

La luz y el sonido



Experimento de Newton.

PLAN DE TRABAJO

En esta unidad...

- Identificarás la luz y el sonido como formas de energía.
- Conocerás cómo se propaga la luz.
- Entenderás cómo se producen las sombras y su relación con los eclipses de Sol y de Luna.
- Distinguirás entre reflexión y refracción.
- Entenderás el origen de los colores.
- Aprenderás cómo se produce y se propaga el sonido.
- Interpretarás los fenómenos acústicos del eco y de la reverberación.
- Sabrás cómo el ojo y el oído perciben la luz y el sonido, respectivamente.
- Reconocerás las fuentes de contaminación acústica y lumínica.
- Comprobarás la propagación rectilínea de la luz y su reflexión.

Descomposición de la luz blanca por un prisma.

A comienzos de 1679, Isaac Newton envió a los miembros de la Real Sociedad de Londres la descripción de lo que él denominó *experimentum crucis* (experimento crucial). El texto comenzaba así:

«Para dar cumplimiento a mi anterior promesa a usted, sin más ceremonia le haré saber que en el año de 1666 [...] me procuré un prisma de vidrio triangular para intentar con él [comprobar] los celebrados *Fenómenos de los colores*. Y habiendo con este fin oscurecido mi habitación y practicado un pequeño orificio en las contraventanas para permitir el paso de una cantidad conveniente de rayos de Sol, coloqué el prisma en su entrada para que de ese modo fueran refractados contra la pared opuesta. Fue al principio un agradable divertimento ver los vivos e intensos colores de este modo producidos».

Después de la descripción de este y otros experimentos realizados, Newton llegó a la siguiente conclusión:

«De donde, en consecuencia, se sigue que la blancura es el color habitual de la luz porque la luz es un agregado confuso de rayos dotados de todos los tipos de colores...».

RECUERDA Y CONTESTA

1. Explica qué significa que la luz blanca es mezcla de siete colores. ¿Cuáles son esos siete colores?
2. ¿Por qué crees que fue tan importante el experimento de Newton?
3. ¿Cómo se propaga la luz?
4. ¿Cómo se produce el sonido?
5. ¿Qué crees que es más rápido, el sonido o la luz?
6. ¿Qué es la contaminación acústica?



Busca la respuesta

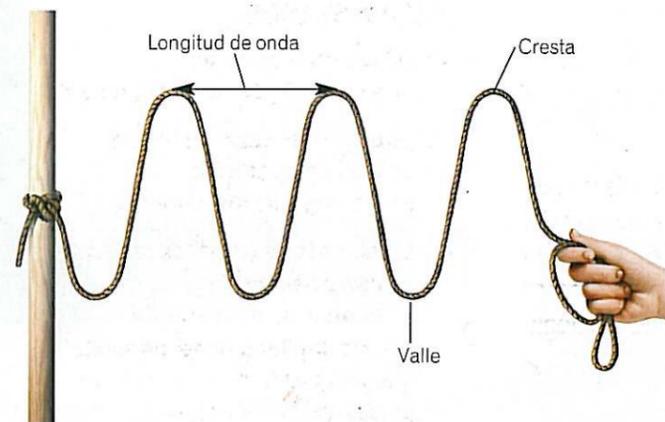
¿Por qué y cómo se forma el arco iris?

1 ¿Qué es una onda?

Para romper un cristal es necesario comunicar una cierta cantidad de energía. Dicha energía puede llegar de dos formas:

- Podemos comunicarla lanzando un objeto. En este caso, la energía necesaria para romper el cristal viaja con el objeto.
- También puede llegar mediante un fuerte ruido, como el de una explosión violenta que provoque la rotura del cristal. En este caso, la transmisión de energía se realiza mediante una forma de propagación que se llama **ondas**.

Una onda es una forma de propagación de energía de un punto a otro del espacio, que no va acompañada de un desplazamiento de materia.



Para entender cómo se produce una onda, podemos sujetar una cuerda larga a un objeto fijo. Si agarramos el otro extremo, tensamos la cuerda y le damos una sacudida, veremos que a lo largo de la cuerda se propagará una ondulación.

En este ejemplo, cada punto de la cuerda se mueve oscilando alrededor de su posición inicial. Las partes más altas de la ondulación se llaman **crestas**, y las más bajas, **valles**. La serie de crestas y valles se denomina **onda**.

En toda onda, cada partícula vibra en torno a su posición inicial, de un extremo al opuesto. Al vibrar, transmite su energía a las partículas contiguas.

Las ondas se definen por dos características principales:

- **Frecuencia**. Número de oscilaciones de la partícula por segundo. Su unidad en el SI es el **hercio (Hz)**. 1 Hz es la frecuencia de una onda que realiza una oscilación completa cada segundo.
- **Longitud de onda (λ)**. Distancia que existe entre dos crestas. Las ondas con poca longitud de onda son muy energéticas, las de longitud de onda mayor son de menor energía. Su unidad en el SI es el **metro (m)**.

La luz y el sonido como ondas

No todas las ondas se propagan de la misma manera ni a la misma velocidad. Algunas pueden ser detectadas por nuestros sentidos, como las ondas **sonoras** y las **luminosas**, y otras, no.

Entre las ondas sonoras y las luminosas existe una diferencia fundamental. Las sonoras precisan de un medio material para propagarse. Por el contrario, las ondas luminosas también pueden hacerlo en el vacío. Por ello percibimos la luz del Sol y del resto de las estrellas, a pesar de que tienen que atravesar un inmenso vacío existente entre ellas y la Tierra.

Las ondas de radio, las de televisión, las olas del mar y las ondas de los terremotos son ejemplos de propagación de energía mediante ondas.

ACTIVIDADES

1. Busca en los *conceptos clave* el significado de «oscilar».
2. ¿Qué es la frecuencia de una onda? ¿Cuál es su unidad en el SI?
3. ¿Cómo variará la frecuencia cuando aumente la longitud de una onda?
4. ¿Cuántas oscilaciones por segundo da una onda con una frecuencia de 10 Hz?
5. Aparte de la sensación que producen, ¿qué diferencia fundamental existe entre el sonido y la luz?

2 Los objetos como fuentes secundarias de luz

La luz es una forma de energía que nos permite ver el color y la forma de los objetos cuando se encuentran bien iluminados.

Algunos objetos emiten su propia luz, mientras que otros reflejan la luz que reciben de otros cuerpos.

Los cuerpos que emiten luz se denominan **fuentes luminosas** y pueden ser de dos tipos:

- **Naturales**, como el Sol y las demás estrellas.
- **Artificiales**, como las bombillas, las velas encendidas o las linternas.

Otros cuerpos solo emiten luz cuando son iluminados por fuentes luminosas. Estos cuerpos absorben parte de la luz que les llega, y reflejan otra parte en todas direcciones, lo que les convierte en **emisores secundarios** de luz. Solo podemos verlos cuando son iluminados y reflejan parte de la luz que les llega.

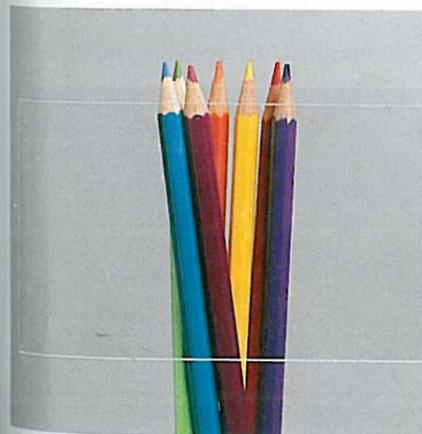
Todos los cuerpos absorben parte de la luz que reciben y reflejan otra parte.

La luz que absorbe o refleja un cuerpo depende de muchos factores, como la naturaleza de las sustancias que lo forman, el tipo de superficie, su color, etc. Por ejemplo, la superficie blanca de la nieve refleja una gran proporción de la luz que incide sobre ella. En cambio, las sustancias negras reflejan muy poca luz, y absorben la mayoría de la que les llega.

Comportamiento de los cuerpos frente a la luz

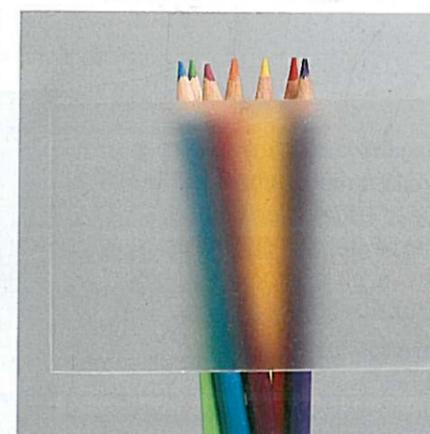
Según su capacidad de absorción, los cuerpos pueden ser **transparentes**, **traslúcidos** u **opacos**.

Transparentes



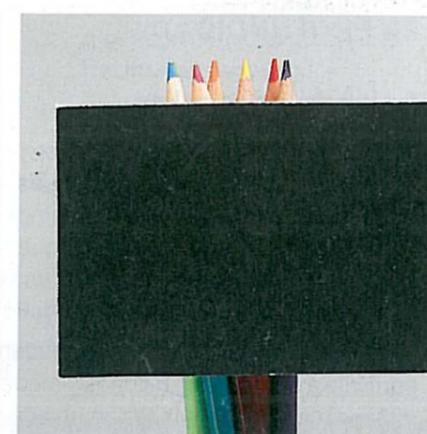
Dejan pasar la luz y se pueden ver los objetos a su través con nitidez, ya que no absorben la mayor parte de la luz que les llega. Son cuerpos transparentes: el aire, el agua o una lámina de vidrio.

Traslúcidos



Dejan pasar una parte de la luz que reciben, pero no permiten ver con total claridad, ya que dispersan parte de la luz que les llega. Son cuerpos traslúcidos: el papel vegetal o el vidrio esmerilado.

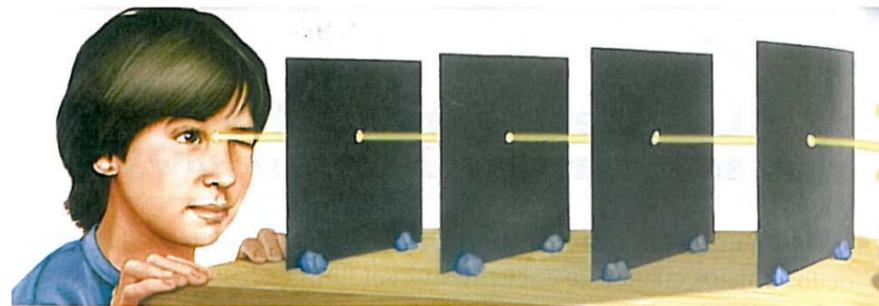
Opacos



Son los objetos que no dejan pasar la luz y, por tanto, no puede verse a través de ellos, ya que reflejan toda la luz que reciben. Son cuerpos opacos: un trozo de madera, una pieza de cerámica o un trozo de metal.

ACTIVIDADES

6. ¿Qué son las fuentes luminosas? ¿Cómo pueden ser?
7. ¿Qué diferencia existe entre un cuerpo traslúcido y un cuerpo transparente?
8. Clasifica los siguientes objetos o sustancias según su comportamiento frente a la luz: madera, papel de seda, plancha de aluminio, cristal de gafas, mármol, la página de este libro.



3 La luz se propaga en línea recta

Podemos ver la luz de un foco luminoso a través de pequeños agujeros practicados en pantallas opacas, siempre que estos agujeros estén en línea recta con el ojo. Si ponemos un obstáculo en la trayectoria de la luz, por ejemplo desplazando una de las pantallas, dejaremos de ver la luz.

Esta experiencia nos permite comprobar que la luz se propaga en línea recta y explica por qué deja de verse cuando en su recorrido se interpone un cuerpo opaco.

Cada una de las direcciones en que la luz se propaga a partir de un foco luminoso se llama **rayo luminoso**. Al conjunto de rayos luminosos se le denomina **haz de luz**.

Velocidad de propagación de la luz

La velocidad de la luz depende del medio en el que se propague. En el vacío y en el aire, la velocidad de la luz es similar y alcanza unos 300 000 km/s. Debido a esta gran velocidad de propagación, al encender un foco luminoso nos parece percibir instantáneamente la luz que emite.

La velocidad de la luz en otros medios transparentes es menor que en el vacío. Así, por ejemplo, en el agua se propaga a una velocidad aproximada de 225 000 km/s, y en el vidrio puede variar de 200 000 a 175 000 km/s, según la naturaleza de este.

ACTIVIDADES

9. ¿Qué diferencia hay entre rayo luminoso y haz de luz?
10. ¿Dónde viaja la luz más rápido, en el agua o en el aire?
11. ¿Podemos afirmar que la luz se propaga instantáneamente?

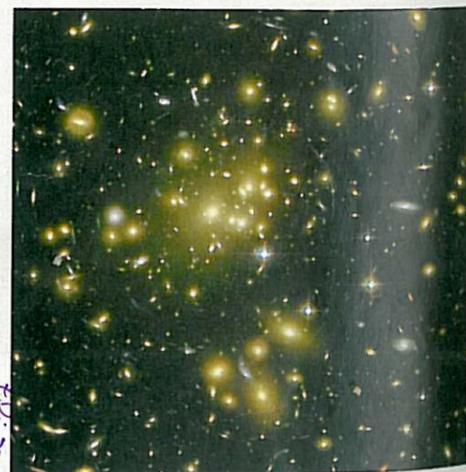
EN PROFUNDIDAD

La luz de las estrellas

Antiguamente se creía que la luz se propagaba instantáneamente y que, por tanto, veíamos la luz de las estrellas en el mismo instante que estas la emitían. Hoy día sabemos que la luz tarda un tiempo en llegar a la Tierra, ya que tiene que recorrer grandes distancias. Por este motivo, cuando miramos una estrella, no la vemos tal y como es ahora, sino como era cuando emitió la luz que llega a nosotros.

En el Universo, las distancias se miden en **años-luz**. Un año-luz equivale a unos nueve billones y medio de kilómetros, que es la distancia que recorre la luz en un año a una velocidad de 300 000 km/s.

La estrella Alfa Centauro está situada a 4,3 años luz de la Tierra. Por tanto, la luz que vemos de ella es la que emitió hace más de cuatro años. Calcula a qué distancia aproximada se encuentra esta estrella.



18:48
19:38
20:22
21:05
21:50
22:34

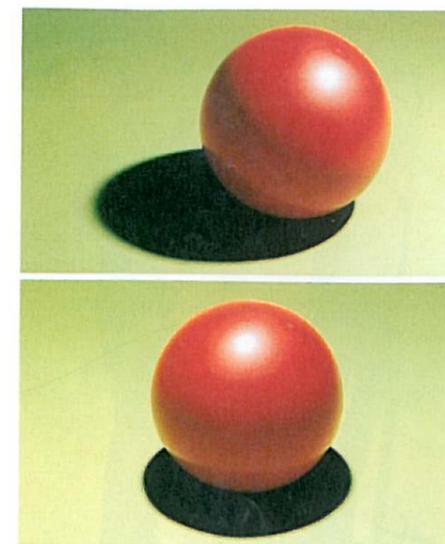
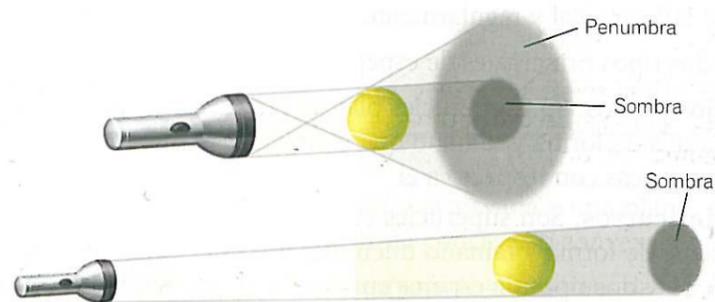
4 Las sombras y los eclipses

Cuando un objeto opaco se interpone en un rayo de luz, detrás de él se crea una silueta oscura, denominada **sombra**.

La forma de la sombra está determinada por la del cuerpo que la causa. Esto es debido a que la luz se propaga en línea recta y no puede «rodear» el objeto.

En general, si un foco de luz es muy pequeño o se encuentra muy alejado del objeto, se producen sombras nítidas.

Sin embargo, si el foco es muy grande o se encuentra próximo al objeto, la sombra no tiene contornos nítidos y a su alrededor aparecen zonas de **penumbra**. A la zona de penumbra llegan solamente algunos rayos de luz, por lo que aparece parcialmente iluminada.



La forma de la sombra puede variar según la orientación del foco luminoso. Así, la sombra se hace más alargada cuanto mayor sea el ángulo que forman el rayo de luz y la superficie sobre la cual se proyecta la sombra.

Eclipses

Un eclipse se produce cuando un astro se oculta parcial o totalmente, porque se interpone otro que impide su visión. Para que se produzca un eclipse, tres astros tienen que disponerse en línea recta.

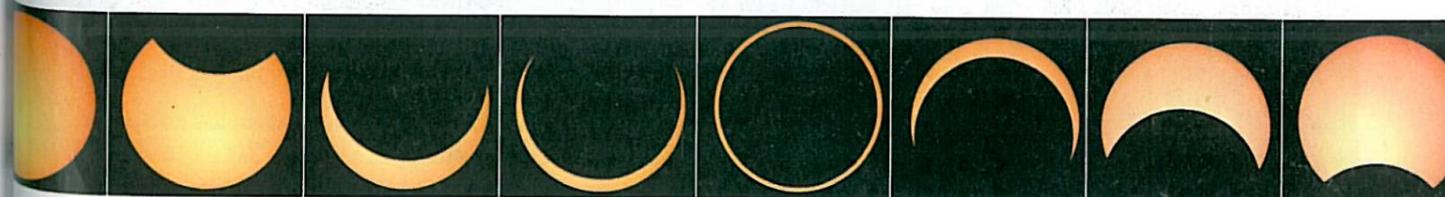
Los eclipses pueden ser:

- **Parciales.** Si solo se oculta una parte del astro.
- **Totales.** Si queda oculto todo el astro.
- **Anulares.** Se ve un anillo del astro ocultado.

En nuestro planeta se pueden observar dos tipos de eclipses:

- **Eclipse de Sol.** La Luna se interpone entre el Sol y la Tierra. Nuestro satélite proyecta su sombra sobre la Tierra, y desde la zona de sombra deja de verse el Sol.
- **Eclipse de Luna.** La Tierra se encuentra entre el Sol y la Luna. Podemos ver la sombra de nuestro planeta proyectada sobre la Luna.

Secuencia de un eclipse anular de Sol



ACTIVIDADES

12. ¿Qué diferencia hay entre la sombra y la penumbra?
13. ¿Pueden existir cuerpos que no produzcan sombras? Razona la respuesta.
14. En un eclipse de Sol, la Luna provoca una zona de sombra en la superficie terrestre y una de penumbra. Explica a qué se debe.

5 La reflexión de la luz

Cuando los rayos de luz llegan a un cuerpo que no pueden atravesar, salen desviados, es decir, **se reflejan**. Todos los objetos y superficies reflejan una parte de la luz que les llega. Gracias a esto podemos verlos.

La reflexión de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al chocar contra la superficie de un cuerpo.

Se denomina **rayo incidente** al que llega a la superficie, y **rayo reflejado** al que sale rebotado después de reflejarse.

Espejos

Un **espejo** es un cuerpo opaco, con una superficie lisa y pulimentada, capaz de reflejar total y regularmente la luz que recibe.

Existen dos tipos principales de espejos:

- **Espejos planos.** Son superficies planas. Producen imágenes que tienen la misma forma y tamaño que el objeto real que reflejan, y que son simétricas con respecto a él.
- **Espejos curvos.** Son superficies curvas. Producen imágenes distorsionadas, de forma y tamaño diferentes a las del objeto real que reflejan. Hay dos tipos de espejos curvos:
 - **Espejos cóncavos**, como la parte interna de una cuchara o de una esfera pulimentada. La imagen que observamos en ellos depende de la distancia a la que se encuentre el objeto del espejo.
 - **Espejos convexos**, como la parte externa de una cuchara o de una esfera pulimentada.



La imagen que se forma en un espejo plano es simétrica respecto al objeto real. Si te miras en un espejo, tu mano derecha es la izquierda de la imagen.

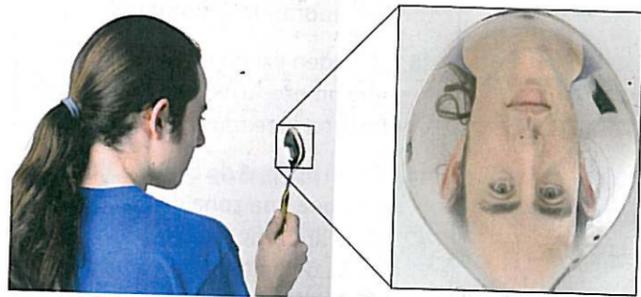


Imagen que se observa al mirarnos en la parte interna de una cuchara (espejo cóncavo).

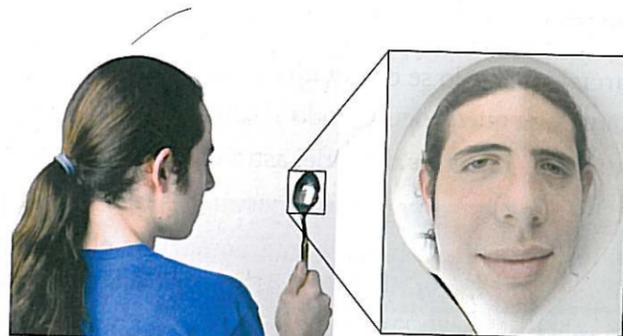


Imagen que se observa al mirarnos en la parte externa de una cuchara (espejo convexo).

ACTIVIDADES

15. ¿Qué es un espejo plano? ¿Qué significa que la imagen que vemos es simétrica con respecto al objeto real?
16. ¿Qué diferencia hay entre espejos planos y curvos?
17. ¿Qué tipo de espejos se usan como retrovisores en los coches? Y los de maquillaje, ¿de qué tipo son?

6 La refracción de la luz

Cuando introducimos un lápiz en un vaso de agua, parece que se ha quebrado. Esto se produce porque la luz que refleja el lápiz sufre **refracción**.

La refracción de la luz es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al pasar de un medio a otro en el que su velocidad es distinta.

El aire, el agua y el cristal son sustancias transparentes, pero la velocidad de propagación de la luz es diferente en cada una de ellas. Así, cuando la luz pasa del aire al agua, pierde velocidad y por tanto cambia de dirección; es decir, se refracta. Cuando pasa del agua al aire, aumenta su velocidad y se vuelve a refractar.

Lentes

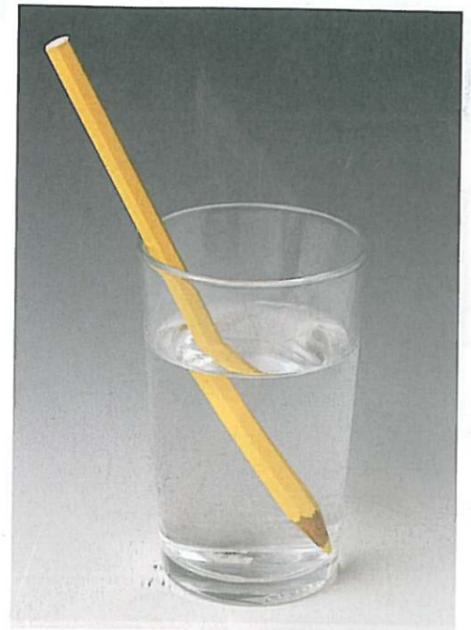
Las lentes son cuerpos transparentes, generalmente de vidrio, que pueden formar imágenes refractando la luz; es decir, desviándola. Son ejemplos de lentes una lupa y unas gafas.

Las lentes pueden tener una superficie curvada y una plana, o ambas curvadas. Estas curvaturas pueden ser cóncavas o convexas.

Cuando la luz atraviesa una lente, experimenta dos tipos de refracciones: una al pasar del aire al vidrio, y otra al salir del vidrio y volver al aire.

Cada tipo de lente provoca una refracción distinta. Hay lentes que **concentran** los rayos de luz y otras que los **dispersan**. Según esto, podemos clasificarlas en dos tipos:

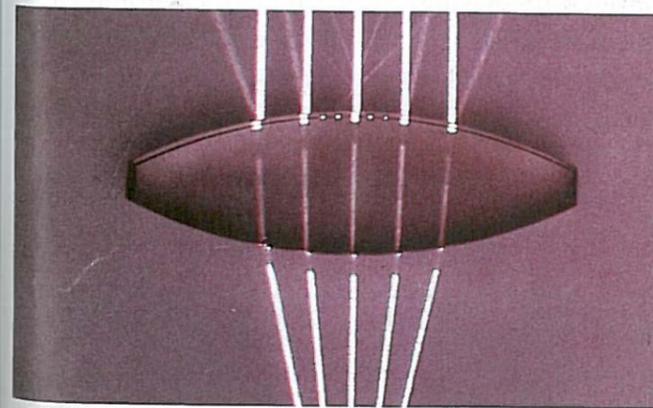
- **Lentes convergentes.** Tienen mayor grosor en el centro que en los extremos. Hacen que los rayos de luz se concentren en un punto, que se denomina **foco**. Un ejemplo de lente convergente son las lupas. La imagen que se forma de un objeto a través de este tipo de lentes depende de la distancia a la que se encuentre el objeto.
- **Lentes divergentes.** Son más gruesas en los extremos que en el centro. Hacen que los rayos de luz se separen.



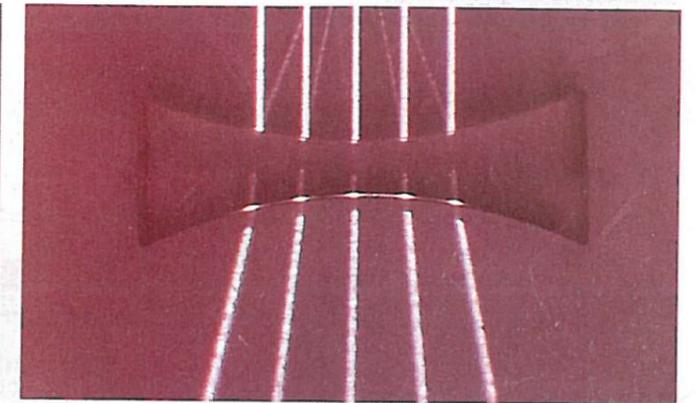
El lápiz aparece doblado en su parte sumergida debido al efecto óptico de la refracción.

ACTIVIDADES

18. ¿En qué consiste la refracción de la luz?
19. ¿Qué diferencias hay entre una lente convergente y una lente divergente?
20. ¿Qué tipo de lentes se usan en las mirillas de las puertas?



Las lentes convergentes concentran la luz.

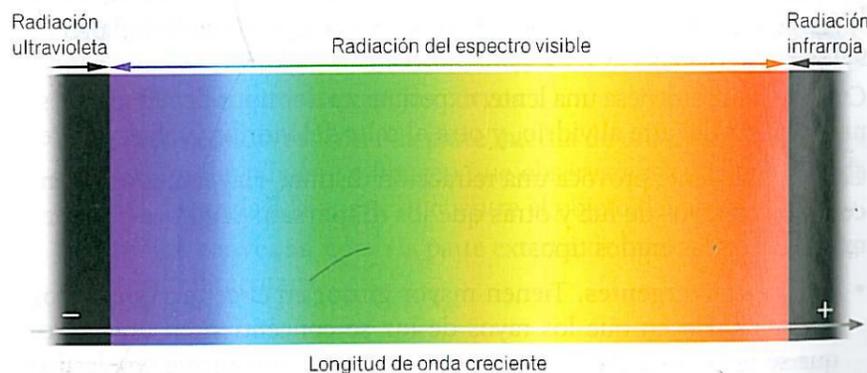


Las lentes divergentes dispersan la luz.

7 La descomposición de la luz



Cuando la luz blanca atraviesa un prisma, cada uno de sus colores se refracta de manera diferente. Por ello, los colores se observan separados.



Isaac Newton comprobó que al hacer pasar luz blanca por un prisma de cristal, esta se descomponía en diferentes colores.

Tras esto, hizo pasar por una lente convergente el conjunto de los diferentes rayos de colores que se habían producido, comprobando que todos ellos se reunían y formaban de nuevo luz blanca.

Con estos experimentos, Newton demostró que la luz blanca, como la del Sol, está compuesta por distintos tipos de ondas luminosas; y que el prisma dispersa o separa los colores simples que la componen.

Cuando la luz blanca se descompone, se producen diferentes luces de colores que configuran el **espectro visible**, constituido por: el violeta, el añil, el azul, el verde, el amarillo, el naranja y el rojo.

Además de las radiaciones que forman el espectro visible, existen otras con longitudes de onda diferentes, pero nosotros no podemos verlas. La radiación con una longitud de onda superior al rojo se denomina **infrarroja**, y la que tiene una longitud de onda menor que el violeta se llama **ultravioleta**.

ACTIVIDADES

21. ¿Por qué decimos que la luz blanca es mezcla de siete colores?
22. ¿Qué es el espectro de luz visible?

EN PROFUNDIDAD

El arco iris

El arco iris se produce cuando los rayos de Sol atraviesan las gotas de agua de la atmósfera. Las gotas actúan como prismas y dispersan la luz solar en todos sus colores. Cuando vemos un arco iris, siempre podremos ver el Sol y estará lloviendo.

En una catarata también suele verse un arco iris, explica por qué.



8 El color de los cuerpos

Si observamos a nuestro alrededor, podemos ver que los objetos tienen diferentes colores. Sin embargo, cuando no están iluminados, todos los cuerpos parecen negros.

El color de los objetos se debe a la forma en que estos reflejan y absorben la luz blanca.

Los objetos están formados por diferentes sustancias que les proporcionan propiedades específicas. Una de estas propiedades es el color.

Cuando un cuerpo opaco es iluminado con luz blanca, absorbe una parte de la luz que le llega y refleja otra. La luz que refleja corresponde al color que nosotros observamos de ese objeto. Según esto:

- Si refleja todos los colores y no absorbe ninguno, veremos el objeto de color **blanco**.
- Si absorbe todos los rayos que forman la luz blanca y no refleja ninguno, veremos el objeto de color **negro**.
- Si absorbe todos los colores menos uno, veremos el objeto del color de la luz que refleje. Por ejemplo, si vemos un objeto de color rojo, es porque al incidir sobre él la luz blanca, este objeto absorbe todos los colores excepto el rojo, que es el que nosotros observamos.

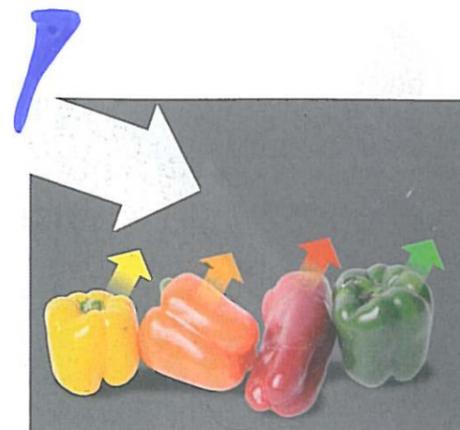
Dos tipos de colores

Hay que distinguir entre dos tipos de colores:

- **Colores luz.** Son los colores producidos por luces, como el Sol, lámparas, bombillas, etc. Se distinguen tres colores luz **primarios**: rojo, verde y azul, que son los que no resultan de la mezcla de otros. Si estos colores se mezclan por parejas, dan lugar a los colores **secundarios**: amarillo, magenta y cian.
- Mezclando los tres colores luz primarios en diferentes proporciones podemos obtener cualquier color.
- **Colores pigmento.** Son colores basados en la luz reflejada por los pigmentos aplicados a la superficie de los objetos. Los colores pigmento **primarios** son: amarillo, magenta y cian. Si se mezclan los tres se forma el negro. Los colores pigmento **secundarios** son rojo, verde y azul. Mezclando adecuadamente los colores pigmento primarios se puede obtener cualquier color, excepto el blanco.

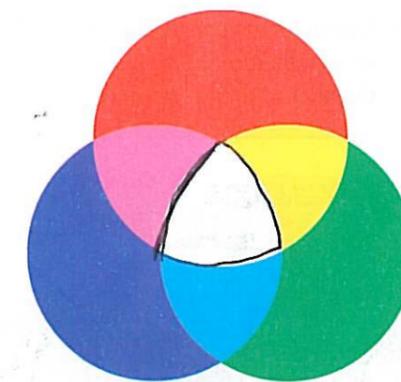
ACTIVIDADES

23. ¿Cómo explicas que el color de un cuerpo sea negro?
24. ¿Explica por qué vemos un tomate de color rojo?
25. ¿Qué diferencia hay entre los colores luz y los colores pigmento?
26. ¿Qué color se obtiene al mezclar los tres colores luz primarios? ¿Y si mezclamos dichos colores en diferentes proporciones?

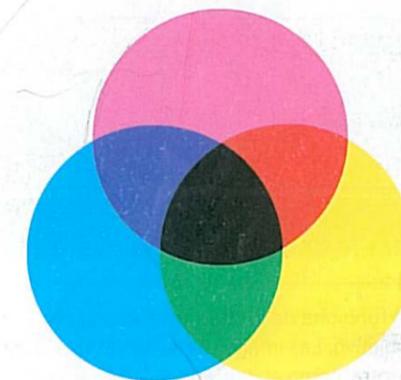


El color de un cuerpo es consecuencia de la luz que refleja.

Mezcla de colores luz



Mezcla de colores pigmento



9 La percepción de la luz. El ojo

El ojo es el órgano en el que reside el sentido de la vista. Tiene la capacidad de captar la energía luminosa.

El ojo humano, al igual que una cámara fotográfica, produce imágenes invertidas de los objetos, gracias a un sistema de lentes.

La luz entra en el ojo por la **córnea**, pasa a través de una lente convergente llamada **cristalino** y forma una imagen invertida de los objetos sobre una capa interior, denominada **retina**.

La retina contiene células fotosensibles: **conos** y **bastones**, que transforman la luz recibida en impulsos nerviosos. Estos impulsos son transmitidos por el nervio óptico al cerebro, donde se generan las sensaciones visuales.

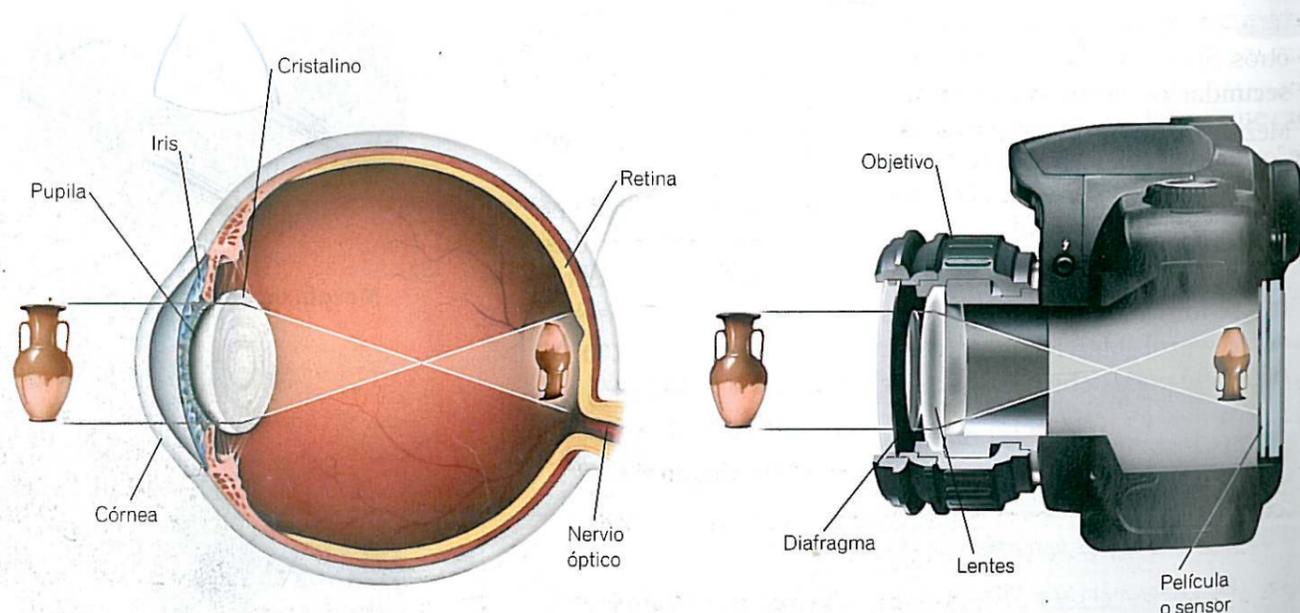
En una cámara fotográfica, la luz entra por el **objetivo** y atraviesa varias **lentes** para formar una imagen invertida sobre la **película** fotosensible, o sobre un **sensor** de imagen, si se trata de una cámara digital.

En el ojo, el **iris** controla la cantidad de luz que llega a la retina. El iris actúa como el diafragma de la cámara fotográfica, ajustando el diámetro de la **pupila** a la cantidad de luz ambiental. Cuando hay poca luz, la pupila aumenta de tamaño, y cuando hay mucha luz, disminuye.

En el ojo, el enfoque se lleva a cabo por la adaptación de la curvatura del cristalino, proceso conocido como **acomodación**. El cristalino se abomba para enfocar las imágenes cercanas y se aplanan para enfocar las más lejanas. La imagen que se forma en la retina está invertida y es más pequeña que el objeto real.

ACTIVIDADES

27. ¿En qué parte del ojo se forma la imagen de los objetos que vemos?
28. ¿Qué función tienen los conos y bastones?
29. ¿Qué tipo de lente es el cristalino?
30. Busca en los *conceptos clave* el significado de «acomodación visual».



El ojo funciona de forma similar a una cámara de fotos. El cristalino se encarga de enfocar las imágenes, igual que lo hacen las lentes del objetivo. Las imágenes se forman en la retina, igual que en la película fotográfica o el sensor. El iris regula la cantidad de luz que entra, como el diafragma de la cámara fotográfica.

10 El sonido

Cuando golpeamos un vaso, el cristal vibra. Si gritamos, vibran las cuerdas vocales. Al tocar una guitarra, vibran sus cuerdas. En cada uno de estos ejemplos se produce un sonido característico, que incluso se puede oír a cierta distancia del lugar donde se produce.

Cuando vibra un objeto, se produce un **sonido**. Al producirse, se propaga con las siguientes características:

- **El sonido necesita un medio material para propagarse.** No se propaga en el vacío. Podemos colocar una radio encendida en el interior de una campana de vidrio y extraer el aire del interior de esta, por medio de una bomba de vacío. Comprobaremos que la radio no se escucha. Si, por el contrario, no extraemos el aire de la campana, la radio se oír perfectamente.
- **El sonido se propaga en todas direcciones.** Podemos oír el sonido generado por un objeto, colocándonos en cualquier posición respecto al mismo, incluso aunque exista un obstáculo entre medias.
- **El sonido transporta energía, pero no materia, al propagarse.** Al hacer sonar un objeto, sus partículas se ponen a vibrar, en su movimiento golpean a las partículas del medio (aire, agua, etc.) que se encuentran próximas a ellas, estas golpean a las siguientes, y así se transmite la vibración hasta nuestro oídos.

Velocidad de propagación del sonido

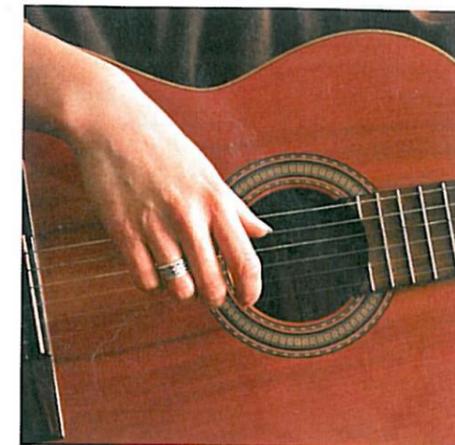
La velocidad de propagación del sonido depende del medio en el que se transmita, ya que esta velocidad depende de la facilidad con que las partículas que forman cada medio transmitan la vibración de unas a otras.

En general, la velocidad del sonido es mayor en los sólidos que en los líquidos, y en estos, mayor que en los gases. Esto se debe a que las partículas de los sólidos están más próximas entre sí que las de los líquidos, y las partículas de un medio líquido, como el agua, están más cercanas entre ellas que las de uno gaseoso, como el aire.

Velocidad de propagación del sonido en diferentes medios	
Aire (a 20 °C)	340 m/s
Agua (a 0 °C)	1500 m/s
Hierro (a 20 °C)	5130 m/s

ACTIVIDADES

31. ¿Es posible que un sonido se transmita en el vacío? ¿Por qué?
32. ¿Cuánto tiempo tarda tu voz en recorrer 200 metros en el aire?
33. Diseña una experiencia en la que puedas medir la velocidad de propagación del sonido en el aire.
34. ¿Quién oírá antes el ruido de una lancha motora, un buceador bajo el agua o un pescador en una barca, ambos a la misma distancia de la lancha?



A veces, podemos ver la vibración que produce un sonido y otras veces no. Por ejemplo, al rasgar una cuerda de guitarra, oiremos su sonido y podremos ver la vibración. Sin embargo, si damos palmas, oiremos el sonido, pero no veremos ninguna vibración.



El sonido de un tren puede percibirse antes por los ralles que por el aire, ya que el sonido se transmite mucho más rápido por un sólido que por un gas.

11 Las cualidades del sonido

No todos los sonidos son iguales, hay ciertas **cualidades** que nos permiten distinguirlos:

- **Intensidad.** Es la cantidad de energía que llega a nuestro oído por unidad de tiempo. Disminuye con la distancia a la que nos encontremos de la fuente sonora. Según su intensidad, los sonidos pueden ser **débiles**, si llevan poca energía, o **fuertes**, si llevan mucha energía. Por ejemplo, el sonido de una pluma al caer es débil, mientras que el de un martillo neumático es fuerte.

La intensidad de un sonido se mide en **decibelios** (dB).

- **Tono.** Está determinado por su frecuencia. Según su tono, los sonidos pueden ser **graves** (como el de un bombo), cuando su frecuencia es baja, o **agudos** (como el de un silbato), cuando su frecuencia es alta.

Gracias al tono, podemos diferenciar dos notas distintas de un mismo instrumento musical.

- **Timbre.** Es la cualidad que nos permite distinguir sonidos de igual intensidad y tono producidos por dos fuentes sonoras diferentes, por ejemplo, dos notas iguales emitidas por dos instrumentos diferentes, como un violín y un piano. También gracias al timbre podemos distinguir la voz de las personas.

Eco y reverberación

Cuando una onda sonora encuentra un obstáculo, rebota y cambia de dirección; es decir, se refleja. La reflexión del sonido es la causa de dos fenómenos: el **eco** y la **reverberación**.

Si en una zona silenciosa gritamos frente a una pared rocosa o un edificio de gran altura, podremos oír con claridad el sonido directo de nuestro grito y después el sonido reflejado en el obstáculo. Esta repetición de un mismo sonido reflejado se denomina **eco**.

Nuestro oído solo es capaz de distinguir dos sonidos si llegan separados con una diferencia mínima de una décima de segundo. Debido a esto, si el eco de un sonido llega antes de 0,1 s desde que se emitió el sonido original, no podremos diferenciar entre ambos y los percibiremos como uno solo.

Como la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s, en una décima de segundo recorre 34 m. Por tanto, para que percibamos el eco, el obstáculo debe estar situado, como mínimo a 17 metros del foco emisor. De esta forma, el sonido recorrerá 17 m para ir y 17 m para volver.

Cuando el obstáculo está a menos de esa distancia, el sonido reflejado no se distingue claramente del directo, sino que se mezclan y se confunden. Este efecto se denomina **reverberación**.

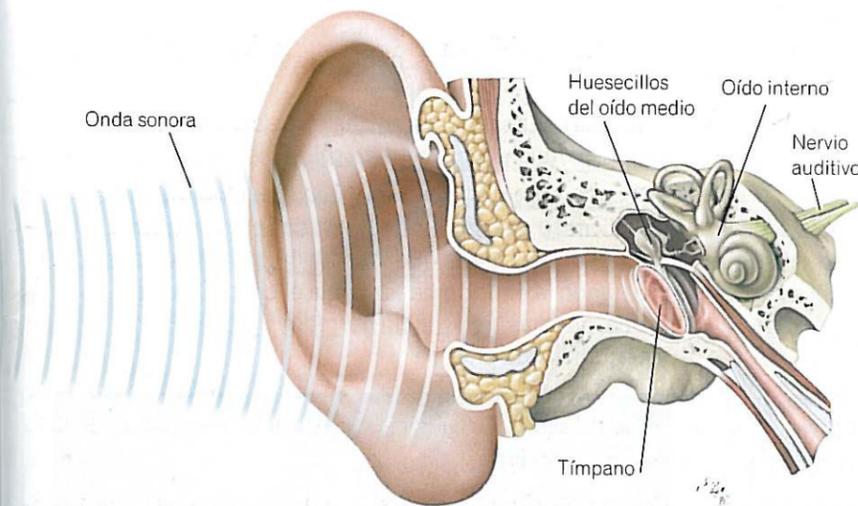
La reverberación, por ejemplo, se percibe cuando se habla en una habitación sin muebles, debido a que las ondas sonoras se reflejan en todas las paredes.

12 La percepción del sonido. El oído

Cuando una onda sonora llega a la oreja, pasa por el conducto auditivo externo y alcanza el **tímpano**, una membrana muy fina que recibe la onda y vibra. Esta vibración se transmite a la cadena de **huesecillos** del oído medio y de estos al oído interno, desde allí pasa al **nervio auditivo** en forma de impulsos nerviosos. Los nervios auditivos llevan la información al cerebro, donde se produce la sensación de audición.

El oído humano solo es capaz de percibir sonidos con una frecuencia entre 20 y 20 000 Hz. Las ondas por debajo de 20 Hz se denominan **infrasonidos**, y las que están por encima de 20 000 Hz, **ultrasonidos**.

Algunos animales, como el murciélago, la abeja, la ballena o el delfín, pueden percibir ultrasonidos de frecuencias de hasta 100 000 Hz, lo que les permite orientarse mediante señales acústicas.



ACTIVIDADES

39. ¿Qué parte del oído vibra con las ondas sonoras?
40. Los delfines tienen un sistema por el que perciben el eco de los sonidos que emiten. Esto les permite orientarse y buscar alimentos bajo el agua. Distribuidos por grupos, buscan información sobre este sistema de orientación y realizan un mural explicativo, ayudándose con dibujos.

ACTIVIDADES

35. ¿Cuál es la característica del sonido que nos permite distinguir voces?
36. Si tocamos dos teclas de un piano, ¿qué cualidad del sonido es distinta?
37. ¿Qué diferencia hay entre el eco y la reverberación?
38. Si te sitúas a 25 m de un frontón y das una palmada, ¿percibirás el eco o la reverberación? ¿Por qué?

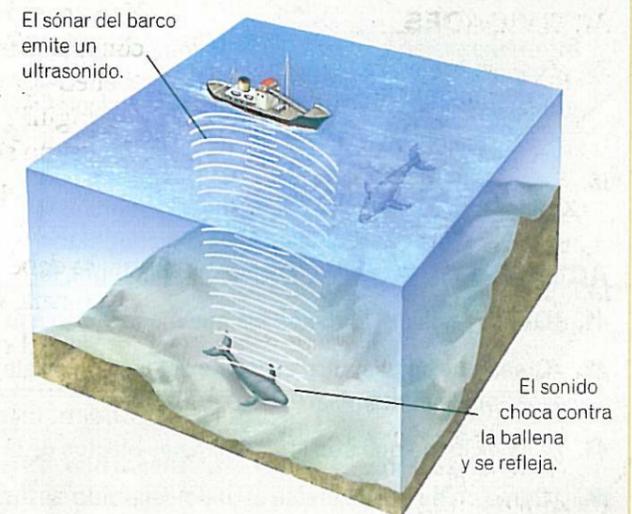
EN PROFUNDIDAD

Navegación por sonidos

El **sónar** (del inglés, *Sound Navigation Ranging*, navegación por el alcance del sonido) permite detectar desde la superficie del mar objetos sumergidos a grandes profundidades. Se basa en la reflexión de sonidos de alta frecuencia (ultrasonidos).

Este aparato emite un ultrasonido. Si este sonido encuentra un obstáculo en su recorrido, se refleja en él y regresa. Por el tiempo que tarda en llegar de nuevo al dispositivo emisor se puede conocer la profundidad a la que se encuentra dicho objeto.

Gracias al sónar se ha podido realizar el mapa del relieve de los fondos oceánicos. También se utiliza para localizar bancos de peces, barcos hundidos, submarinos, etc.



EN PROFUNDIDAD

La contaminación acústica

La contaminación acústica es la producida por el ruido. El ruido es un concepto difícil de definir, pues cualquier sonido puede resultar molesto según las condiciones en las que se encuentre el receptor. Se considera ruido a cualquier sonido no deseado o molesto que implique riesgo, daño o molestia para las personas, el desarrollo de sus actividades o causen perjuicio para el medio ambiente.

En los últimos años, el nivel de ruido ha aumentado debido al incremento de la población urbana. Las principales fuentes de ruido provienen de los vehículos de motor, las industrias, los trenes, las obras públicas, la construcción y los lugares de ocio (como bares, discotecas, etc.).

A partir de 65 dB los ruidos empiezan a provocar daños en las personas, principalmente en la audición y en el sistema nervioso.

El peligro de un sonido depende de la intensidad del mismo y del tiempo de exposición a él. La exposición prolongada a sonidos de 90 dB, como escuchar música con auriculares a un volumen elevado, puede provocar, pérdidas de audición, alteraciones del ritmo cardíaco, riesgo coronario, irritabilidad y estrés.

Para combatir el ruido se pueden tomar diferentes medidas, como insonorizar los edificios y lugares de trabajo, crear zonas verdes, limitar la velocidad de los vehículos, colocar pantallas antirruído en autopistas y aeropuertos, etc. Sin embargo, la mejor forma de evitarlo es concienciar a las personas de la importancia de reducir las emisiones sonoras, por el bien de su salud y la de los demás.

Los aeropuertos son una importante fuente de contaminación acústica y lumínica.

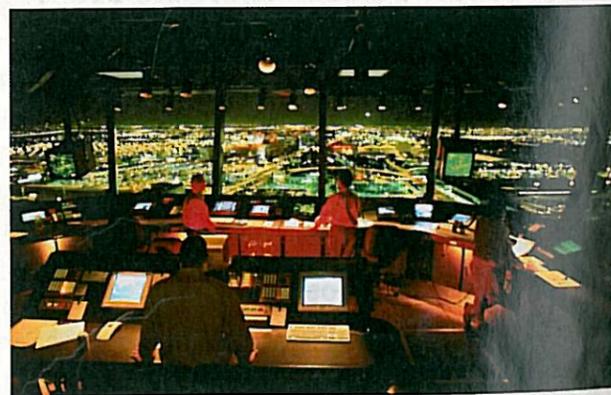
La contaminación lumínica

Llamamos contaminación lumínica al brillo o resplandor de luz en el cielo nocturno, como consecuencia de la reflexión y difusión de la luz artificial en los gases y en las partículas del aire, debido al uso inadecuado de la iluminación. El problema es especialmente importante en las grandes ciudades y en zonas como aeropuertos, autopistas, etc.

Como resultado de la contaminación lumínica, la oscuridad de la noche disminuye y desaparece progresivamente la luz de las estrellas y los demás astros, causando problemas a los observatorios astronómicos y perturbando algunos ecosistemas.

Hoy día se sabe que ciertas especies de animales, como especialmente insectos, debido a este tipo de contaminación, modifican sus comportamientos y producen alteraciones en sus migraciones, lo que cambia sus ciclos reproductores.

La contaminación lumínica puede reducirse de forma significativa usando adecuadamente el alumbrado nocturno, de manera que ilumine únicamente el suelo y evitando la emisión de luz hacia el cielo. De esta forma, además, se evita un derroche innecesario y perjudicial de energía.



ACTIVIDADES

41. ¿Qué fuentes de ruido son las que más afectan a tu entorno?
42. ¿Crees que en tu centro escolar existen altos niveles de ruido? Propón medidas para evitar este tipo de contaminación.
43. ¿Cuáles crees que son los principales efectos de la contaminación acústica sobre las personas?
44. ¿Cómo crees que te afecta el ruido generado en tu centro escolar?

Ciencia en tus manos

Comunicación de resultados. La reflexión de la luz

La luz se propaga en línea recta y puede reflejarse en superficies pulidas como los espejos. Vamos a realizar un experimento para poner de manifiesto estas propiedades, y para averiguar de qué forma se produce

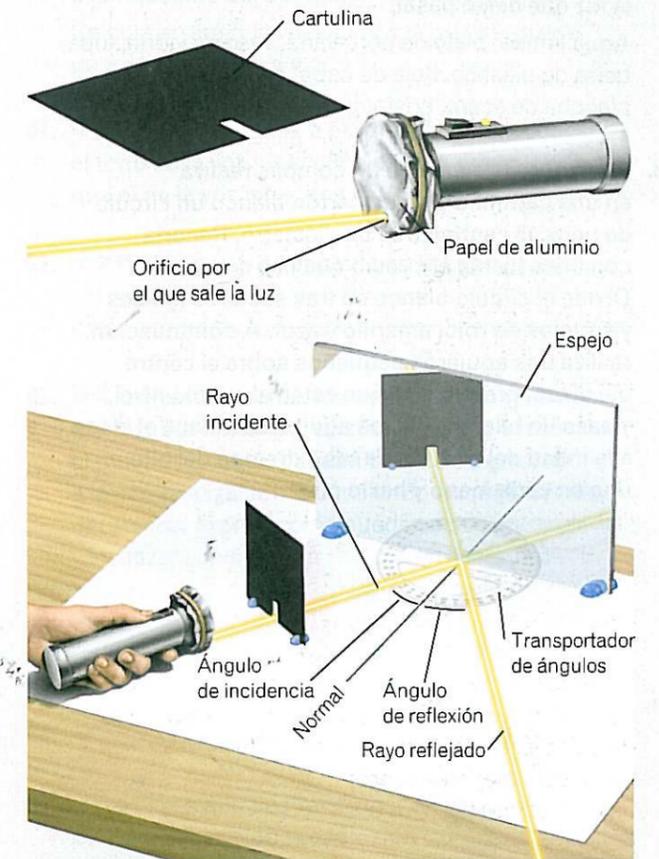
la reflexión. Utilizaremos una linterna para obtener un rayo luminoso fino y un transportador de ángulos para medir los ángulos que forman el rayo incidente y el reflejado.

1. **Realizamos el montaje.** Envolvemos el foco de la linterna con papel de aluminio y hacemos cerca del borde del cristal un orificio de unos 3 mm de diámetro. En una cartulina realizamos, con una cuchilla, un corte fino perpendicular a uno de sus bordes. Sobre un cartón situamos un pequeño espejo. Para que quede vertical nos ayudamos con una escuadra, y lo fijamos al cartón en esa posición con trozos de plastilina. Utilizando la escuadra, trazamos una línea perpendicular al espejo. Esta línea recibe el nombre de **normal**. Por último, situamos un transportador de ángulos apoyado sobre el espejo, de forma que la normal pase por su mitad, dejando un ángulo de 90° a cada lado de la normal.

2. **Realizamos el experimento.** Encendemos la linterna y, utilizando la cartulina para obtener un rayo fino, enviamos un rayo luminoso al punto donde la normal toca el espejo. Si el rayo va pegado al cartón, podremos ver tanto su trayectoria como la del rayo reflejado.

Con el transportador de ángulos medimos el ángulo que forma el rayo incidente con la normal, y el ángulo que forma el rayo reflejado con la normal. El primero recibe el nombre de **ángulo de incidencia**, y el segundo, **ángulo de reflexión**.

3. **Obtenemos conclusiones.** Debemos repetir el experimento con diversos ángulos, para obtener la mayor cantidad posible de parejas de ángulos. Observaremos que la mayoría de los datos indican que en cada experimento los ángulos de incidencia y de reflexión son iguales, aunque en algunos casos obtenemos valores dudosos, dado que nuestro montaje experimental es rudimentario.



4. **Comunicamos los resultados.** Los experimentos científicos ponen a prueba las leyes de la naturaleza. Cuando a partir de la repetición de un experimento llegamos a establecer una ley, decimos que hemos seguido un **método inductivo**. Nosotros hemos obtenido un resultado por inducción: cuando se produce una reflexión, el ángulo de incidencia y el de reflexión son iguales.

ACTIVIDADES

45. Elabora un informe de tu experimento, explicando los objetivos propuestos, describiendo el montaje experimental y citando los resultados. Expón claramente tus conclusiones referentes a los ángulos de incidencia y de reflexión.

Actividades

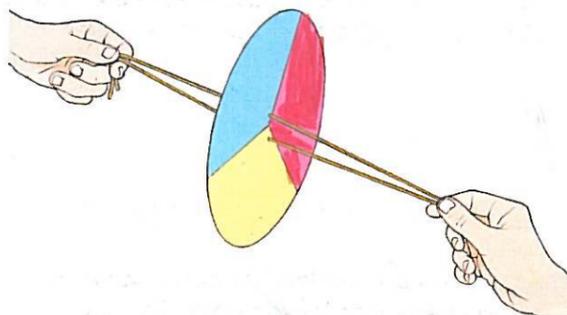
46. ● Indica si los siguientes cuerpos son fuentes de luz primarias o secundarias.

- a) El Sol.
- b) Una bombilla.
- c) Una vela.
- d) Un espejo.
- e) Un semáforo.
- f) Un diamante.

47. ● Clasifica en un cuadro los siguientes objetos según la luz que dejen pasar.

Agua limpia, plato de porcelana, vaso de vidrio, lupa, bolsa de plástico, hoja de papel cebolla, sábana, plancha de acero, cristal granulado.

48. ●●● Con la ayuda de un compás realiza en una cartulina o en un cartón blanco un círculo de unos 15 centímetros de diámetro. Recorta con unas tijeras el círculo que has dibujado. Divide el círculo blanco en tres sectores iguales y píntalos de rojo, amarillo y azul. A continuación, realiza dos agujeros pequeños sobre el centro del disco, procurando que estén al mismo nivel, y pasa un hilo por dichos agujeros. Coloca el disco a la mitad del hilo. Toma los extremos del hilo uno en cada mano y hazlo girar.

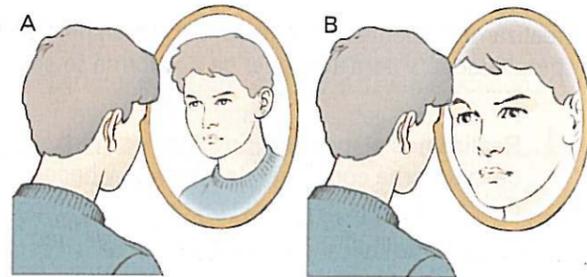


- a) ¿De qué color se ve el círculo coloreado al girar?
- b) A partir de la experiencia, ¿de qué colores está formada la luz blanca?
- c) Mueve ahora despacio el disco. ¿Por qué no pasa lo mismo que en la experiencia anterior?
- d) ¿Qué ocurriría si en vez de esos tres colores hubieses usado solamente amarillo y azul?
- e) ¿Qué crees que sucedería si mediante un prisma dispersaras luz verde?

49. ●●● Una determinada estrella se encuentra a 8,8 años-luz. La estrella estalla el día 1 de enero de 2009.

- a) ¿En qué año sabremos que la estrella ha estallado?
- b) ¿A qué distancia, en kilómetros, se encuentra la estrella de nosotros?

50. ● Observa la imagen reflejada por los siguientes espejos. ¿De qué espejo se trata en cada caso? ¿Qué tipo de imagen produce cada uno de ellos?



51. ●●● Sabiendo que la distancia Tierra-Sol es de 150 millones de kilómetros, calcula el tiempo que tarda la luz del Sol en llegar a la Tierra.

52. ●●● Las luciérnagas son unos insectos, de la familia de los coleópteros, que se suelen encontrar en áreas húmedas y boscosas, donde sus larvas tienen una fuente abundante de alimento. En las noches cálidas, las hembras generan luz, fenómeno conocido como bioluminiscencia, para atraer a los machos, pudiéndose apagar para ocultarse si detectan algún peligro.

Busca información sobre este fenómeno de emisión de luz.



53. ● A la salida de los garajes o entre los cruces de dos calles de poca visibilidad se suelen colocar espejos como los que se muestran en la fotografía. ¿Qué tipo de espejos son?



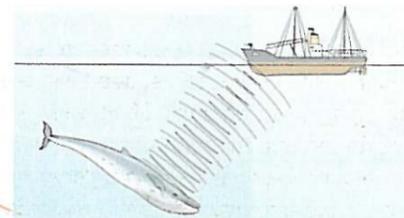
54. ●●● En los días de tormenta muchas veces vemos caer un rayo y a los pocos segundos oímos el trueno, que es el sonido causado por el rayo. Eso significa que la luz viaja mucho más rápido que el sonido. Si oímos un trueno 4 s después del relámpago, ¿a qué distancia se encuentra la tormenta?

55. ●●● ¿A qué distancia se encuentra una montaña si una persona, colocada frente a ella, oye el eco de su voz dos segundos después de haberlo emitido?

56. ●●● Un observador escucha unos fuegos artificiales tres segundos después de ver el fogonazo. ¿A qué distancia del observador se encuentran los fuegos?

57. ●●● Un barco de pesca usa un sónar para detectar una ballena. Su receptor lanza una onda sonora y 0,2 segundos más tarde detecta el eco. Sabiendo que el sonido se propaga a través del agua a 1500 m/s. Calcula:

- a) La distancia que ha recorrido la onda en 0,2 s.
- b) ¿A qué distancia del barco está la ballena?



58. ●● Al oír nuestra voz grabada, no solemos reconocernos. ¿A qué crees que es debido?

UN ANÁLISIS CIENTÍFICO

El impacto del meteorito

El 2 de mayo de 2006, un meteorito chocó contra el Mar de las Nubes (*Mare Nubium*) de la Luna, liberando una energía equivalente a cuatro toneladas de dinamita y generando un cráter de unos 14 m de ancho y 3 m de profundidad. El impacto creó una brillante bola de fuego, que fue grabada en vídeo por la NASA desde un telescopio terrestre.

«Fue una roca espacial de apenas unos 25 cm de ancho, que viajaba a unos 38 km/s», informó Bill Cooke, jefe de la Oficina de Estudios sobre Meteoritos de la NASA.



59. ●● Si tocamos con la mano una campana que está sonando, esta deja de sonar inmediatamente. ¿Por qué crees que se produce este hecho?

60. ● En los aviones supersónicos, capaces de superar la velocidad del sonido, la velocidad se mide en mach, hablándose de mach 1, mach 2, etc. Un mach es igual a la velocidad del sonido en el aire (340 m/s).

Calcula en km/h la velocidad a la que se mueve un avión que viaja a mach 2.

61. ●●● Generalmente, a partir de la adolescencia, el tono de la voz masculina es más grave que el de la voz femenina. ¿A qué crees que es debido?

62. ●●● Un meteorito impacta en la Luna. ¿Desde el lugar en el que vives podrías oír el impacto? ¿Y si estuviésemos en una nave espacial cerca de la Luna?

63. ●●● Habitualmente, los animales ven gracias a la luz. Sin embargo, existen algunos, como el murciélago, que pueden orientarse gracias a la ecolocalización. Conociendo las propiedades del sonido, explica cómo pueden estos animales volar y localizar a sus presas, incluso en oscuridad.

64. ● ¿A qué se deben los cráteres de la Luna?

65. ●● ¿Crees que desde el lugar en el que vives podrías haber oído la explosión? ¿Por qué?

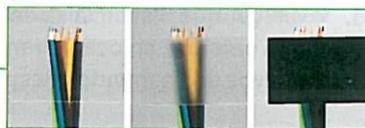
66. ●●● Sabiendo que la distancia entre la Luna y el telescopio desde el que se grabó el impacto es de 382 000 km, ¿qué tiempo tardó la luz generada en ser vista desde el observatorio?

- a) De inmediato.
- b) 1,27 min.
- c) 1,27 s.

67. ●● Bill Cooke explicó: «La atmósfera terrestre nos protege, un meteorito de 25 cm se desintegraría al contacto con el aire, generando una bola de fuego espectacular en el cielo, pero no un cráter».

- a) Explica por qué ocurriría esto en la Tierra.
- b) Si la atmósfera nos protege, ¿por qué entonces hay cráteres formados por impactos de meteoritos en nuestro planeta?

Es una forma de energía que nos permite ver el color y la forma de los objetos cuando se encuentran bien iluminados.
Cuando llega a un medio, parte de la luz es absorbida y parte es reflejada.



Propiedades

- La luz se propaga en línea recta y en todas las direcciones.
- Su velocidad de propagación depende del medio. En el vacío y en el aire, su velocidad es aproximadamente igual (300 000 km/s).



Reflexión

Es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al chocar contra la superficie de un cuerpo.
Los espejos son cuerpos opacos, con una superficie lisa y pulimentada que reflejan toda la luz que les llega. Pueden ser:

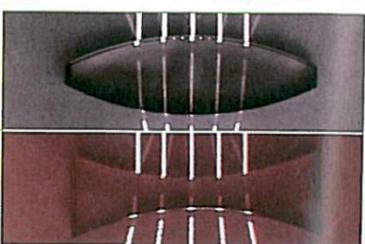
- Planos. Reflejan una imagen similar a la real.
- Curvos. Distorsionan la imagen real.



Refracción

Es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al pasar de un medio a otro en el que su velocidad es distinta. Dicho fenómeno se puede observar en las lentes.
Una lente es un cuerpo transparente, generalmente de vidrio, que puede formar imágenes refractando la luz. Hay dos tipos:

- Lentes convergentes. Concentran los rayos de luz.
- Lentes divergentes. Hacen que los rayos de luz se separen.



Dispersión

Es la descomposición de la luz en diferentes colores.
La luz blanca es una mezcla de colores. Cuando dicha luz atraviesa un medio dispersor, como un prisma, se descompone en los colores del arco iris.



Son ondas que se producen cuando un cuerpo vibra.

Propiedades

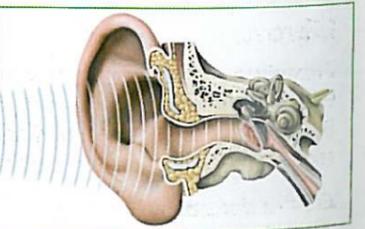
- No se propaga en el vacío.
- Se propaga en todas las direcciones.
- Al propagarse, transporta energía pero no materia.
- Su velocidad de propagación depende del medio en el que se transmite.



Cualidades

Las cualidades que permiten distinguir un sonido de otro son:

- Intensidad. Cantidad de energía por unidad de tiempo. Permite distinguir entre sonidos fuertes y débiles.
- Tono. Está determinado por la frecuencia. Según esto, hay sonidos graves y agudos.
- Timbre. Permite distinguir sonidos de igual intensidad y tono producidos por dos fuentes sonoras diferentes.



ACTIVIDADES

68. Completa el esquema indicando cómo podemos clasificar los cuerpos según su capacidad de absorción de luz.
69. Completa el esquema señalando qué tipos de espejos esféricos podemos distinguir.

Tecnologías de rastreo visual

Cinco siglos después de Leonardo Da Vinci, la investigadora americana Margaret Livingstone, experta en percepción visual, ha desvelado uno de los grandes misterios de la historia del arte: la escurridiza sonrisa de la Gioconda no es más que «una ilusión que aparece y desaparece debido a la peculiar manera en que el ojo humano procesa las imágenes». Su teoría se basa en que el ojo tiene una visión central muy buena para reconocer los detalles, y otra periférica, menos precisa, pero más adecuada para reconocer las sombras. De forma intuitiva, Da Vinci pintó el cuadro de forma que «para ver sonreír a Mona Lisa hay que mirarla a los ojos o a cualquier otra parte del cuadro, de modo que sus labios queden en el campo de visión periférica». ¡Sorprendente!

Para su estudio, Livingstone ha empleado una tecnología llamada *monitoreo de ojos, rastreo visual, trazabilidad visual* o, en inglés, *eye tracking*, que permite seguir el movimiento ocular de una persona mientras mira una imagen y por tanto conocer cuáles son los puntos de la misma que atraen más su atención. Para ello

se vale de un aparato llamado *Eye tracker* que capta muchos datos, como las trayectorias seguidas en cada observación y la dilatación de la pupila.

[...]

Según Iván del Muro, de la consultora Española Alt64, especializada en marketing digital, «la tecnología eye tracking abre una nueva vía de interacción con el mundo informático y los ordenadores en general. Aplicada a procesos industriales, por ejemplo, podríamos controlar ciertas funciones solo con la mirada si tuviéramos las manos ocupadas, sucias o mojadas. Aplicada al mundo de los negocios on line, mejora la eficacia de los estudios de mercado, na-

vegación por la web y análisis del impacto publicitario».

En el campo médico, investigadores y psicólogos usan esta tecnología en diagnósticos clínicos, para tratar de entender cómo funcionan los mecanismos de la visión y cómo el cerebro discrimina y elige lo que más le interesa dentro de un campo visual.

[...]

Aplicado a personas con problemas de movilidad o enfermedades crónicas, la tecnología eye tracking puede ofrecerles una nueva alternativa de comunicación y una calidad de vida impensable hasta ahora. Esta herramienta permite escribir, hablar utilizando sintetizadores de ha-



bla, y controlar aplicaciones domóticas de una vivienda sin necesidad de usar las manos, solo mediante el movimiento de las pupilas. Con el eye tracking es posible, por ejemplo, abrir y cerrar interruptores y enviar correos electrónicos usando solo la mirada.

LUIS OTERO,
«¿Y tú qué miras?»,
Muy Interesante. Octubre 2005.
N.º 293

COMPRENDO LO QUE LEO

70. La sonrisa que vemos en la Gioconda (elige dos alternativas):
a) Es real. c) Siempre la vemos.
b) Es aparente. d) Depende de cómo miremos.
71. ¿Cómo puede el *eye tracker* ayudar a analizar el impacto de un anuncio publicitario en las personas?
72. ¿Qué posibilidades de uso tiene la técnica de rastreo visual?
73. ¿Qué le interesa más al autor del texto, hablarnos de la sonrisa de la Gioconda o de la técnica de rastreo visual? ¿Por qué?

NOTE LO PIERDAS

Libros:

Experimentos sencillos con la luz y el sonido

GLEN VECHIONE. Ed. Paidós Ibérica

Sencillos e inofensivos experimentos para comprender qué son y cómo funcionan las ondas de la luz y el sonido.

El libro del color

JUAN CARLOS SANZ. Ed. Alianza, S. A.

Profundiza en el color y lo presenta de forma accesible para el público en general.

Esa horrible Ciencia: esos insoportables sonidos

NICK ARNOLD. Ed. Molino

Fichas de datos sobre las ondas sonoras.

Artículos:

La conquista de los colores. *Muy Interesante*. Diciembre 2005. N.º 295.

Los ojos. Por qué debemos visitar al oftalmólogo. *Muy Interesante*. Enero 2004. N.º 272.

El oído, nuestros malos hábitos lo están dañando. *Muy Interesante*. Septiembre 2004. N.º 280.

En la red:

www.educaplus.org/luz/lcomoonda.html

Página con explicaciones sobre la naturaleza y las propiedades de la luz.