ m, ¿Cuánto tiempo tarda la luz en recorrer una distancia de un año luz?
- a) $3,2 \cdot 10^7$ s
 - b) $3,0 \cdot 10^{15}$ s
 - c) $3,5 \cdot 10^8$ s
 - d) $28,8 \cdot 10^{23}$ s
 - e) $29 \cdot 10^{15}$ s
36. ¿Cuál es el rango de las longitudes de onda, desde la más corta hasta la más larga que el ojo humano puede detectar?
- a) Entre 380 nm y 780 nm. 380 nm corresponde a la luz blanca y 780 nm corresponde a la luz negra.
 - b) Entre 380 nm y 780 nm. 380 nm corresponde a la luz violeta y 780 nm corresponde a la luz roja.
 - c) Entre 1 nm y 800 nm. 1 nm corresponde a la luz violeta y 800 nm corresponde a la luz roja.
 - d) Entre 1 nm y 800 nm. 1 nm corresponde a la luz blanca y 800 nm corresponde a la luz negra.
 - e) Entre 830 nm y 80 nm. 830 nm corresponde a la luz amarilla y 80 nm corresponde a la luz roja.
37. Señala la diferencia que existe entre lente convergente y lente divergente.
- a) En los convergentes el haz de luz se refleja, en los divergentes se refracta.
 - b) Convergentes: el haz de luz se concentra entre sus superficies, Divergentes: se absorbe
 - c) Convergentes el haz de luz tiende a separarse, Divergentes tienden a juntarse en un punto
 - d) En los convergentes el haz de luz tiende a juntarse en un punto, en los divergentes tienden a separarse
 - e) Todas las anteriores

38. ¿Por qué un objeto se ve negro?
- Un objeto se ve negro, porque se reflejan todos los colores.
 - Un objeto se ve negro, porque se refractan todos los colores.
 - Un objeto se ve negro si refleja luz de 400nm a 700nm.
 - Un objeto se ve negro porque absorbe las ondas de luz.
 - Un objeto se ve negro si este no refleja luz de algún color.
39. Si la iluminación es inversamente proporcional a la distancia de separación, entre la fuente luminosa y el objeto iluminado, al cuadrado. ¿Cual será la variación que experimentará una fuente luminosa que "alumbra" con cierta intensidad, a un metro de distancia, cuando se retira a tres metros de distancia?
- Alumbra con igual intensidad.
 - Alumbrará cuatro veces más.
 - Alumbrará cuatro veces menos.
 - Alumbrará nueve veces menos
 - Alumbrará nueve veces menos
40. Las ondas se abren en abanico al pasar por una abertura. Este efecto es más o menos pronunciado cuanto más angosta sea la abertura, ¿cómo se llama este efecto?
- Reflexión
 - Refracción
 - Absorción
 - Difracción
 - Índice de refracción
41. Una fuente puntual de luz está a 2 m de una pantalla A y a 4 m de una pantalla B. ¿Cómo es la iluminación de la pantalla B, comparada con la iluminación de la pantalla A?
- La pantalla A, recibe un cuarto menos de iluminación.
 - La pantalla B, recibe un cuarto menos de iluminación.
 - Las dos pantallas reciben igual cantidad de iluminación.
 - La pantalla A, recibe el doble de la iluminación de la que recibe la pantalla B.
 - La pantalla B, recibe el doble de la iluminación de la que recibe la pantalla A.
42. Se tiene una pequeña lámpara de lectura a 35 cm de las páginas de un libro. Se decide doblar la distancia. ¿Cómo es la nueva iluminación sobre el libro?
- Es cuatro veces menor.
 - Es cuatro veces más.
 - Es dos veces menos.
 - Es dos veces mas
 - Ninguna de las anteriores

43. Un espejo cóncavo y uno convexo corresponden, respectivamente.

- a) A un espejo que refleja la imagen, al contrario del convexo, que refracta la imagen
- b) A una superficie pulida externa que le da la propiedad de ser divergente, La segunda a una superficie pulida interna, es convergente.
- c) A una superficie pulida interna que le da la propiedad de ser convergente, La segunda a una superficie pulida externa, es divergente.
- d) A un espejo que muestra una imagen virtual, el segunda la muestra real
- e) A un espejo de superficie rugosa, El segundo a uno de superficie pulida.

44. Se sabe que el índice de refracción de una luz monocromática con respecto al vacío es mayor en el material A que en el material B. Luego , la velocidad de propagación de la luz:

- a) Es mayor en A que en B
- b) Es igual en ambos medios
- c) Es menor en A que en B
- d) Es mayor con respecto al vacío en ambos medios
- e) Se requiere de información adicional para determinarla

Respuestas Correctas

Ejercicio	Alternativa
1	C
2	E
3	B
4	C
5	D
6	E
7	B
8	B
9	A
10	D
11	C
12	C
13	E
14	B
15	D
16	D
17	B
18	C
19	B
20	A
21	B
22	C
23	B
24	A
25	B
26	D
27	D
28	B
29	B
30	C
31	D
32	A
33	E
34	C
35	A
36	B
37	D
38	D
39	D
40	D
41	B
42	A
43	C
44	C

MAPA CONCEPTUAL 6

MAPA CONCEPTUAL 7

Capítulo 5

Calor y Temperatura

- Temperatura
- Materiales y Calor
- Ejercicios
- Mapa conceptual

Unidad: Calor y Temperatura

Temperatura

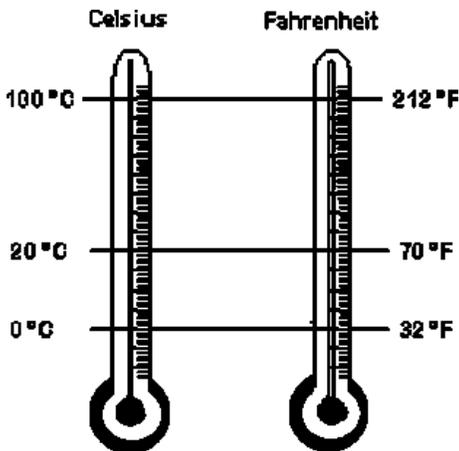


Figura 1. Comparación entre la escala Celsius y Fahrenheit.

1. Concepto de temperatura

Diremos que “la temperatura es un indicador del nivel de agitación de las partículas de un cuerpo o sustancia”⁸.

Es común que al lavar nuestra ropa, con el objetivo de sacar una determinada mancha, usemos agua caliente en vez de agua fría. La razón es que las moléculas de agua caliente se mueven más aprisa que las partículas de agua fría, por lo tanto las partículas de agua caliente “golpean” más veces, la mancha que queremos sacar, que el agua fría.

2. Escalas termométricas

Las escalas de temperaturas fueron desarrolladas por los científicos con el propósito de comunicar y comparar sus resultados. Las tres escalas más utilizadas son la Celsius, Fahrenheit y Kelvin.

Escala Celsius (°C): El físico Anders Celsius propuso una escala basada en las propiedades del agua. En esta escala, a la temperatura del punto de congelamiento del agua pura a nivel del mar se le asigna el cero (0 °C), y la temperatura del punto de ebullición del agua se le asigna 100 °C.

En la escala Celsius la temperatura corporal del ser humano es aproximadamente de 37 °C. No existe un límite superior en las temperaturas del Universo.

Escala Fahrenheit (°F): Esta escala, al igual que la Celsius, esta basada en las propiedades del agua. Al punto de congelamiento del agua a nivel del mar se le asigno el valor de 32 °F y al punto de ebullición del agua a nivel del mar, se le asigna el valor de 212°F. En esta escala, al igual que la Celsius, existen temperaturas negativas y no existe un límite superior para esta escala.

Escala Kelvin (K): En la naturaleza hay un límite inferior de temperatura. Al enfriar un gas, su temperatura disminuye a $-273,15$ °C, se reduce al espacio ocupado por las partículas que la componen. Toda la energía térmica que el gas tuvo en un momento dado se hace cero. Consecuente con esto, es imposible bajar aun más la temperatura, no existen temperaturas más bajas que $-273,15$ °C. A esta temperatura se le asigna como **cero absoluto**. La escala de temperaturas de Kelvin está referida al cero absoluto. El 0 Kelvin equivale a cero actividad o agitación molecular. El punto de

⁸ Francisco Soto Arteaga. Física II medio. 1ª Edición. Editorial Zig-Zag, Chile: 2008. Pág. 84.

Junta de dilatacion

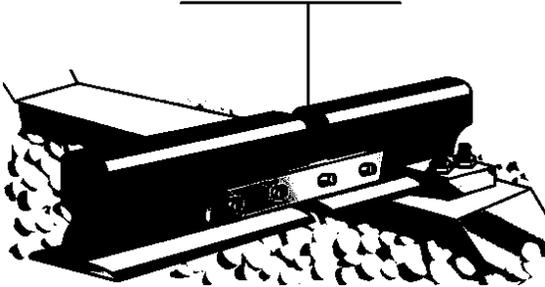


Figura 2. Las juntas de dilatación se usan en las líneas de ferrocarril con el fin que no se deformen producto de la dilatación.



Figura 3. Las juntas de dilatación también se usan en los puentes, con la finalidad de que el concreto ceda cuando se dilate y este no se agriete.

congelamiento del agua en esta escala es 273,15 K y el punto de ebullición 373,15 K.

Para convertir de una a otra escala de temperaturas, existen algunas relaciones, las cuales se presentan a continuación:

1. Para convertir de grados Celsius a grados Fahrenheit:

$$F = \frac{9}{5} \cdot C + 32$$

2. Para convertir de grados Fahrenheit a grados Celsius:

$$C = (F - 32) \cdot \frac{5}{9}$$

3. Para convertir de grados Celsius a grados Kelvin:

$$K = C + 273,15$$

4. Para convertir de grados Kelvin a grados Celsius:

$$C = K - 273,15$$

3. Dilatación térmica

El Calor dilata los cuerpos, este fenómeno en el cual los cuerpos aumentan de tamaño (su volumen) al absorber calor se denomina **dilatación térmica**.

Dilatación lineal

Aunque los cuerpos se dilatan en todas sus dimensiones, tiene especial interés la dilatación lineal, que es la que se produce en cuerpos en los que predomina un aumento de la longitud (vigas, varillas, etc). La variación de longitud para la dilatación lineal de una varilla se obtiene aplicando la ecuación:



$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Materia I	λ ($^{\circ}\text{C}$) ⁻¹	Material	λ ($^{\circ}\text{C}$) ⁻¹
Latón	$18 \cdot 10^{-6}$	Vidrio	$8 \cdot 10^{-6}$
Fierro	$10 \cdot 10^{-6}$	Aluminio	$24 \cdot 10^{-6}$
Acero	$12 \cdot 10^{-6}$	Plomo	$29 \cdot 10^{-6}$
Cobre	$17 \cdot 10^{-6}$	Concreto	$12 \cdot 10^{-6}$
Bronce	$19 \cdot 10^{-6}$	Cinc	$29 \cdot 10^{-6}$

Tabla 1. Coeficientes de dilatación lineal de algunos materiales comunes.

Donde:

ΔL : variación de longitud, en metros (m)

L_0 : longitud inicial de la varilla, en metros (m)

α : es una constante, denominada coeficiente de dilatación lineal, cuyo valor depende del material que estemos considerando y que se mide en grados centígrados inversos ($1/^{\circ}\text{C}$)

$\Delta T = T_f - T_i$: Variación de temperatura, en $^{\circ}\text{C}$

La constante α , el coeficiente de dilatación lineal, es la variación que experimenta una barra de largo una unidad (cm, m, pies etc.) cuando la temperatura varía 1°C .

Dilatación superficial

Se considera que un cuerpo se dilata superficialmente cuando aumenta considerablemente su área (o superficie). Esto sucede en planchas metálicas, baldosa, vidrios, discos, etc. La ecuación que permite calcular la variación de superficie de un cuerpo, es la siguiente:

$$\Delta S = S_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta T$$

Donde:

ΔS : variación de superficie, en m^2

S_0 : superficie inicial de la varilla, en m^2

Dilatación volumétrica

La dilatación volumétrica, que es un aumento de volumen del cuerpo, se produce en cuerpos donde sus tres dimensiones (largo, ancho y fondo) son considerables. Por ejemplo, en un cubo. La ecuación que nos permite determinar la variación de volumen de un cuerpo, es la siguiente:

$$\Delta V = V_0 \cdot 3\alpha \cdot \Delta T$$

Donde:

ΔV : variación de volumen, en m^3

V_0 : volumen inicial de la varilla, en m^3

Unidad: Calor y Temperatura

Materiales y calor

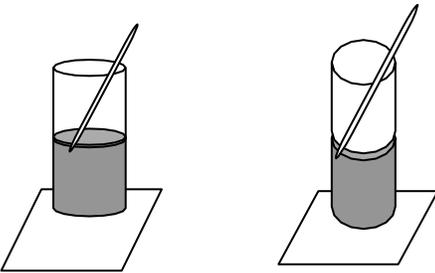


Figura 4. Explicación de la diferencia entre temperatura y calor.

1. Concepto de calor

En la vida diaria usamos muy a menudo dos palabras cuyo significado suele confundirse: **calor y temperatura**. Aunque están ligados, son dos conceptos diferentes. ¿Cuál es la diferencia?

Calor es una de las formas en que se manifiesta la energía, El calor es la transferencia de energía a través de la frontera de un sistema que resulta de una diferencia de la temperatura entre el sistema y sus alrededores. Este depende de la energía cinética de las moléculas del cuerpo y están en función de la temperatura. El calor se manifiesta al aumentar la temperatura de los cuerpos, dilatarlos, cambiar el estado de ciertos elementos, las deformaciones y muchos otros fenómenos.

Para explicarla hagamos la siguiente comparación: si en un recipiente echamos agua, ésta alcanzará un cierto nivel. Si se echa más agua, el nivel sube, pero nadie confundirá la cantidad de agua con el nivel del agua. Una diferencia semejante hay entre cantidad de calor y temperatura. Al calentar agua en un recipiente, se le entrega una cierta cantidad de calor, y la temperatura o nivel de calor, sube, como sube el nivel del agua cuando se echa más en el recipiente.

Más todavía: dos cuerpos pueden tener la misma temperatura y distintas cantidades de calor. Si hacemos hervir agua en los dos recipientes de arriba, la temperatura alcanza la misma para los dos, 100°C , pero el que tiene más agua tiene mayor cantidad de calor.

Otro ejemplo, la llama de un fósforo no alcanza a fundir completamente un trozo de hielo, a pesar que la temperatura de la llama es de unos 700°C ; en cambio, en un recipiente con agua a unos 50°C , el trozo de hielo se funde rápidamente. La llama de fósforo tiene alta temperatura, pero poca cantidad de calor. El agua contenida en el recipiente tiene baja temperatura, pero más cantidad de calor.

La idea de que el calor es energía fue presentada por Benjamín Thompson (conde de Rumford), un ingeniero militar que en 1798 trabajaba en la fabricación de tubos de cañón. Al observar el calentamiento de las piezas de acero que eran perforadas, pensó atribuir este calentamiento al trabajo realizado contra la fricción durante el barrenado. En otras palabras, consideró que la energía empleada en la realización de dicho trabajo era transmitida a las piezas, produciendo un incremento en su temperatura. Por tanto, la vieja idea de que un cuerpo más caliente posee mayor cantidad de "calórico", empezaba a ser sustituida por el concepto de energía interna del cuerpo.

Calor es la energía que transmite de un cuerpo a otro, en virtud únicamente de una diferencia de temperatura

1 cal, es la cantidad de calor que debe transmitirse a 1 g de agua para que su temperatura se eleve en 1°C

1 cal = 4,18 J \Rightarrow 1J = 0,24 cal

La divulgación de estas ideas dio lugar a muchas discusiones entre los científicos de la época. Algunos efectuaron experimentos que confirmaron las suposiciones de Rumford. Entre estos científicos debemos destacar a James P. Joule (1818 – 1889), cuyos famosos experimentos acabaron por establecer, definitivamente que el calor es una forma de energía.

Actualmente, se considera que cuando crece la temperatura de un cuerpo, la energía que posee en su interior, denominada energía interna, también aumenta. Si este cuerpo se pone en contacto con otro de más baja temperatura, habrá una transmisión o transferencia de energía del primero al segundo, energía que se denomina **Calor**.

Una vez establecido que el calor es una forma de energía, es obvio que una cierta cantidad de calor debe medirse en unidades energéticas. Entonces, en Sistema Internacional (S.I), mediremos el calor en **Joules (J)**.

Pero en la práctica actual se emplea aún otra unidad de calor, muy antigua, la cual recibe el nombre de **caloría (cal)**.

2. Calorimetría

Calor específico de las sustancias (c)

La capacidad calorífica específica o simplemente calor específico. El término específico indica que la magnitud se toma con respecto a la unidad, en este caso de masa. **El calor específico** es la cantidad de calor necesario para elevar en un grado la temperatura de una masa unitaria de sustancia. Comúnmente, como unidad de calor específico se emplea **calorías/g°C**, aunque también se utiliza **Joule/ Kg K**.

Sustancia	Cal/g °C	J/Kg K
Agua	1	4,180
Aluminio	0,22	900
Cobre	0,09	374
Oro	0,03	130
Hierro	0,11	450

Tabla 2. Calor específico de algunas sustancias a 15 °C y 1 atmósfera de presión.

Calor Cedido o Recibido Por un cuerpo (Q)

La cantidad de calor Q necesario para producir un cambio ΔT en la temperatura en un cuerpo se expresa matemáticamente como:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

En la ecuación m es la masa del cuerpo, ΔT es la variación de la temperatura del cuerpo y c su calor específico

3. Mecanismos de transferencia de calor

El calor se mueve desde un cuerpo o sustancia a mayor temperatura, a otro de menor temperatura. Cuando nos ubicamos cerca del fogón de una chimenea o de una fogata, sentimos el calor agradable que genera la combustión de los trozos de madera. Los mecanismos conocidos mediante los que se propaga el calor de un lugar a otro son tres: conducción, convección y radiación.

Conducción

Cuando el calor se propaga a lo largo de un cuerpo sin que medie transporte de material, estamos frente a la modalidad de propagación del calor que recibe el nombre de conducción. Es el caso de la cañería de cobre que sujetamos de uno de sus extremos en la malla de un quemador, o de las barras metálicas u objetos metálicos colocados en agua caliente. El extremo que se encuentra fuera del agua también se calienta.

En el caso de la conducción, el calor se mueve a lo largo del material sin que medie un transporte neto de material. Los metales en general son buenos conductores del calor. En especial el cobre, la plata y el oro. El calor se transporta con facilidad por ellos. El acero inoxidable, no es tan buen conductor del calor como el cobre.

Por otra parte, están los materiales que son malos conductores del calor, como el vidrio, la madera, y algunos plásticos, los cuales se conocen como aisladores térmicos.

Cabe puntualizar que no existe un material que no conduzca nada de calor, al ser sumergidos sus extremos en fuentes térmicas a distintas temperaturas. Hay materiales que son mejores aisladores que otros. Buenos aisladores térmicos son el vidrio, la cerámica, y la madera.

La cantidad de calor que conduce una varilla metálica en cada segundo depende del material del cual está hecha de varilla, de la diferencia de temperatura entre los extremos, del diámetro y de la longitud de la barra.



Figura 5. Conducción de calor en una barra metálica.

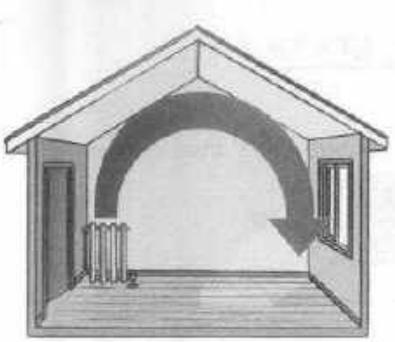


Figura 6. Cuando un radiador calienta un cuarto se establecen corrientes convectivas.

Convección

La modalidad de transporte de calor que se produce cuando éste puede ser transportado por una sustancia, mediante el movimiento de dicha sustancia de un lugar a otro, se llama convección.

Un ejemplo típico de convección es el que se produce en gases y líquidos. Al aumentar localmente la temperatura de estas sustancias, ellas se dilatan, ocupando la misma masa un volumen mayor o lo que es lo mismo, hay menos masa en cada cm^3 lo que sucede es que disminuye su densidad y, por lo tanto, el peso de la sustancia por unidad de volumen.

La masa menos densa es desplazada por la más densa, que se encuentra más lejos, más fría, y por encima de la fuente de calor. Como resultado de lo anterior, el agua caliente sube y el agua fría baja, quedando cerca de la fuente de calor donde se calienta, y el proceso se repite.

El movimiento global de fluido, causado por las diferencias de temperatura interna, forma corriente de convección térmica. Estas corrientes de convección van aumentando lentamente la temperatura de toda la sustancia contenida en el recipiente.

Los vientos son causados por corrientes de convección. La superficie de la Tierra, calentada por sus rayos solares, calienta a su vez el aire en contacto con ella, que es desplazado por el aire más frío que se encuentra más arriba.

Radiación

Coloca un vidrio de ventana delante de un calefactor de cuarzo encendido. ¿Siente en tu piel el calor radiante que proviene de la estufa?

El vidrio que se interpone entre tu piel y los calefactores, evita el traslado de materia desde el calefactor a tu piel.

La sensación térmica que sentimos en la piel al exponerla al Sol, es causada por la energía radiante que proviene de este astro. Esta energía viaja grandes distancias hasta llegar a la Tierra donde nosotros nos encontramos. En la mayor parte de su recorrido, no hay medios materiales por los cuales esta energía pueda moverse. Se propaga en el espacio vacío, pero también lo puede hacer por ciertos materiales como el vidrio.

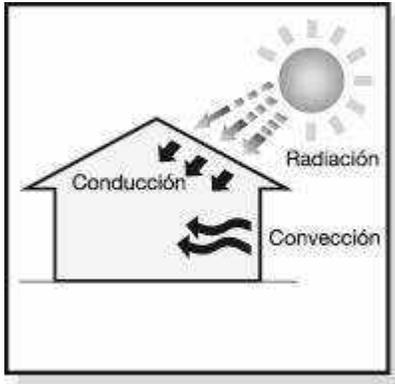


Figura 7. En el proceso de calentamiento de una casa existen los 3 procesos de transferencia de calor.

La luz natural que penetra en las habitaciones por los ventanales cerrados, es una evidencia cotidiana de esta propiedad de la energía radiante luminosa. El calor radiante recibe el nombre de radiación infrarroja. El cuarzo es transparente a la radiación infrarroja, como también lo es el aire.

Los calefactores de cuarzo emiten una gran cantidad de radiación infrarroja. Si colocamos la mano o cualquier parte de nuestro cuerpo en el camino de esta radiación, sentimos calor. La piel absorbe la radiación infrarroja, el aire no.

4. Cambios de fase (o estado)

Los cambios de fase se resumen en la figura 8.

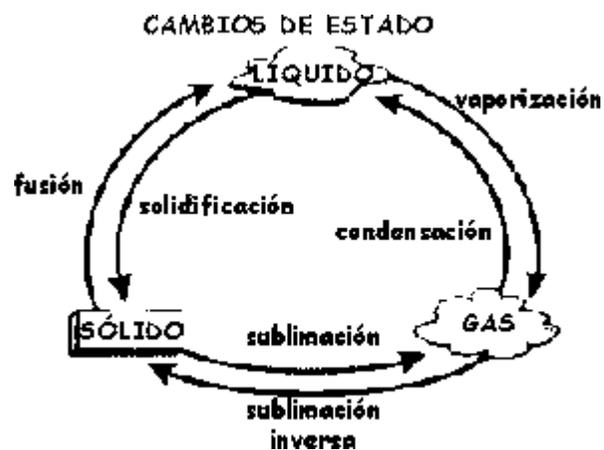


Figura 8. Cambios de fase (estado).

Calor latente de fusión (L_f)

Cada gramo de una sustancia sólida, requiere de una cantidad de calor determinado para fundirse. Esta cantidad de calor recibe el nombre de calor latente de fusión. Existe una relación que permite calcular la cantidad de calor que se necesita para que una masa m de una sustancia se funda.

$$Q = m \cdot L_f$$

Donde:

L_f : Calor latente de fusión, en (cal/gr)

m : masa de la sustancia, en kilogramos (Kg)

El calor de fusión de agua es de aproximadamente 80 cal/g esto es, si se tiene hielo a 0 °C, se necesitan 80 calorías de energía para derretir un gramo de este hielo. Por su parte, para solidificar un gramo de agua cuya temperatura es de 0°C, se le deben sacar 80 calorías. Cada sustancia tiene un calor de fusión determinado.

Si se quiere enfriar una bebida le agregamos cubos de hielo. ¿Por qué no se utiliza agua fría? muy simple: el hielo absorbe 80 calorías de la bebida por cada gramo de hielo que se derrite. Unos pocos gramos de hielo en la bebida absorben una buena cantidad de calorías. El poder de enfriamiento de hielo es mucho mayor que el del agua fría. Aproximadamente 80 veces mayor por gramos.

Calor latente de vaporización (L_v)

Cada gramo de un líquido a temperatura de ebullición, requiere una cantidad determinada de calor para transformarse en vapor. Esta cantidad de calor se conoce como calor latente de vaporización. El del agua a 100°C es de 540 cal/g es decir, cada gramo de agua a la temperatura de ebullición requiere de 540 calorías para evaporarse. Existe una relación que permite calcular la cantidad de calor que se necesita para que una masa m de una sustancia se evapore:

$$Q = m \cdot L_v$$

Donde:

L_v : Calor latente de fusión, en (cal/gr)

m : masa de la sustancia, en kilogramos (Kg)

Los líquidos se evaporan inclusive a temperaturas por debajo de las de ebullición, y al evaporarse requieren una cantidad de calor por gramo, aproximadamente igual a su calor de evaporación.

Al condensarse un gas (paso del estado gaseoso al estado líquido), entrega una cantidad de calor igual a su calor de vaporización. El gas de agua se conoce como vapor.

El vapor de agua forma nubes. Al condensarse el vapor de agua de las nubes, entrega una gran cantidad de calor al aire. Este calor adicional producto de la condensación de agua es la causa de la formación de violentas tormentas y tornados.

	Punto de fusión (°C)	Calor latente de Fusión (cal/g)	Punto de Ebullición (°C)	Calor latente de vaporización (cal/g)
Agua	0	79,7	100	539
Alcohol	-114	24,9	78	204
Azufre	119	13,2	444	
Mercurio	-39	2,82	357	65
Nitrogeno	210	6,09	-196	48
Oxigeno	-219	3,30	-183	51
Plata	961	21,2		
Platino	177	27,2		
Plomo	327	5,86		

Tabla 3. Calor latente de fusión y de vaporización de algunas sustancias.

Unidad: Calor y Temperatura

Ejercicios

- La temperatura normal del cuerpo humano es $37\text{ }^{\circ}\text{C}$. ¿Cuánto es en grados Fahrenheit?
 - $2\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - $2,7\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - $25/9\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - $52,6\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - $98,6\text{ }^{\circ}\text{F}$
- Determine la temperatura de un sistema sabiendo que su valor numérico es el mismo expresado en las escalas Celsius y Fahrenheit.
 - 0
 - $5/9$
 - $9/5$
 - 40
 - No existe
- ¿A que temperatura un termómetro Fahrenheit marca numéricamente el triple que el centígrado?
 - $0\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - $20\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - $80\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - $-20\text{ }^{\circ}\text{F}$
 - $-80\text{ }^{\circ}\text{F}$
- ¿A cuantos $^{\circ}\text{C}$ corresponde el $0\text{ }^{\circ}\text{F}$?
 - $-17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - $18\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - 32
 - 32
 - Otro valor
- Antes de aterrizar, el piloto indica a sus pasajeros que la temperatura alcanza los 283 K. Su compañero de asiento le pregunta a que temperatura corresponde 283 K en grados Celsius. Usted le responde:
 - $7\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - $8\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - $9\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - $10\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - $11\text{ }^{\circ}\text{C}$
- La temperatura máxima de ayer en Santiago fue de $77\text{ }^{\circ}\text{F}$. ¿A cuánto corresponde en grados Kelvin?
 - $350\text{ }^{\circ}\text{K}$
 - $-350\text{ }^{\circ}\text{K}$
 - $196\text{ }^{\circ}\text{K}$
 - $-196\text{ }^{\circ}\text{K}$
 - $298\text{ }^{\circ}\text{K}$
- El punto de congelación del oxígeno es de $-210\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esta temperatura expresada en grados Kelvin.
 - 3 K
 - 63 K
 - 23 K
 - 23,51 K
 - 20 K
- ¿En qué condiciones dos cuerpos en contacto se encuentran en equilibrio térmico?
 - Cuando ambos tienen igual cantidad de masa.
 - Cuando ambos tienen el mismo volumen.
 - Cuando ambos tienen igual temperatura.
 - Cuando ambos tienen igual calor específico.
 - Cuando ambos están fríos.

9. Un termómetro de mercurio para su funcionamiento utiliza:
- el fenómeno de equilibrio térmico
 - el fenómeno de la dilatación y contracción de una sustancia por efecto del calor
 - el fenómeno de radiación térmica en algunos casos
- De las afirmaciones anteriores es (son) verdadera (s) la (s) siguiente (s):
- sólo I
 - sólo II
 - sólo III
 - sólo I y II
 - I, II y III
10. El calor es la transferencia de energía de un objeto a otro como resultado de:
- El paso de un conductor a un aislador
 - El paso de un líquido a un sólido
 - Del contacto de una sustancia de mayor masa a otra de menor masa
 - Una diferencia de temperatura entre los dos objetos
 - Ninguna de las anteriores
11. Antonio después de almorzar pone a hervir agua en una tetera. En el proceso de calentamiento del agua está presente la transferencia de energía térmica en forma de:
- convección
 - conducción
 - radiación
- sólo I
 - sólo II
 - sólo III
 - sólo I y II
 - I, II y III
12. Debido a la anomalía del agua, puede:
- reventarse una cañería con agua
 - reventarse una botella con bebida puesta en el congelador
 - flotar un trozo de hielo
- De las afirmaciones anteriores es (son) verdadera (s) la (s) siguiente (s):
- sólo I
 - sólo II
 - sólo III
 - sólo I y II
 - I, II y III

13. El proceso donde se libera o absorbe más energía térmica, para una misma cantidad de agua, es:
- la fusión
 - la condensación
 - el aumento de temperatura, de 0°C a 100°C
- De las afirmaciones anteriores es (son) verdadera (s) la (s) siguiente (s):
- sólo I
 - sólo II
 - sólo III
 - sólo I y II
 - Falta información
14. Un automóvil mediano pesa alrededor de 10^4 N. Determine la cantidad de calor, en kcal, que deben disipar los frenos para detenerlo por completo, si inicialmente viaja a 90 km/h .
- 37 kcal.
 - 37,8 kcal.
 - 74 kcal.
 - 74,8 kcal.
 - 100 kcal.
15. Si la velocidad inicial para el ejercicio anterior es 150 km/h .
- 20 cal
 - 20 kcal
 - 207,7 cal
 - 207,7 kcal
 - 2077 kcal
16. Se tiene 100 gr de hielo a -10°C y se le entrega energía térmica hasta que su temperatura sube a 10°C . La energía térmica que se le entregó fue de:
- 550 cal
 - 1.000 cal
 - 2.000 cal
 - 9.550 cal
 - 10.000 cal
17. Para hacer hervir 300 g de agua ha sido necesario suministrar $25,5\text{ Kcal}$. ¿cuál era la temperatura inicial del agua?
- 2°C
 - 15°C
 - 1°C
 - 67°C
 - 195°C
18. Cuántas calorías desprenden 500 gramos de agua cuando se enfría de 50°C a 20°C (Recuerde que calor específico del agua = 1)
- 1500 calorías
 - 15 calorías
 - 150 calorías
 - 15000 calorías
 - 35000 calorías
19. Un calorímetro contiene 100 gr de agua a 0°C . Se introduce en él un cilindro de cobre de 1000 gr y otro de plomo de 1000 gr , ambos a 100°C . Hallar la temperatura final si no hay pérdida de calor al medio ambiente:
- 75°C
 - 55°C
 - 550°C
 - 15°C
 - 150°C

20. Un vaso de masa muy pequeña contiene 500gr de agua a la temperatura de 80°C. ¿Cuántos gramos de hielo a la temperatura de -20°C han de dejarse caer dentro del agua para que la temperatura final del sistema sea de 50°C ?
- a) 88,6 gr
b) 16 gr
c) 116 gr
d) 18,6gr
e) 200 gr
21. Un calorímetro de cobre, de masa 100gr, contiene 150gr de agua y 8 gr de hielo en equilibrio térmico a la presión atmosférica. Se dejan caer dentro del calorímetro 100g de plomo a la temperatura de 200o C. Hállese la temperatura final si no existen pérdidas de calor al medio ambiente.
- a) 12 °C
b) 55 °C
c) 28 °C
d) 120°C
e) 280°C
22. ¿Que cantidad de calor pierde 350 g de agua, al enfriarse desde 85 °C hasta 35 °C?
- a) 17,5 Kcal
b) 120 Kcal
c) 2,7 Kcal
d) 175 Kcal
e) Otro valor
23. Una persona de 80 kg que quiere conservar la línea desea escalar una montaña para quemar el equivalente de un ingesta de 700 Kcal. ¿Hasta que altura debe subir? (Use $g = 10 \text{ m/s}^2$, recuerde que $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$ aprox.)
- a) 3940 m
b) 64 m
c) 3675 me
d) 6450 m
e) 2940 m
24. Para fundir un cubo de hielo es necesario suministrar un calor de 1600 cal. ¿A cuántos julios equivale ese calor?
- a) 8J
b) 6J
c) 125 J
d) 3.624 J
e) 6688 J
25. Un hervidor eléctrico calienta 500g de agua de 30 °C a 50 °C, 100 s. La potencia media del hervidor es:
- a) 18 W
b) 418 W
c) 250 W
d) 1.005 W
e) 10.500 W
26. Determine que masa de aceite posee la misma capacidad calorífica que un kilogramo de agua.
- $$C_{\text{Aceite}} = 0,4 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}$$
- a) 2,5kg
b) 3,5kg
c) 5,5kg
d) 15 kg
e) No existe tal masa

27. ¿Cuántas calorías debe absorber una masa de 500 g de hielo, que se encuentra a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, para transformarse en vapor de agua a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$? Suponga que el proceso se realiza a presión atmosférica normal.
- $$C_{\text{Hielo}} = 0,55 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$$
- $$l_{\text{Fusion}} = 79,5 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$$
- $$l_{\text{Vaporizacion}} = 540 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$$
- a) 36 kcal
b) 364 kcal
c) 3000 kcal
d) 366,4 kcal
e) 3664 kcal
28. Determine la cantidad de calor necesaria para fundir 400 g de plomo que se encuentran a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- $$C_{\text{Pb}} = 0,031 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}, l_{\text{Pb}} = 6,3 \text{ cal/g};$$
- $$t_{\text{fusión}} = 327\text{ }^{\circ}\text{C}.$$
- a) 3,33 kcal
b) 6,33 kcal
c) 63 kcal
d) 633 kcal
e) 600 kcal
29. Hallar la temperatura aproximada, resultante de la mezcla de 150 gr de hielo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 300 gr de agua a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- a) $6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$
b) $12\text{ }^{\circ}\text{C}$
c) $16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
d) $21\text{ }^{\circ}\text{C}$
e) $28\text{ }^{\circ}\text{C}$
30. Hallar la temperatura de la mezcla de 1 kg de hielo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ con 9 kg de agua a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- a) $12\text{ }^{\circ}\text{C}$
b) $55\text{ }^{\circ}\text{C}$
c) $28\text{ }^{\circ}\text{C}$
d) $120\text{ }^{\circ}\text{C}$
e) $37\text{ }^{\circ}\text{C}$
31. Se hacen pasar 5 kg de vapor de agua a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 250 kg de agua a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hallar la temperatura resultante.
- a) $19\text{ }^{\circ}\text{C}$
b) $21\text{ }^{\circ}\text{C}$
c) $23,3\text{ }^{\circ}\text{C}$
d) $29\text{ }^{\circ}\text{C}$
e) $35\text{ }^{\circ}\text{C}$
32. Hallar el calor que se debe extraer de 20 gr de vapor de agua a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ para condensarlo y enfriarlo hasta $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- a) 500 calorías
b) $1,24 \times 10^4$ cal
c) $5,4 \times 10^6$ calorías
d) 15000 calorías
e) $2,4 \times 10^6$ cal
33. Hallar el número de kilocalorías absorbidas por una nevera eléctrica al enfriar 3 kg de agua a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ y transformarlos en hielo a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- a) 1.700 calorías
b) 2.850 calorías
c) 285 kcal
d) 1,7 kcal
e) 35000 calorías

34. Calcular la cantidad de calor necesaria para transformar 10 gr de hielo a 0°C en vapor a 100°C .
- 1 kcal
 - 350 calorías
 - 3,5 kcal
 - 7.200 calorías
 - 7,2 kcal
35. Un riel de acero (Vertabla), mide 20 m a 5°C ¿Cuánto mide si se calienta a 65°C ?
- 0.0144 m
 - 20.144 m
 - 21.4 m
 - 20 m
 - 20.0144 m
36. Un alambre de cobre mide 4 km a -10°C ¿Cuál es su longitud si se calienta a 40°C ?
- 0.3 m
 - 0.4 m
 - 4.0034 m
 - 4003.4 m
 - 40.034 Km
37. Un alambre de acero mide 5000 m a 10°C . ¿A que temperatura debe calentarse para que mida 5004 m?
- $2/3^{\circ}\text{C}$
 - 76°C
 - $75\ 2/3^{\circ}\text{C}$
 - $76\ 2/3^{\circ}\text{C}$
 - 78°C
38. Una barra de un metal A tiene un coeficiente de dilatación lineal $\lambda_1 = 0.0000015 \cdot 1/^{\circ}\text{C}$ y para otro metal B es $\lambda_2 = 0.0000024 \cdot 1/^{\circ}\text{C}$. Si la barra B mide 20 cm. ¿Cuánto mide la barra A para que la diferencia de longitud entre ellas se mantenga constante a cualquier temperatura?
- 30 cm
 - 32 cm
 - 0.02 m
 - 0.032 m
 - 0.0032 m
39. Un alambre telefónico de cobre, que esta totalmente tenso entre dos postes separados 10^4 cm, en un día invernal cuando la temperatura es de -20°C . ¿Cuánto mas largo es el alambre en un día de verano cuando $T_c = 30^{\circ}\text{C}$? Recuerde que el coeficiente de dilatación térmica del cobre es 17×10^{-6}
- 6 cm
 - 6.5 cm
 - 7 cm
 - 8,05 cm
 - 8,5 cm

40. Cuando se instalan los rieles del ferrocarril se debe prever su dilatación térmica, con el objeto de evitar que los esfuerzos mecánicos debidos a ella produzcan deformaciones permanentes en las vías. Considerando que se instalan tramos de vía de unos 80 m de largo, ¿qué separación mínima debe dejarse entre uno y otro si la temperatura máxima de los rieles es de unos 85 °C y los mismos se instalan a 15 °C? El coeficiente de dilatación lineal del acero es $11 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.
- 5 cm.
 - 6,2 cm.
 - 8 cm.
 - 8,2 cm.
 - 12 cm.
41. Los pastelones de una calle pavimentada están separados y en la separación se coloca alquitrán. La separación es una medida:
- antisísmica
 - que considera la dilatación del concreto con el aumento de temperatura
 - que considera la contracción del concreto con la disminución de temperatura
- De las afirmaciones anteriores es (son) verdadera (s) la (s) siguiente (s):
- sólo I
 - sólo II
 - sólo III
 - sólo I y II
 - sólo II y III
42. Una cinta métrica fue calibrada a 18 °C y está construida con un acero de coeficiente de dilatación térmica $12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Si los errores de lectura no deben exceder un 0,1% en más o en menos, ¿entre qué temperaturas extremas puede usarse?
- entre -0 °C y +100 °C aproximadamente.
 - entre -15 °C y +150 °C aproximadamente.
 - entre -101 °C y +65 °C aproximadamente.
 - entre -65 °C y +101 °C aproximadamente.
 - Ninguna de las anteriores
43. Una lámina plana de aluminio que se halla a 0 °C ($\lambda = 2,4 \cdot 10^{-8} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)
Al tiene, en su parte central, un orificio circular de 10 cm de diámetro. Si la lámina se calienta hasta 200 °C, ¿qué ocurre con el área del orificio? ¿Cuál será su nuevo diámetro?
- 0,0048 cm.
 - 1,0048 cm
 - 5,0048 cm
 - 10,0048 cm
 - 15,0048 cm
44. Una esfera de acero tiene un volumen de 50 cm³ a la temperatura de -10°C. ¿Cuál será su volumen a 190 °C?
- 0.12 cm³
 - 0.24 cm³
 - 0.36 cm³
 - 50 cm³
 - 50.36 cm³

45. Un paralelepípedo recto de fierro mide 80 cm de largo por 50 cm de ancho y 20 cm, de grueso a la temperatura de 10 °C. ¿Qué porcentaje aumenta su volumen cuando se calienta a 160°C?
 a) 0,45%
 b) 0,55%
 c) 0,60%
 d) 4,5%
 e) 45%
46. Un pequeño matraz de vidrio de 200 cm³ esta lleno de mercurio ¿Cuánto mercurio se derrama si la temperatura sube a 160°C?
 a) 2 cm³
 b) 2,6 cm³
 c) 3 cm³
 d) 4,68 cm³
 e) 0,368 cm³
47. Un matraz de vidrio tiene una capacidad de 5 litros a 10°C. ¿Cuántos gramos de alcohol se derraman si se calienta a 70°C
 a) 58 gr
 b) 258 gr
 c) 258,24 gr
 d) 25 gr
 e) 2,5
48. Con 680 g de mercurio se llena completamente un frasco de vidrio a 20 °C. ¿Cuánto mercurio se derramará si el frasco se calienta hasta 100 °C? $\alpha_{\text{vidrio}} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $\alpha_{\text{Hg}} = 182 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$; $\delta_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3$.
- a) 1,1 mm³
 b) 2,1 mm³
 c) 3,1 mm³
 d) 4 mm³
 e) 4,1 mm³

Respuestas Correctas

Ejercicio	Alternativa
1	E
2	D
3	C
4	A
5	D
6	E
7	B
8	C
9	E
10	D
11	D
12	E
13	B
14	D
15	D
16	D
17	B
18	D
19	A
20	D
21	E
22	A
23	C
24	E
25	B
26	A
27	D
28	B
29	A
30	E
31	C
32	B
33	C
34	E
35	E
36	D
37	D
38	B
39	E
40	B
41	E
42	D
43	D
44	E
45	A
46	D
47	C
48	B

MAPA CONCEPTUAL 8

Capítulo 6

Electricidad y Magnetismo

- Carga y corriente eléctrica
- Energía eléctrica
- Magnetismo
- Ejercicios
- Mapa conceptual

Unidad: Electricidad y Magnetismo

Carga y corriente eléctrica

1. Introducción

Es difícil visualizar el mundo tal como era hace cien años, cuando apenas comenzaba a usarse la electricidad. Algunas personas tenían luz eléctrica, pero las máquinas y los aparatos eléctricos a los que estamos acostumbrados no existían. Los primitivos motores eléctricos y las baterías eran curiosidades que apenas tenían importancia práctica. Hoy en día, casi todo está relacionado con la electricidad. Por lo difundido de su uso la electricidad es una herramienta que toda persona educada debe comprender.

La electricidad es la rama de la física que estudia y trata de dar una explicación tanto a los fenómenos relacionados con la distribución estática de las cargas eléctricas sobre los cuerpos, como en los fenómenos determinados por los movimientos de las propias cargas. Desde que el hombre comienza a dominar la electricidad se suceden una serie de descubrimientos científicos e inventos que hacen a nuestra civilización dependiente de ella. La electricidad es una de las energías que más se utiliza en nuestros tiempos. En tu casa, en el colegio, y en muchas partes, se observa gran cantidad de aparatos que funcionan con electricidad. Estos aparatos son dispositivos que transforman la energía eléctrica en otro tipo de energía como el calor, luz, fuerza, sonido, imágenes, movimiento etc. En la naturaleza está presente en los rayos que caen en las tormentas, que es su forma más visible; sin embargo, también se hace presente en situaciones de la vida diaria que a veces no asociamos tan fácilmente a la electricidad. La importancia de la electricidad en la vida diaria, por no hablar de las telecomunicaciones, la industria, el transporte o la salud, es considerable, por ello es muy difícil, por no decir imposible, imaginar el mundo sin electricidad.

2. Concepto de carga eléctrica

Según datos históricos, en el siglo VI a.C. el griego Tales de Mileto descubre que podía producir chispas y atraerse objetos ligeros al frotar con piel una resina fosilizada llamada ámbar. La palabra griega ámbar es "elektron", de donde viene el término electricidad. Solo hasta casi 2000 años más tarde comenzaron a realizarse observaciones sistemáticas y cuidadosas de los fenómenos eléctricos, entre los cuales destacan los trabajos de William Gilbert. Este científico observó que algunos otros cuerpos se comportan como el ámbar al frotarlos, y que la atracción que ejercen se manifiesta sobre cualquier otro cuerpo. En el siglo XVIII hubo mucha experimentación con la "electrificación" de objetos, incluyendo personas, muchas veces con resultados cómicos. Uno de los experimentadores más influyente y productivo fue el estadounidense Benjamín Franklin, cuya demostración de la equivalencia entre la electricidad y los relámpagos, al hacer volar un

cometa entre las nubes de una tormenta, es legendaria. Franklin también fue el primero en proponer los términos “positivo” y “negativo” para denotar los dos tipos de electricidad que puede tener un cuerpo.

En los dos siglos siguientes se vio la evolución de una teoría completa acerca de los fenómenos eléctricos y magnéticos. Fue hacia el final siglo XIX y a comienzo del siglo XX cuando se realizaron los descubrimientos fundamentales de la estructura eléctrica del átomo.

En 1897, el inglés J.J Thomson midió las propiedades de la carga negativa fundamental, el electrón. Ernest Rutherford, también inglés, logró en 1911 identificar el diminuto núcleo positivo del átomo, alrededor del cual se mueven los electrones. Finalmente, en una serie de experimentos realizados entre 1909 y 1917, el estadounidense Robert Millikan y sus colaboradores lograron medir con precisión la cantidad de carga del electrón.

La electricidad es un fenómeno físico originado por la existencia de cargas eléctricas y por la interacción de las mismas. La carga eléctrica es una magnitud física característica de los fenómenos eléctricos. Y es además una propiedad de los cuerpos. Cualquier trozo de materia puede adquirir carga eléctrica. Esta se manifiesta por las fuerzas de atracción o de repulsión independientemente de la masa que se ejercen entre cuerpos cargados. De acuerdo con el principio de acción y reacción, ejercen la misma fuerza eléctrica uno sobre otro. Pueden definirse dos tipos de cargas eléctricas: una es la llamada **positiva** y la otra es la **negativa**. En la práctica se pueden comprobar que las cargas del mismo signo se repelen. Las de signo contrario se atraen. En todos los fenómenos eléctricos que se originan en el interior de un sistema aislado, vale la ley de conservación, según la cual la suma de las cargas eléctricas positivas menos la de las cargas negativas se mantiene constante. La unidad práctica de la carga eléctrica es el coulombio (C). Cuando una carga eléctrica se encuentra estacionaria, o estática, produce fuerzas eléctricas sobre las otras cargas situadas en su misma región del espacio; cuando está en movimiento, produce además efectos magnéticos. Experiencia cotidiana como pasar una peineta sobre su cabello un día seco para luego atraer pedacitos de papel o frotar con lana un globo inflado que se adherirá a la pared o al techo de una habitación, dan cuenta de un fenómeno donde la fricción en ciertos materiales causa una transferencia de electrones de un material al otro. Un material perderá electrones en tanto otro lo ganará. Alrededor de cada uno de estos materiales existirá un campo electrostático y una diferencia de potencial, entre los materiales de diferentes cargas. Los efectos

eléctricos y magnéticos dependen de la posición y movimiento relativos de las partículas con carga. En caso de que un material posea **carga total neta** igual a cero, se dice que se encuentra en estado neutro. El estado neutro no se caracteriza por la ausencia de cargas, sino más bien por una igualdad entre el número de cargas positivas y negativas dentro del material; de ahí que se hable de carga total neta. Por otra parte diremos que un cuerpo estará cargado positivamente cuando existe en él mayor cantidad de cargas positivas que negativas, e igualmente un cuerpo estará cargado negativamente si posee más cargas negativas que positivas. Podemos resumir las propiedades de la carga eléctrica como:

- Existen dos clases de cargas en la naturaleza a las cuales Benjamín Franklin las denominó como carga positiva ($q+$) y carga negativa ($q-$). Estas tienen la propiedad de que cargas diferentes se atraen y cargas iguales se repelen.
- La carga se conserva: al electrizar un cuerpo no se está creando carga, sólo se transmite carga (electrones) de un cuerpo a otro. La carga total siempre la permanece constante
- Ionización es la capacidad de desprender un electrón.
- La carga está cuantizada: la carga de un cuerpo cargado siempre es un múltiplo entero de una carga elemental que corresponde a la carga del electrón. Es decir:

$$q = n \cdot e^-$$

Donde:

q = carga eléctrica
 n = número entero
 e^- = electrón

- El electrón tiene carga negativa ($-e$) y el protón tiene una carga igual y opuesta positiva ($+e$). El neutrón no tiene carga
- Un átomo neutro contiene tantos electrones como protones

La fuerza entre cargas varía con el inverso del cuadrado de la distancia que las separa. $F \propto 1/r^2$

$$1 \text{ Coulomb} = 3 \times 10^9 \text{ stat-coulomb (stc)}$$

$$1 \text{ millicoulomb} = 1 \text{ mC} = 0,001 \text{ C} = 1 \times 10^{-3} \text{ C}$$

$$1 \text{ microcoulomb} = 1 \mu\text{C} = 0,000001 \text{ C} = 1 \times 10^{-6} \text{ C}$$

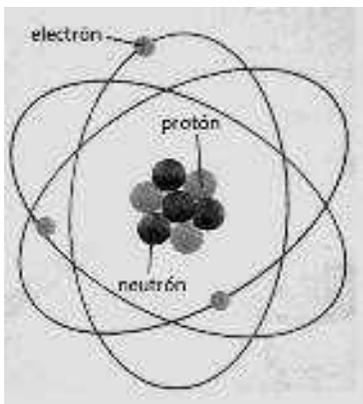


Figura 1. El átomo.

Unidad de medida de la carga eléctrica

La unidad con la cual se mide la carga eléctrica es el Coulomb (C), en honor a Charles Coulomb. Corresponde a la siguiente carga:

1 Coulomb = 6.25×10^{18} electrones, de donde podemos decir que: $1e^- = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$. Para cargas más pequeñas se usan los submúltiplos:

Los átomos como fuente de carga

Un átomo está compuesto por un pequeño núcleo con carga positiva alrededor del cual se encuentra partículas con carga negativa, llamadas electrones. Los átomos son eléctricamente neutros; es decir, la cantidad de carga positiva en el núcleo es igual a la cantidad de carga negativa de los electrones que giran alrededor. El universo como un todo es eléctricamente neutro, o al menos casi. La Tierra tiene muy poco excedente de carga positiva o negativa. Para casi todos los fines prácticos puede considerarse que su carga neta es cero. La gran mayoría de las cargas en la tierra residen en átomos y al hallar cargas negativas o positivas libres se supone generalmente que provienen de la ruptura de un átomo.

No es difícil extraer un electrón de un átomo, en ciertas circunstancias. Por ejemplo, si frota una varilla de ebonita (caucho duro) con la piel de un animal, algunos de los electrones de los átomos de la piel pasan a la varilla de ebonita (no es fácil explicar la razón de esta transferencia de carga; se trata en el curso de física del estado sólido.) Así, la varilla adquiere un excedente neto de electrones que le da una carga negativa. Cuando la varilla toca un cuerpo metálico, algunos de los electrones excedentes se transfieren al metal.

Fuerzas entre cargas

Conoces bien la fuerza de la gravedad que te atrae hacia la tierra y a la que llamas fuerza peso. Considera ahora una fuerza que se ejerce sobre ti y que es mucho miles de millones de veces más intensa que la gravedad. Una fuerza así te comprimiría hasta convertirte en una mancha del grosor de una hoja de papel supón que además de esta enorme fuerza existe una fuerza de repulsión que es también muchos miles de millones de veces más intensa que la gravedad. Al ejercerse esas dos fuerzas sobre ti se equilibrarían una a la otra y no habría efecto observable en tu persona. Pues sucede que existen dos

fuerzas de esta índole que se ejercen sobre ti todo el tiempo: las **fuerzas eléctricas**.

Las fuerzas eléctricas provienen de las partículas que componen los átomos. En el sencillo modelo atómico propuesto a principios del siglo XX por Ernest Rutherford y Niels Borh, el átomo consiste en un núcleo con carga positiva rodeado de electrones. Los protones del núcleo atraen a los electrones y los mantienen en orbita, del mismo modo que el sol mantiene a los planetas. Por convención (acuerdo) decimos que los electrones tienen carga **negativa** y los protones **positiva**. Los neutrones no tienen carga, no son atraídos ni repelidos.

Hechos importantes acerca de los átomos son los siguientes:

- Todo los átomo tiene un núcleo con carga positiva rodeado de electrones con carga negativa
- Todos los electrones son idénticos; es decir, cada uno tiene la misma masa y la misma cantidad de carga negativa que cualquier otro electrón.
- El núcleo se compone de protones y neutrones (la única excepción es la forma común del hidrógeno, que no tiene neutrones.) Todos los protones son idénticos. La masa del protón es casi 2000 veces mayor que la masa del electrón, pero la magnitud de su carga positiva es igual a la magnitud de la carga del electrón. El neutrón tiene una masa levemente mayor que la del protón y carece de carga.
- Los átomos tienen el mismo número de electrones que de protones, de modo que la carga **neta** de los átomos es cero.

3. *Formas de electrizar un cuerpo*

Conservación de la carga

Se advierte que los electrones no se crean ni se destruyen, sino que simplemente se transfiere de un material a otro. La carga se conserva. En todo proceso, ya sea en gran escala o en nivel atómico y nuclear, se aplica el **principio de conservación de la carga**. La conservación de la carga es una de las piedras angulares de la física, al igual que la conservación de la energía y de la cantidad de movimiento.

Formas de electrización

En la naturaleza los átomos existen en estado neutro, esto quiere decir que la cantidad de electrones y protones es la misma. De modo

Las cargas eléctricas iguales se repelen;

las cargas opuestas se atraen

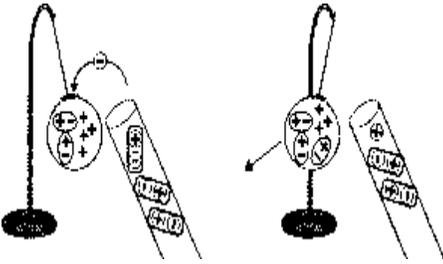


Figura 2. Electrización de un cuerpo por contacto.

que para cargar un cuerpo existen algunos mecanismos, los cuales se detallan a continuación.

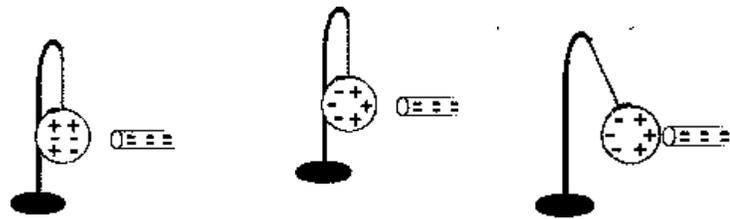
a) Por contacto: sea el conductor metálico negativo (exceso de electrones libres) y otro conductor metálico neutro. Al poner en contacto los dos conductores, los electrones libres en exceso se reparten entre los dos conductores. Para que exista carga por contacto, inicialmente uno de los cuerpos debe estar cargado y el otro neutro.

Si el primer conductor es positivo (falta de electrones libres), y el segundo neutro, al ponerlos en contacto algunos electrones libres del segundo serán atraídos por las cargas positivas del primero; entonces los dos conductores quedarán cargados positivamente.

b) Por inducción: cuando un cuerpo cargado A, negativo por ejemplo, se aproxima a un conductor neutro B, algunos electrones libres de éste se alejan del cuerpo A, dejando iones positivos en la parte más próxima a A. Así, en el conductor B hay una separación de carga. Si unimos **B** a la tierra, por un alambre metálico, los electrones libres repelidos por A irán a cargar la tierra. Suprimiendo el contacto, el cuerpo B quedará cargado Positivamente. En las siguientes figuras se muestra el proceso de carga por inducción.



Figura 3. Electrización de un cuerpo por frotación.



c) Por frotamiento: es la ionización producida por los choques de los átomos de un cuerpo sobre los átomos del otro cuerpo. Cuando frotamos el vidrio con la seda, extraemos algunos electrones del vidrio, éste quedando cargado positivamente y los electrones extraídos se depositan sobre la seda que, por tanto, queda cargada negativamente. Al frotar dos cuerpos eléctricamente neutros (número de electrones = número de protones), ambos se cargan, uno con carga positiva y el otro con carga negativa.