

Los materiales y la luz.

Objetivo: Comprender como interactúa la materia con la luz y que son materiales transparentes y opacos.

Nivel: Primero medio.

Materiales transparentes

La luz es una onda electromagnética portadora de energía, que emana de los electrones vibratorios en los átomos. Cuando se transmite la luz a través de la materia, algunos de los electrones en ella son forzados a vibrar. De esta manera, las vibraciones del emisor se transmiten y son vibraciones en el receptor. Es una forma parecida a como se transmite el sonido (figura 1).

FIGURA 1

Así como una onda sonora puede forzar la vibración de un receptor de sonido, una onda luminosa puede forzar a los electrones a vibrar en los materiales.



Entonces, la forma en que un material receptor responde cuando le llega luz, depende de la frecuencia de ésta y de la frecuencia natural de los electrones en el material. La luz visible vibra a frecuencia muy alta, unos 100 billones de veces por segundo (10^{14} hertz). Si un objeto cargado va a responder a esas vibraciones ultrarrápidas, debe tener poca inercia, muy poca. Como la masa de los electrones es tan diminuta, pueden vibrar con esa frecuencia.

Los materiales como el vidrio y el agua permiten que la luz se propague por ellos en líneas rectas. Se dice que son **transparentes** a la luz. Para entender cómo pasa la luz por un material transparente, imagina los electrones en los átomos de materiales transparentes como si estuvieran unidos a su núcleo con resortes (figura 2).*

Cuando una onda luminosa incide en ellos, sus electrones se ponen en vibración. Los materiales que son elásticos responden más a vibraciones de determinadas frecuencias que a otras. Los timbres de campana suenan a determinada frecuencia, los diapasones vibran a determinada frecuencia, y también los electrones de los átomos y las moléculas.

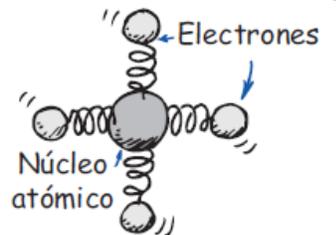


FIGURA 2

Los electrones de los átomos en el vidrio tienen ciertas frecuencias naturales, y se pueden modelar como partículas unidas al núcleo atómico mediante resortes.

*Desde luego, los electrones no están unidos con resortes. En realidad su “vibración” es orbital, al moverse en torno al núcleo; no obstante, el “modelo de resortes” ayuda a entender la interacción de la luz con la materia. Los físicos inventan esos modelos conceptuales para explicar la naturaleza, en particular en su nivel microscópico. El valor de un modelo no sólo reside en si es “cierto”, sino en si es útil. Un buen modelo no sólo coincide y explica las observaciones, sino que también pronostica qué puede suceder. Si las predicciones del modelo son contrarias a lo que sucede, normalmente se refina o se abandona ese modelo. El modelo simplificado que presentamos aquí, de un átomo cuyos electrones vibran como si estuvieran en resorte, y con un intervalo de tiempo entre la absorción y la reemisión de energía, es muy útil para entender cómo pasa la luz por los sólidos transparentes.



Las frecuencias naturales de vibración de un electrón dependen de lo fuertemente que esté enlazado con su átomo o molécula. Los distintos átomos o moléculas tienen diferentes “intensidades de resorte”. Los electrones de los átomos en el vidrio tienen una frecuencia natural de vibración en la región del ultravioleta. En consecuencia, cuando las ondas ultravioleta llegan al vidrio, se presenta la resonancia y la vibración de los electrones crece hasta grandes amplitudes, del mismo modo que cuando se empuja a un niño a la frecuencia de resonancia del columpio aumenta la amplitud del vaivén.

La energía que recibe cualquier átomo en el vidrio la reemite, o la pasa por choques, a los átomos vecinos. Los átomos resonantes en el vidrio pueden retener la energía de la luz ultravioleta durante un tiempo bastante grande, unas 100 millonésimas de segundo. Durante este tiempo, el átomo describe 1 millón de vibraciones y choca con los átomos vecinos, cediendo su energía en forma de calor. Por todo lo anterior, el vidrio no es transparente a los rayos ultravioleta.

A menores frecuencias de las ondas, como las de la luz visible, los electrones de los átomos en el vidrio son forzados a vibrar, pero con menor amplitud. Retienen menos tiempo la energía, con menos probabilidades de choque con los átomos vecinos, y menos energía se transforma en calor. La energía de los electrones vibratorios se reemite en forma de luz. El vidrio es transparente a todas las frecuencias de la luz visible. La frecuencia de la luz reemitida que pasa de uno a otros átomos es idéntica a la frecuencia de la luz que produjo la vibración de la fuente original. Sin embargo, hay una pequeña demora entre la absorción y la reemisión de esa luz.

Esa demora es lo que ocasiona una menor rapidez media de la luz a través de un material transparente (figura 3). La luz se propaga a distintas rapidezces promedio cuando atraviesa materiales distintos. Decimos *rapideces promedio* porque la rapidez de la luz en el vacío, ya sea en el espacio interestelar o el espacio entre las moléculas de un trozo de vidrio, es una constante de 300000 kilómetros por segundo. A esto se le llama rapidez de la luz c . La rapidez de la luz en la atmósfera es un poco menor que en el vacío, pero se suele redondear a c . En el agua, la luz se propaga al 75% de su rapidez en el vacío (a $0.75 c$). En el vidrio se propaga más o menos a $0.67 c$, según la clase de vidrio. En un diamante va a menos de la mitad de su rapidez en el vacío, sólo a $0.41 c$. Cuando sale la luz de esos materiales al aire, se propaga a su velocidad original c .

Las ondas infrarrojas, con frecuencias menores que las de la luz visible, hacen vibrar no sólo a los electrones, sino a los átomos o las moléculas completos en la estructura del vidrio. Esa vibración aumenta la energía interna y la temperatura de la estructura, y es la causa de que a veces se diga que las ondas infrarrojas son *ondas de calor*. El vidrio es transparente a la luz visible, pero no a la luz ultravioleta ni a la luz infrarroja.

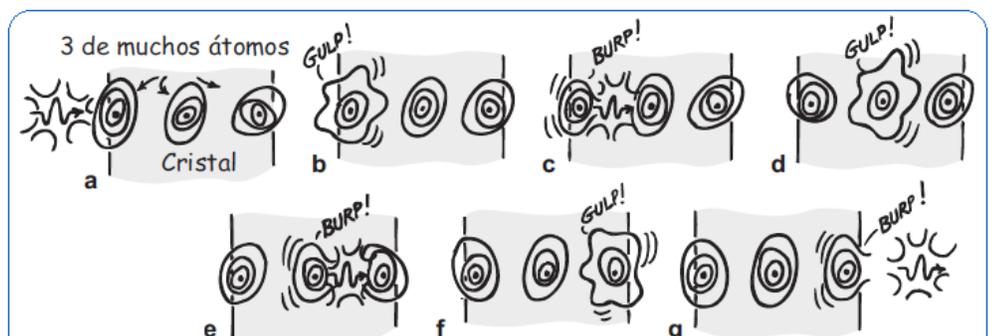
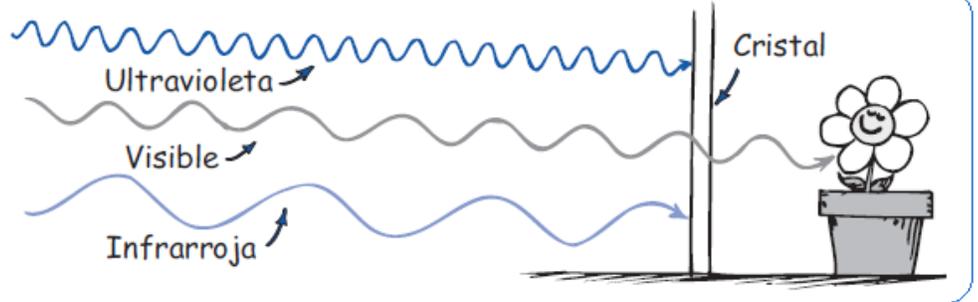


FIGURA 3

Una onda de luz visible que incide en una lámina de vidrio pone a vibrar a los átomos, que a la vez producen una cadena de absorciones y reemisiones. Así pasa la energía luminosa por el material y sale por la otra cara. Debido a las demoras entre absorciones y reemisiones, la luz se propaga por el vidrio con más lentitud que por el espacio vacío.

FIGURA 4

El vidrio bloquea tanto la luz infrarroja como la ultravioleta, pero es transparente a la luz visible.



Materiales opacos

La mayoría de los objetos que nos rodean son opacos, es decir, absorben la luz y no la reemiten. Los libros, las mesas, las sillas y las personas son opacos. Las vibraciones que la luz comunica a sus átomos y moléculas se convierte en energía cinética aleatoria, en energía interna. Se calientan un poco.

Los metales son opacos. Como los electrones externos de los átomos de los metales no están enlazados con algún átomo determinado, vagan libremente con poca dificultad por todo el material (es la causa de que los metales conduzcan tan bien la electricidad y el calor). Cuando la luz llega a un metal y pone a vibrar a esos electrones libres, su energía no “salta” de un átomo a otro en el material, sino que se refleja. Es la causa de que los metales tengan brillo.

La atmósfera terrestre es transparente a una parte de la luz ultravioleta, a toda la luz visible y a una parte de la luz infrarroja, pero es opaca a la luz ultravioleta de alta frecuencia. La pequeña parte de radiación ultravioleta que pasa es la causa de las quemaduras por asolearse. Si penetrara toda esta radiación literalmente estaríamos fritos. Las nubes son semitransparentes al ultravioleta, y en consecuencia uno puede quemarse la piel incluso en un día nublado. La piel oscura absorbe la luz ultravioleta antes de que pueda penetrar demasiado; mientras que en la piel blanca dicha luz penetra más. Con la exposición suave y gradual, la piel blanca puede broncearse e incrementar la protección contra la luz ultravioleta.

Ésta no sólo es dañina para la piel, sino también para los ojos y para los techos asfaltados de las construcciones. Ahora ya sabes por qué estos techos se cubren con arena.

¿Has notado que las cosas se ven más oscuras cuando están húmedas que cuando están secas? La luz que incide en una superficie seca rebota directamente hacia los ojos; en tanto que si llega a una superficie mojada rebota *dentro* de la región mojada transparente, antes de llegar a los ojos. ¿Qué sucede en cada rebote?

¡Absorción! Entonces, una superficie mojada tiene más absorción y se ve más oscura.

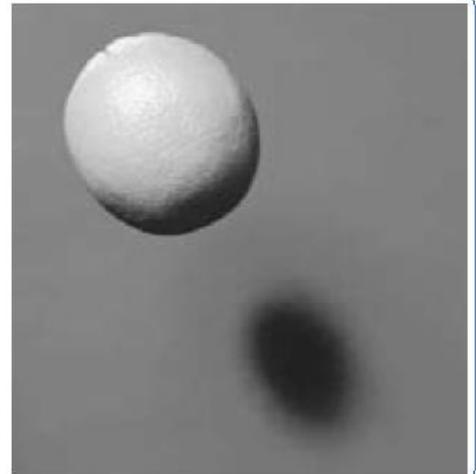
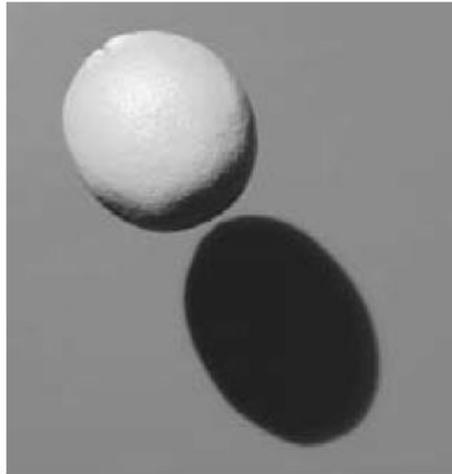
Sombras

A menudo a un haz delgado de luz se le llama *rayo*. Cuando estamos parados a la luz del Sol, algo de ella se detiene mientras que otros rayos siguen, en una trayectoria rectilínea. Arrojam, o producimos una **sombra**, es decir, una región donde no llegan los rayos de luz. Si estamos cerca de nuestra sombra, ésta tiene contornos nítidos porque el Sol está muy lejos. Una fuente luminosa grande y lejana o una fuente pequeña y cercana pueden producir una sombra nítida. Una fuente luminosa grande y cercana produce una sombra algo difusa (figura 5).



FIGURA 5

Una fuente luminosa pequeña produce una sombra más definida que una fuente más grande.



En general, hay una parte negra en el interior y una parte más clara que rodea los contornos de una sombra. A una sombra total se le llama **umbra** y a una sombra parcial se le llama **penumbra**. Aparece la penumbra cuando se bloquea algo de la luz, pero llega otra luz. Eso puede suceder cuando es bloqueada la luz de una fuente y llega la luz de otra fuente (figura 6). También hay penumbra cuando la luz de una fuente amplia es bloqueada sólo parcialmente.



FIGURA 6

Un objeto cerca de una pared produce una sombra definida, porque la luz que proviene de direcciones un poco diferentes no se extiende mucho detrás del objeto. Al alejarse el objeto de la pared, se forman penumbras y la sombra se vuelve más pequeña. Cuando el objeto está todavía más alejado, la sombra es menos definida. Cuando el objeto está muy alejado (no se muestra) no se ve sombra porque se mezclan todas las penumbras y forman una mancha grande.



Tanto la Tierra como la Luna arrojan sombras cuando les llega la luz solar. Cuando la trayectoria de alguno de esos cuerpos se cruza con la sombra producida por el otro, ocurre un eclipse (figura 7). Un efecto espectacular de la sombra y la penumbra lo vemos cuando la sombra de la Luna cae sobre la Tierra, durante un **eclipse solar**. A causa del gran tamaño del Sol, sus rayos forman un cono produciendo la sombra, y una penumbra que la rodea (figura 8). Si quedas en la parte de la sombra, estarás a oscuras durante el día, en un eclipse total. Si quedas en la penumbra estarás en un eclipse parcial, porque verás al Sol en forma de Luna creciente. En un **eclipse lunar** la Luna pasa por la sombra que produce la Tierra.

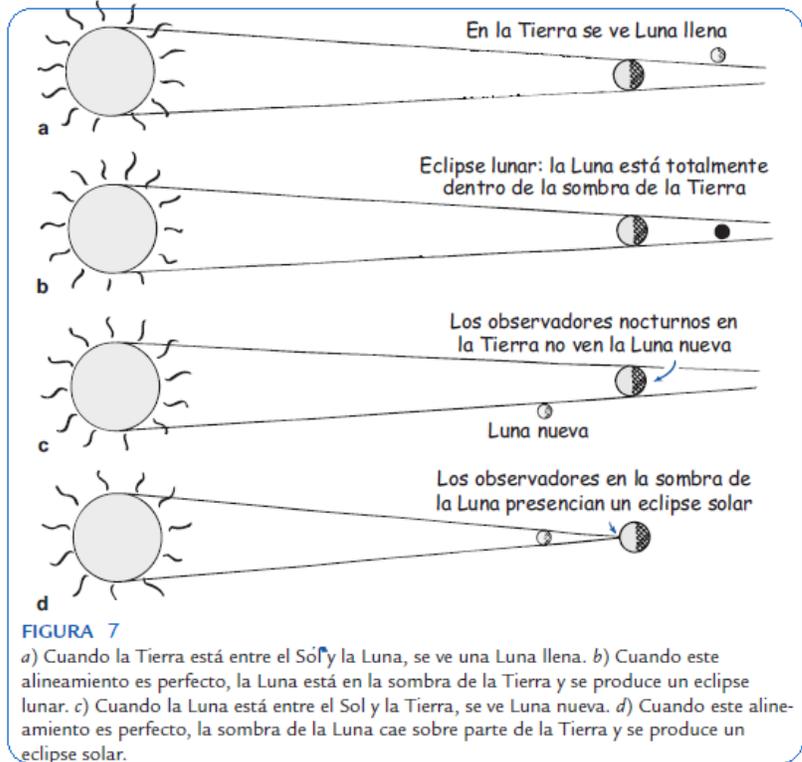


FIGURA 8

Detalle de un eclipse solar. Los observadores que están en la sombra ven un eclipse total. Los observadores que están en la penumbra ven un eclipse parcial. La mayoría de los observadores terrestres no ven eclipse alguno.

