



2º de Bachillerato

Física

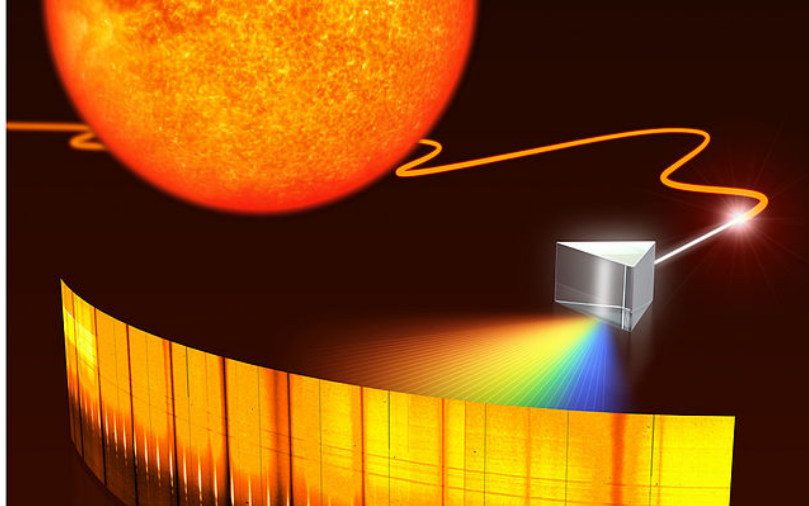
Contenidos

**Óptica:
Óptica física**

1. Introducción

Combinando los temas anteriores de esta unidad, referidos a la naturaleza ondulatoria de la luz, con los correspondientes a las ondas y el movimiento armónico simple, ¿qué se obtiene? La respuesta es la **Óptica Física** que simplemente va a ser un conjunto de leyes y definiciones sobre la luz aglutinados.

Justamente eso lo encontrarás en este tema, vas a estudiar las propiedades de la luz relacionadas con su propagación cuando se consideran los aspectos ondulatorios de la misma.



[Imagen](#) de ESO en Wikimedia Commons. [CC](#)

Dicho con otras palabras, pero no te asustes, la óptica física, propuesta por [Huygens](#) (S.XVIII) y confirmada por [Young](#) (S.XIX), es el conjunto de fenómenos relacionados con la propagación de la luz y que se explican considerando la luz como onda. Se fundamentan en fenómenos de interferencia, difracción y polarización, pero ya te adelanto que aprovechando que el Pisuega pasa por Valladolid se te van a explicar algunos otros fenómenos conocidos relacionados con la propagación de la luz, como son la refracción, reflexión y dispersión. Precisamente por estos últimos se darán los primeros pasos.

2. Rayos y frentes de ondas

Por si acaso no has caído en la cuenta, lo que estudia la óptica es la propagación de la luz a través de los diferentes medios. ¿Y cómo caracterizamos estos dos elementos? Vayamos por partes:

1) La luz la caracterizamos por medio de **frentes de onda** que se propagan en una cierta dirección, y la representamos mediante líneas imaginarias que se dibujan en la dirección y sentido del desplazamiento de estos frentes. Estas líneas son los **rayos luminosos**, y es fácil darse cuenta viendo el dibujo que los rayos luminosos son perpendiculares a los frentes de onda

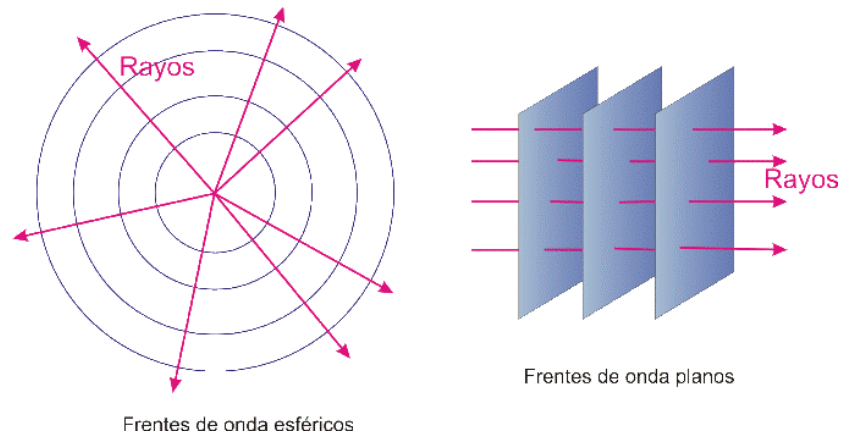


Imagen de Juancarcole en Wikimedia Commons. CC

2) El medio en que se propaga la luz se caracteriza por una magnitud llamada **índice de refracción**, definida como la relación entre la velocidad de la luz en el vacío (c) y la velocidad en dicho medio (v)

$$n = \frac{c}{v}$$

Fíjate bien en la definición, vamos a extraer algunas conclusiones de ella:

- Como la velocidad de la luz en cualquier medio (v) es siempre menor que en el vacío (c), el índice de refracción siempre es mayor que 1.
- ¿Recuerdas la expresión $v = \lambda \cdot f$ que relaciona velocidad de propagación, longitud de onda y frecuencia? Pues debes saber que cuando la luz se propaga en un medio, su frecuencia no cambia. Esto significa que los cambios de velocidad de propagación v se producen porque varía la longitud de onda.

A propósito de esto, si llamamos λ_0 a la longitud de onda de una luz en el vacío, está claro que $\lambda_0 = \frac{c}{f}$

Si ahora se propaga en un medio material, como no cambia f , ocurre lo siguiente

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{n \cdot f} = \frac{\lambda_0}{n} \rightarrow n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

- El índice de refracción de un medio depende la longitud de onda. Conviene que no olvides este resultado porque lo utilizaremos más adelante.

Ejercicio resuelto

El espectro visible en el aire está comprendido entre las longitudes de onda 380 nm (violeta) y 780 nm (rojo).

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Calcula las frecuencias de estas radiaciones extremas. ¿Cuál de ellas se propaga a mayor velocidad?

Mostrar retroalimentación

La frecuencia de la luz violeta es:

$$f_v = \frac{3 \cdot 10^8}{380 \cdot 10^{-9}} = 7.895 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

La frecuencia de la luz roja:

$$f_r = \frac{3 \cdot 10^8}{780 \cdot 10^{-9}} = 3.846 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Ambas se propagan a la misma velocidad en el aire, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Determina entre qué longitudes de onda está comprendido el espectro visible del agua, cuyo índice de refracción es $4/3$.

Mostrar retroalimentación

La longitud de onda en el agua se puede obtener a partir la del vacío utilizando la expresión $n = \lambda_0 / \lambda$

Para la luz violeta en el agua:

$$\lambda_v = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{380}{\frac{4}{3}} = 285 \text{ nm}$$

Para la luz roja:

$$\lambda_r = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{780}{\frac{4}{3}} = 585 \text{ nm}$$

3. Reflexión

Aún a riesgo de ser repetitivos, te recordaré qué es la reflexión y qué leyes la gobiernan. Como sabes, se trata de un fenómeno por el cual la luz cambia de dirección volviendo al mismo medio del que proviene cuando incide sobre una superficie que separa dos medios diferentes.

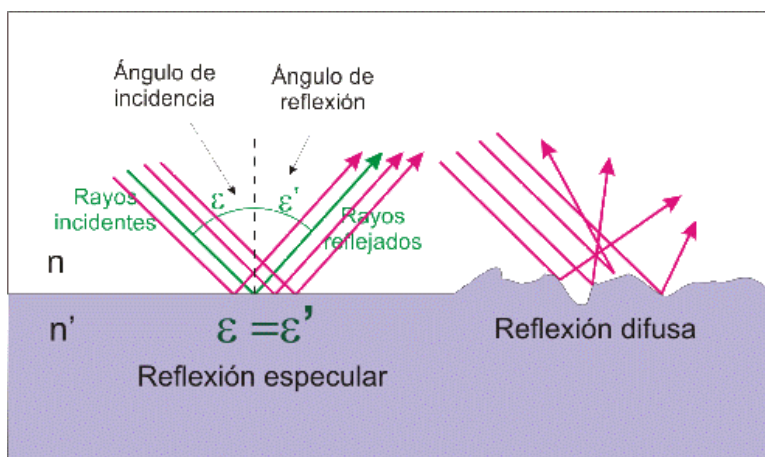
Este fenómeno tan conocido está gobernado por las **leyes de la reflexión**:

1. El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado se encuentran en el mismo plano.
2. El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

La siguiente simulación ilustra lo anterior.

Animación en EducaPlus de [Jesús Peñas Cano](#) bajo licencia [C](#)

Además debes saber que la reflexión puede ser especular o difusa. La primera se produce en las superficies pulidas como, por ejemplo, un espejo, y la segunda ocurre en las que son irregulares. Otra forma de distinguirlas es observando que, en la reflexión especular se ve la fuente de luz, en la difusa no.



[Imagen](#) de Juancarcole en Wikimedia Commons. [CC](#)



[Imagen](#) de Reza Hajipour en Wikimedia Commons. [CC](#)

Fíjate en la imagen anterior de la derecha (espectacular, ¿no?), si miras directamente a las montañas te darás cuenta que se ven gracias a la reflexión difusa, es decir, la luz del Sol se refleja en cada punto de las montañas y llega hasta tus ojos. En cambio, si observas las montañas mirando al lago, las percibes como consecuencia de una reflexión especular que se produce en el lago de la luz que proviene de las montañas.

4. Refracción

Este es un fenómeno al cual estás muy acostumbrado y, seguramente, lo has presenciado en numerosas ocasiones, pero que no por eso deja de ser sorprendente. Fíjate en la siguiente imagen y piensa qué es lo que te llama la atención de ella.

Ya ves que cuando el tubo se sumerge en el cristal y posteriormente en el líquido, parece romperse. Este fenómeno es común y cotidiano (puedes comprobarlo simplemente observando una cucharilla en un vaso lleno de agua) y recibe el nombre de **refracción de la luz**, los físicos, esos pesados y antipáticos, lo definen así:

La refracción de la luz es un fenómeno en el cual la luz cambia de dirección de propagación cuando atraviesa una superficie que separa dos medios de índice de refracción diferente.

Más adelante tienes una explicación del por qué ocurre esto, de momento sólo interesan los fundamentos de este prodigio que por cierto se llaman **leyes de Snell**:

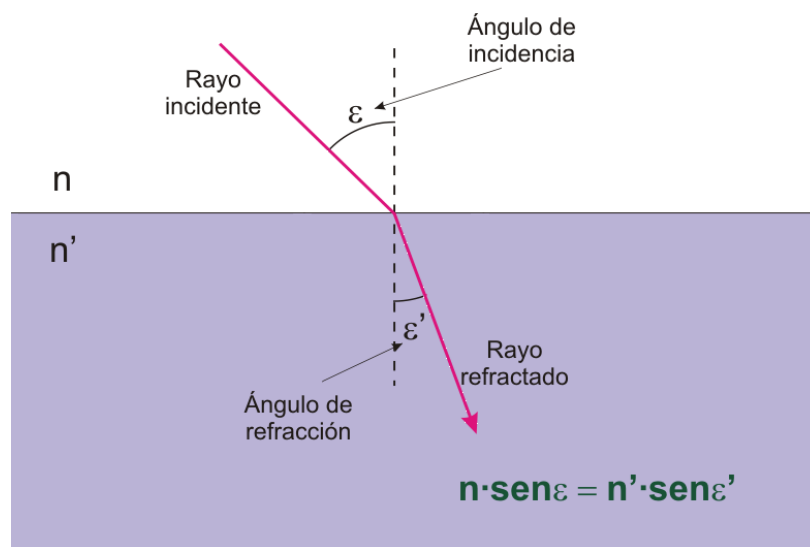


[Imagen](#) de Mehran Moghtadai en Wikimedia Commons. [CC](#)

1. El rayo incidente, la normal y el rayo refractado están en el mismo plano.
2. La relación entre el seno del ángulo de incidencia y de refracción es igual al cociente entre el índice de refracción del primer medio y el índice del segundo o, lo que es lo mismo:

$$n \cdot \text{sen} \varepsilon = n' \cdot \text{sen} \varepsilon'$$

La imagen siguiente aclara un poco todo esto:



[Imagen](#) de Juancarcole en Wikimedia Commons. [CC](#)

Te invito a trastear los diferentes medios (n y n') y los distintos ángulos de incidencia en la siguiente simulación:

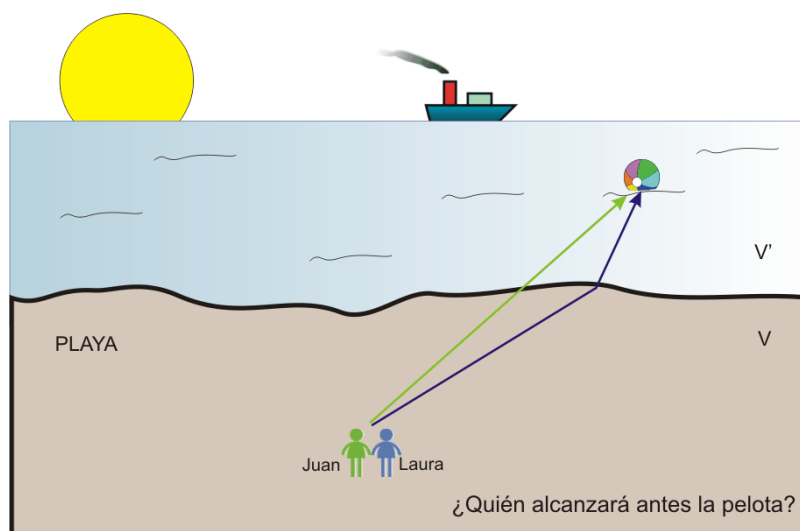
Animación en EducaPlus de [Jesús Peñas Cano](#) bajo licencia [C](#)

¿POR QUÉ SE REFRACTA LA LUZ?

Como vas a ver, la explicación se encuentra en el **principio de Fermat**. Para comprenderlo, el gran físico [Richard Feynmann](#) utilizaba en uno de sus libros un símil parecido al siguiente:

Imagina que hay dos personas (Juan y Laura) en la playa a las que se le ha caído una pelota al agua. Los dos quieren rescatarla rápidamente antes de que la marea la aleje demasiado de la playa.

- Juan es muy impulsivo y decide lanzarse en línea recta a por ella (fíjate en la figura), piensa que es el camino más corto para llegar a la pelota y que, por tanto, tardará menos en llegar.
- Laura en cambio razona de la siguiente forma: "Por la arena voy más deprisa que por el agua, así que me conviene recorrer más distancia por arena y menos por agua. De esta forma llegaré antes aunque recorra más distancia"



[Imagen](#) de Juancarcole en Wikimedia Commons. [CC](#)

¿Cuál crees que llegará antes? Sin duda Laura aunque, estrictamente hablando, para conocer la trayectoria en la que se utiliza un tiempo mínimo habría que sentarse a hacer cálculos utilizando algo parecido a la ley de Snell.

Justamente esto, aplicado a la luz, es lo que explica el principio de Fermat: Cuando la luz viaja entre dos puntos, lo hace siempre eligiendo el camino en el que invierte menos tiempo.

4.1 Reflexión total

La ley de Snell que describe el fenómeno de la refracción nos muestra un resultado curioso. Imagina que un rayo de luz viaja desde un medio de mayor índice (n) a uno de índice menor (n'). Como $n > n'$ de la ley de Snell se puede deducir que el ángulo refractado es mayor que el incidente (en la figura $\varepsilon < \varepsilon'$)

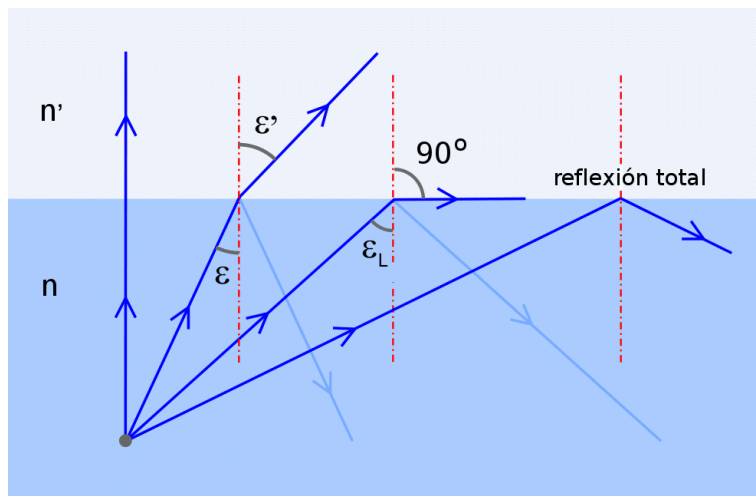


Imagen de Jfmlero en Wikimedia Commons. CC

En la figura, se representa muy bien el fenómeno que se te va a explicar. Si progresivamente se incrementa el ángulo de incidencia ε llegará un momento que el ángulo de refracción sea de 90° . A este ángulo (al de incidencia) que produce la situación anterior se le designa **ángulo límite** (ε_L) y es fácil comprender que, para ángulos mayores que ε_L la luz ya no se refracta, sino que se refleja, permaneciendo en el primer medio. Se produce entonces el fenómeno conocido como **reflexión total**.

Desde luego que el ángulo límite depende de los medios en los que se propaga la luz. Podemos hacer algunas cuentas para obtener una fórmula que permita calcular el ángulo límite. La obtenemos a partir de la ley de Snell:

$$n \cdot \operatorname{sen} \varepsilon_L = n' \cdot \operatorname{sen} 90^\circ \rightarrow \varepsilon_L = \operatorname{arcsen} \left(\frac{n'}{n} \right)$$

Ejercicio resuelto

Un rayo de luz pasa de un medio a otro, en el que se propaga a mayor velocidad.

Indica cómo varían la longitud de onda, la frecuencia y el ángulo que forma dicho rayo con la normal a la superficie de separación, al pasar del primero al segundo medio

Mostrar retroalimentación

La frecuencia no cambia. Como la velocidad de propagación está relacionada con la longitud de onda y la frecuencia por la expresión: $v = \lambda \cdot f$, un aumento en la velocidad de propagación implica un aumento en la longitud de onda.

En cuanto al ángulo formado con la normal, a partir de la ley de Snell ($n \cdot \operatorname{sen} \varepsilon = n' \cdot \operatorname{sen} \varepsilon'$) y de la definición de índice de refracción ($n = c/v$) concluimos que, si la velocidad aumenta, el índice de refracción del segundo medio es menor, es decir: $n > n'$ y, por tanto, el ángulo refractado es mayor, $\varepsilon < \varepsilon'$. Esto significa que el rayo refractado se aleja de la normal.

Razona si el rayo de luz pasará al segundo medio, independientemente de cuál sea el

valor del ángulo de incidencia.

Mostrar retroalimentación

Puesto que el rayo refractado se aleja de la normal, existirá un valor del ángulo de incidencia para el cual el rayo refractado forme un ángulo de 90°, este ángulo es el ángulo límite, su valor es:

$$\epsilon_L = \arcsen\left(\frac{n'}{n}\right)$$

Para ángulos de incidencia superiores la luz se refleja y no pasa al segundo medio. El fenómeno se llama reflexión total.

Fibras ópticas

Internet está revolucionando nuestras vidas, ¿qué te voy a comentar a ti que no sepas de esta cuestión? ¿Tienes muchos amigos que funcionen sin móvil o sin conexión a Internet?

Los avances tecnológicos están dirigidos fundamentalmente a aumentar la velocidad de transmisión de datos. Hasta hace bien poco el envío de datos se hacían

por cable (aún se siguen realizando instalaciones cableadas), sin embargo, de un tiempo a esta parte, las compañías de telecomunicaciones anuncian una mejora espectacular en el servicio que prestan gracias a la instalación de la **fibra óptica**, que no es otra cosa que un filamento de vidrio o de plástico por el que viaja la información. Esto es gracias al fenómeno de la reflexión total.

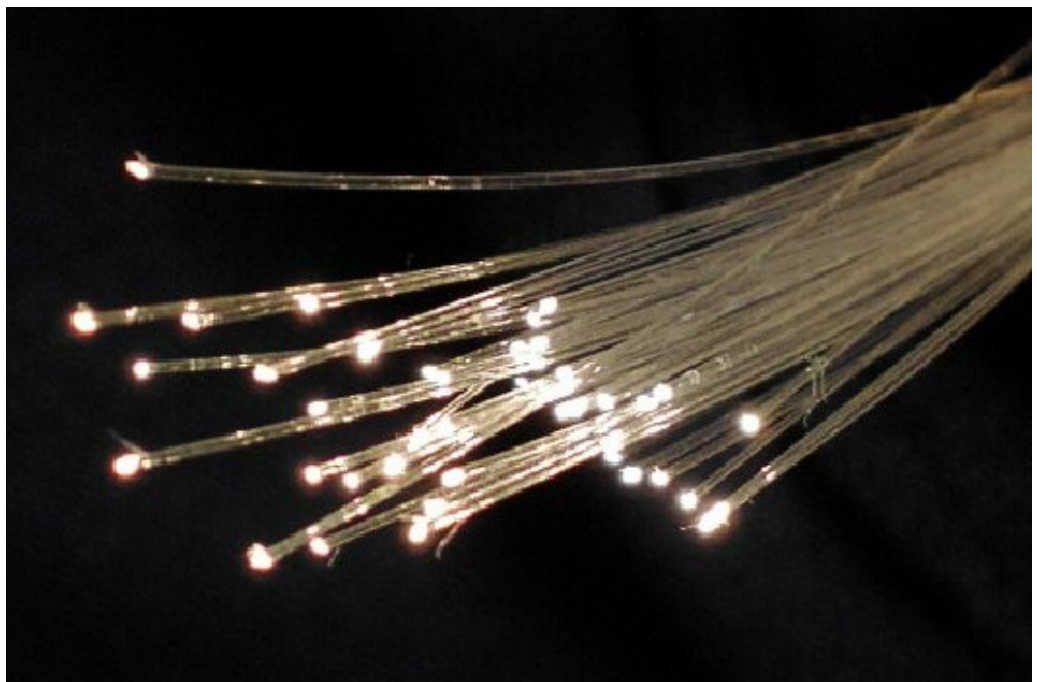
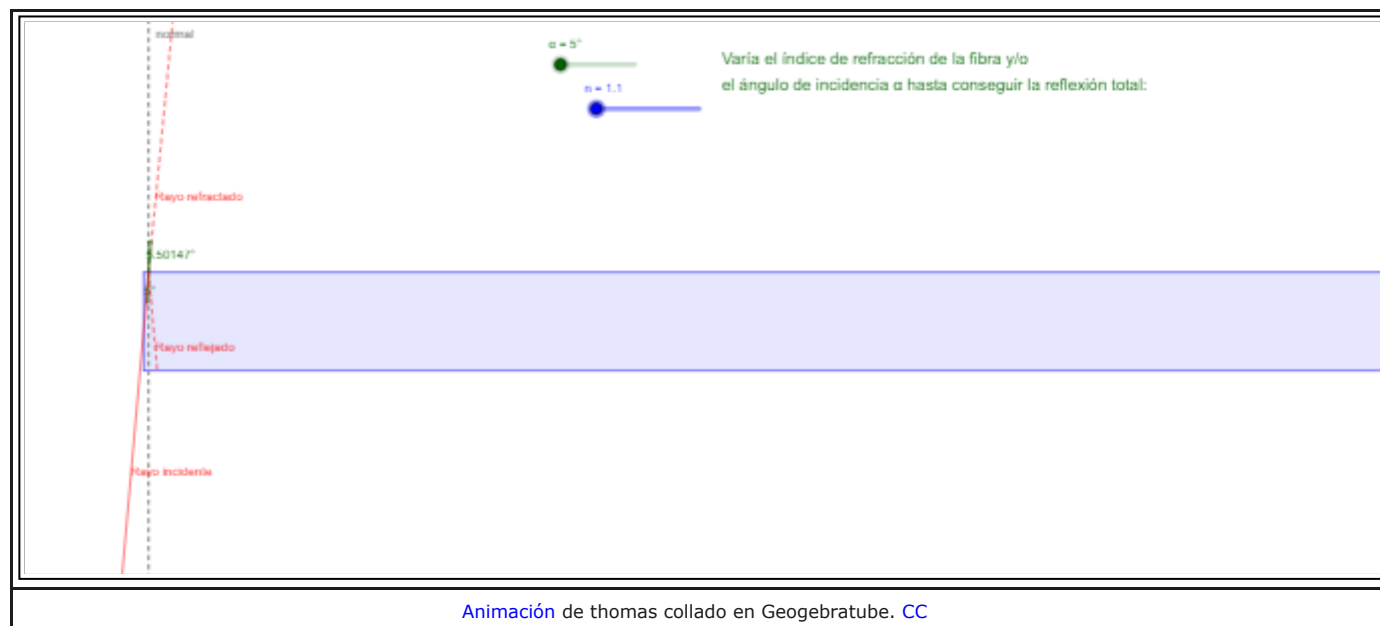


Imagen de BigRiz en Wikimedia Commons. CC

Importante

La fibra óptica basa su fundamento en la reflexión total. La información visual viaja por su interior, debido a las sucesivas reflexiones que sufre el haz de luz. Este queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra manteniéndose la intensidad constante.

A continuación tienes una animación en la que podrás ver cómo se producen las sucesivas reflexiones, que confinan el rayo en el interior del tubo. Sólo tendrás que ir variando el índice de refracción del interior del tubo y/o el ángulo de incidencia.



Como habrás podido comprobar, a partir de un determinado valor de ángulo de incidencia deja de darse la refracción y se da la reflexión total, quedando el rayo en el interior de la fibra y viajando por él.



Observa este vídeo de menos de dos minutos de duración, te ayudará a afianzar lo aprendido:



Vídeo de asedeth.com alojado en [Youtube](#)

Como puedes imaginar, la transmisión de datos tiene enormes ventajas sobre la señal eléctrica como, por ejemplo, que es más barata por unidad de longitud, es más delgada, tiene menor degradación de la señal, las señales de luz no interfieren entre sí como las señales eléctricas, ... y algunas más. Aquí sólo se pretende llamar tu atención sobre ellas, pero si quieres saber más puedes consultar [este enlace](#).

5. Principio de Huygens

Este principio establece un mecanismo de propagación de las ondas. La idea clave del principio es suponer que cada punto alcanzado por una onda (mejor dicho, por el frente de ondas) se convierte en un foco emisor de ondas de las misma características que la onda original. El nuevo frente de onda se construye a partir de la envolvente de las ondas secundarias.

En la figura, se representa dos ondas diferentes, plana y esférica. Concretamente, en dos situaciones espaciadas por un instante, Δt . Observa que el segundo frente de onda se obtiene a partir de la envolvente de ondas secundarias que parten de los puntos alcanzados por el primer frente.

Puedes pensar que este procedimiento es muy artificial,...y lo es. Pero a la vez es muy útil ya que, a partir de este modelo, es posible explicar todos los fenómenos relacionados con la propagación de la luz.

Generalmente, cuando la luz incide sobre una superficie transparente, se producen los dos fenómenos que hemos visto, refracción y reflexión.

Lo siguiente es mostrarte una simulación en la que puedes ver el avance de un frente de onda que incide sobre una superficie que separa dos medios. Los fenómenos de refracción y reflexión se explican a través del principio de Huygen.

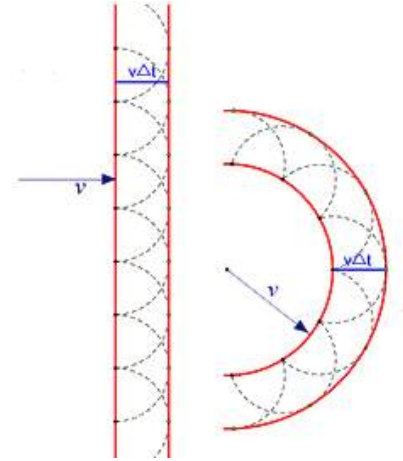


Imagen de [Juishan](#) en Wikimedia. [CC](#)

Simulación en la web de [Water-Fednt](#) bajo [C](#)

6. Dispersión de la luz

Ya habrás asimilado que el índice de refracción de un medio depende de la longitud de onda de la luz. Esto, traducido a los diferentes colores que constituyen la luz blanca, significa que cada color se refracta de forma diferente cuando atraviesa un medio refractante como puede ser, por ejemplo, un prisma,....o una gota de agua.

La consecuencia es clara, cuando la luz blanca, conjunto de muchas luces de colores, atraviesa un prisma, cada una de las ondas (colores) que la componen se refracta de forma distinta, dando como resultado la separación de los diferentes colores que la forman. A este fenómeno se le conoce con el nombre de **dispersión de la luz**.

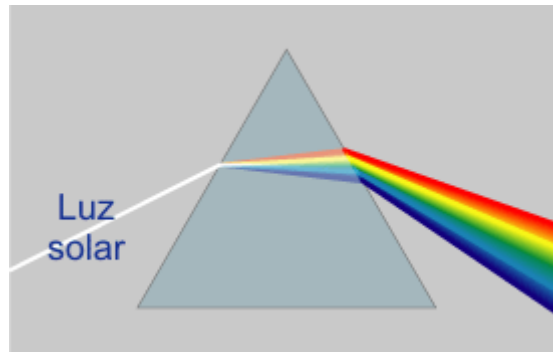


Imagen de Joanjoc en Wikimedia Commons. CC

Como sabes, al conjunto de todas estas ondas electromagnéticas que constituyen la luz solar se le llama **espectro de la luz solar**. Un ejemplo de este fenómeno es la formación del arco iris que seguramente has visto alguna vez. En realidad en la formación del arco iris intervienen fenómenos de refracción y de reflexión total.

La imagen de la derecha representa un diagrama que muestra cómo se forman los arco iris primarios (imagen de la derecha) y secundarios (imagen de la izquierda) debido a la descomposición de luz blanca en gotitas esféricas.

En la imagen se ve claramente que, si quieres ver el arco iris, debes tener el Sol a tus espaldas y las gotas delante. Puedes comprobarlo cada vez que pases cerca de una fuente que pulverice el agua. Sitúate entre el Sol y la fuente y observarás el arco iris.

En el arco iris los rayos de color rojo forman con el rayo de sol incidente un ángulo de 42° , los azules de 40° y en este intervalo de 2° sale toda la radiación que conocemos como arco iris.

En cambio, los ángulos que forman los rayos incidente y refractado hacia el ojo son mayores en el rayo secundario: 50° para la luz roja y 54° para la violeta.

De momento, sólo se necesita que conozcas el por qué de la formación del arco iris pero, si quieres ampliar más, puedes consultar [este enlace](#) en el que tienes un estudio detallado de este fenómeno.

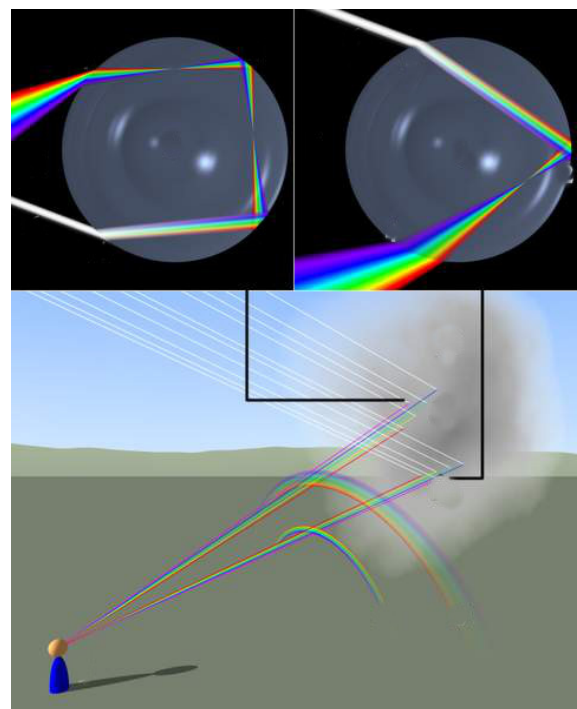


Imagen de Joanjoc en Wikimedia Commons. CC

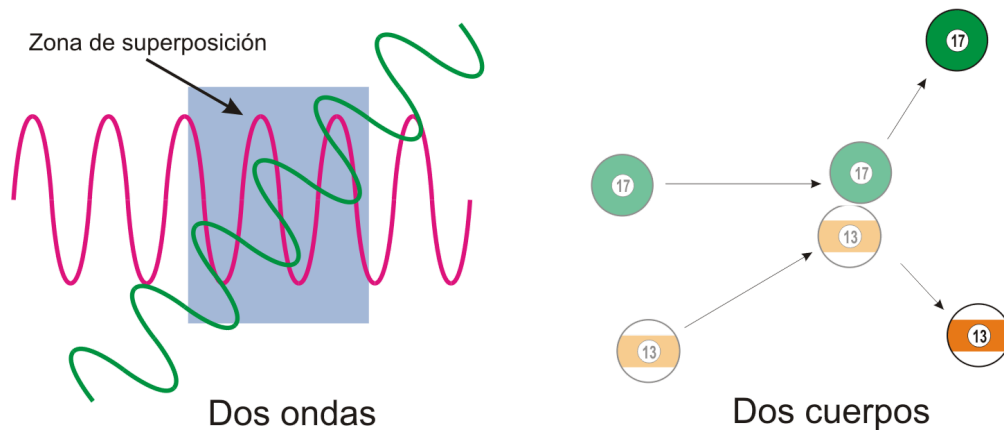
7. Interferencias y difracción

Si alguna vez te piden que indiques algunos fenómenos que sean característicos de las ondas no lo dudes, los fenómenos de interferencia y difracción (bueno, también puedes hablar de la polarización).

¿Recuerdas el fenómeno de la interferencia que se vio y hábilmente has aprendido que corresponde al tema de ondas? Bien, te voy a refrescar las ideas porque, aunque no se desea ser pesados, lo cierto es que la luz es una onda y, como tal, puede producir interferencias que, además, tienen sus peculiaridades respecto del caso más general que vimos entonces.

Para empezar una pregunta para tu consideración:

- ¿crees que es posible que dos cuerpos se encuentren en el mismo sitio y en el mismo instante? Piensa, por ejemplo, en dos bolas de billar que lanzas una al encuentro de la otra.
- ¿Y si, en vez de dos cuerpos materiales, superponemos dos ondas?



[Imagen](#) de Juancarcole en Wikimedia Commons. [CC](#)

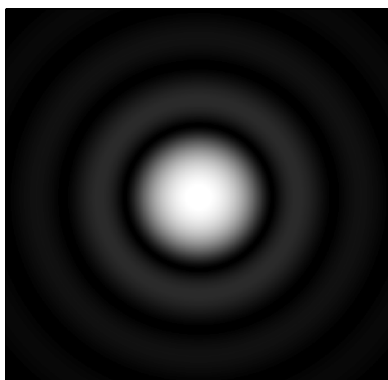
Obviamente, no es necesario ser estudiante de física para contestar estas cuestiones, desde luego que dos cuerpos no pueden superponerse, tienen la propiedad de la "impenetrabilidad", no como Flash que de forma extraordinaria podría atravesar paredes. Sin embargo, con la luz no ocurre lo mismo, en un mismo lugar y en el mismo instante pueden superponerse dos luces cualesquiera. El resultado será la "suma" de ambas. Además, cuando las luces que se superponen cumplen unas condiciones concretas, esta suma puede producir un resultado que se puede medir que se conoce con el nombre de interferencia.

De forma concreta y resumida, el fenómeno de la interferencia consiste en una sucesión de máximos y mínimos de intensidad luminosa que se producen en aquellas zonas en las que se superponen ondas coherentes. Ya sólo falta por decir que dos ondas son coherentes si la diferencia de fase entre ellas es constante.

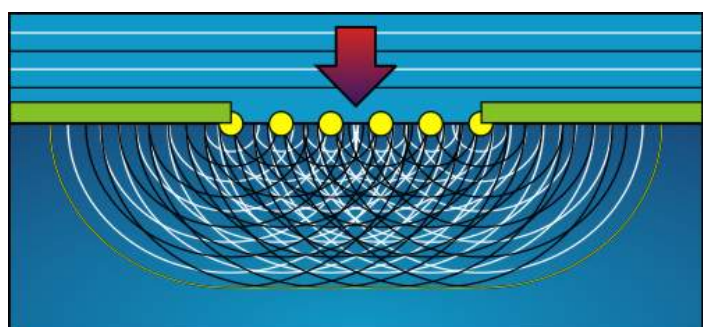
DIFRACCIÓN

La difracción, básicamente, es un fenómeno de interferencia que ocurre cuando la luz atraviesa obstáculos o rendijas muy pequeñas, del orden de su longitud de onda.

Fíjate en las imágenes, estás viendo (a la izquierda) una figura de difracción típica llamada disco de Airy que se ha producido por la difracción de una fuente de luz puntual a través de un sistema óptico de abertura circular muy pequeño.



[Imagen](#) de Kaimartin en Wikimedia Commons. [CC](#)



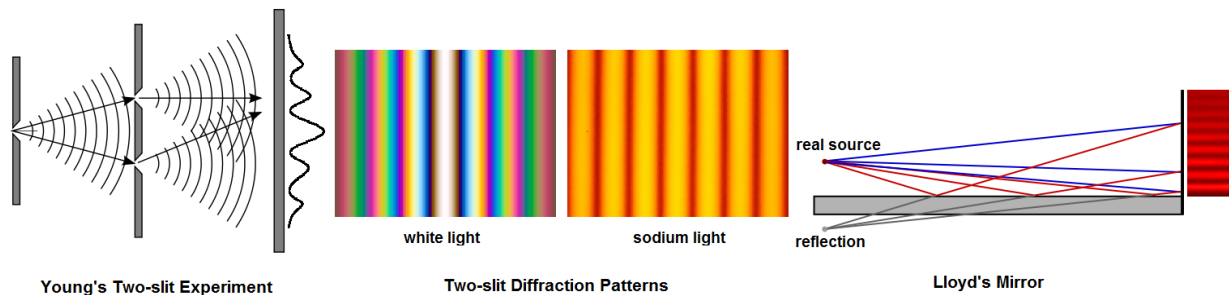
[Imagen](#) de Yoyokits en Wikimedia Commons. [dominio público](#)

Para explicar la figura anterior, se requiere el principio de Huygens suponiendo que se han producido interferencias entre todos los puntos de la abertura alcanzados por el frente de ondas, tal como se representa en el la imagen de la derecha.

Desde luego que la figura de difracción que se observa depende muy mucho de la geometría del obstáculo o abertura que atraviere la luz, no es lo mismo la figura por un orificio circular que por una rendija, por ejemplo. La cosa es tan interesante que a veces se estudian los patrones de difracción para detectar anomalías en la fabricación de materiales.

7.1 Experimento de la doble rendija

Así que cuando se superponen dos luces cualesquiera como, por ejemplo, las que provienen de dos bombillas, no es posible ver interferencias porque no son coherentes. Pero, desde esta idea surge una pregunta ¿Cómo se consiguen dos focos de luz coherentes? La solución la propuso [Thomas Young](#) en su famoso experimento de la doble rendija.



[Imagen](#) (adaptada) de Stigmatella aurantiaca en Wikimedia Commons. [CC](#)

La idea es muy simple: Hacemos incidir una luz monocromática (de una sola longitud de onda) por una doble rendija. Cada rendija actuará como si fuera una fuente de luz idéntica a la anterior, por lo que el resultado es que se tienen dos luces idénticas superponiéndose como se ve en la figura. Al ser ambas ondas idénticas, su diferencia de fase sólo depende del lugar en el que se superponen estas luces, obteniéndose una sucesión de máximos y mínimos de intensidad.

Tal como se ha visto en el tema de ondas, que si no lo recuerdas podrías darte una vuelta por el tema 3 de la unidad 1, los máximos se repiten simétricamente en los lugares en que la diferencia de caminos recorridos por las ondas desde las ranuras hasta el punto es igual a un número entero de longitudes de onda.

Un poquito de matemáticas para obtener una fórmula que nos permita saber dónde están los máximos de intensidad.

La condición anterior significa que un punto de la pantalla estará iluminado si en él se cumple:

$$x_1 - x_2 = n\lambda$$

y estará oscuro en los puntos en los que se cumpla la condición:

$$x_1 - x_2 = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$$

Por otra parte, de la figura se deduce

$$x_2 - x_1 = d \cdot \sin \alpha$$

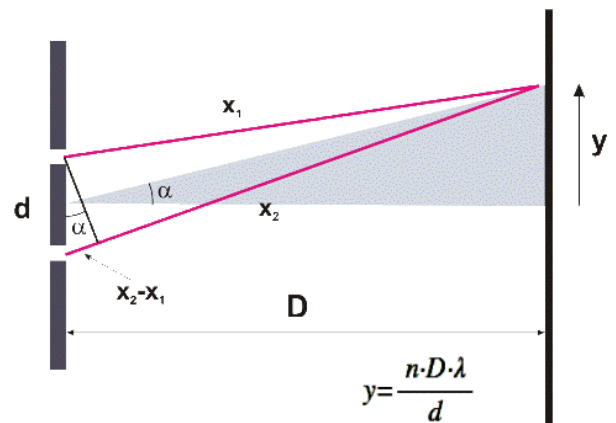
Si se supone que $D \gg d$, se cumple que $\sin \alpha \approx \tan \alpha = y/D$

Por lo tanto, la condición de máximo de intensidad se cumple en los puntos:

$$d \frac{y}{D} = n \cdot \lambda \rightarrow y = \frac{n \cdot D \cdot \lambda}{d}$$

Dando valores sucesivos a n obtenemos los diferentes máximos de intensidad que se observan. Fíjate que es posible utilizar la expresión anterior para medir experimentalmente la longitud de onda, para ello basta con conocer la distancia d entre rendijas y la distancia D a la pantalla.

Para terminar, aquí tienes una simulación del proceso de interferencia por una doble rendija. Puedes modificar la longitud de onda de las luces que se superponen, pulsa play y observa el fenómeno.



[Imagen](#) de Juancarcole en Wikimedia Commons. [CC](#)

Animación en Galileo and Einstein de [Jacquie Hui Wan Ching](#) bajo licencia [C](#)

8. Polarización

¿Recuerdas que la luz es una onda electromagnética transversal? Esto significa que las direcciones de vibración del campo eléctrico y magnético son perpendiculares a la dirección de propagación de la onda, ya sabes que también son perpendiculares entre sí. El siguiente gif animado representa lo expuesto.

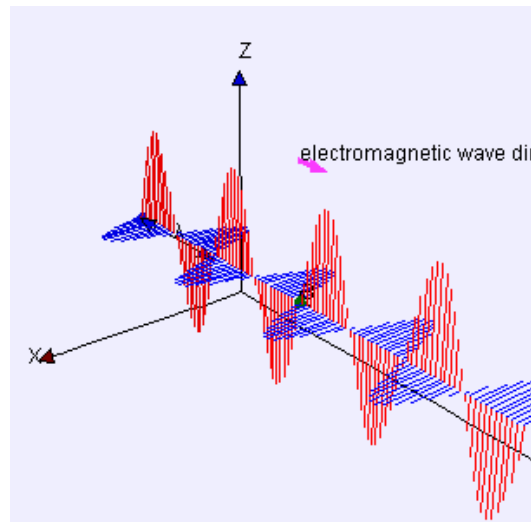


Imagen de Lookang en Wikimedia Commons. CC

En principio, cualquier fuente luminosa está formada por un número elevadísimo de átomos que emiten trenes de ondas diferentes, de tal forma que los vectores **E** y **B** pueden vibrar en cualquier dirección de forma aleatoria. Sin embargo, se establece que **una luz está polarizada linealmente, o planopolarizada, si el vector campo eléctrico siempre vibra en la misma dirección**. En este caso al plano que forman el vector campo eléctrico y la dirección de propagación se le llama plano de polarización.

Todo esto está muy bien, pero ¿cómo se obtiene luz polarizada?

Bien, para esa preguntas hay varias respuestas, por ejemplo, cuando la luz natural incide sobre la superficie de un medio como el agua, vidrio etc. parte de ella se refracta y parte se refleja. Bien, pues la luz reflejada está parcialmente polarizada. De hecho, existe un ángulo para el cual los rayos refractado y reflejado forman 90° . Para este ángulo, llamado de Brewster, la luz reflejada está totalmente polarizada.

Existe otra forma de obtener luz polarizada, consistente en hacer pasar la luz por un polarizador, que es un dispositivo que sólo permite el paso de ondas en las que el vector **E** oscile en un plano concreto, absorbiendo el resto.

Un ejemplo de esto son las gafas polarizadas, seguro que has oído hablar de ellas. Como puedes imaginar, el resultado de hacer pasar la luz por un polarizador es la disminución de la intensidad luminosa (el polarizador sólo deja pasar parte de la luz).

En la simulación siguiente una luz atraviesa dos polarizadores, el segundo se llama analizador. Fíjate que podemos modificar el eje del analizador de tal forma que obtengamos una intensidad máxima cuando los ejes están alineados o nula cuando están cruzados.

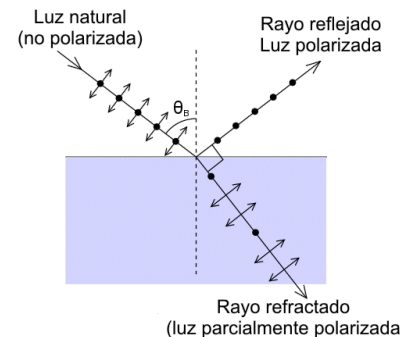
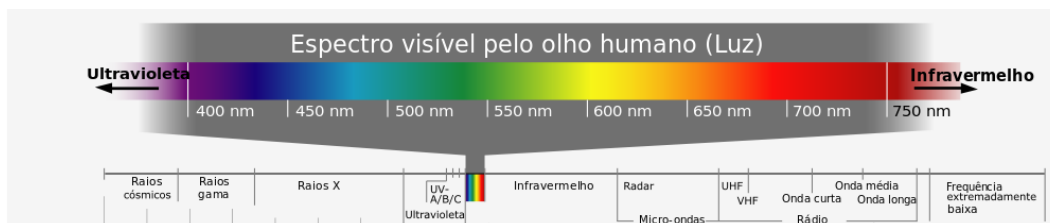


Imagen de Pajs en Wikimedia Commons. dominio público

Animación en EducaPlus de [Jesús Peñas Cano](#) bajo licencia [C](#)

9. Espectro visible

La percepción del color es algo muy subjetivo, tú puedes saber cómo percibes un determinado color, sin embargo, no puedes precisar si ese mismo es visto de igual manera por otra persona y menos si es daltónico, es decir, que padece una enfermedad vinculada a la percepción del color. Aún así hay muchos aspectos del color de los que se puede hablar de forma objetiva. Por ejemplo, se sabe que lo que se conoce como luz visible es el conjunto de ondas electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre los 400 nm y los 700 nm (aproximadamente), la luz "blanca" es simplemente la combinación de todas ellas.



de forma diferente.

Rayleigh demostró que el color azul del cielo se debe a que la dispersión de la luz es más eficaz para las longitudes de onda cortas, azul y violeta, que para el resto, fenómeno conocido por dispersión de Rayleigh. Estos rayos dispersados van chocando contra otras moléculas de aire que vuelven a dispersarlos y así sucesivamente realizan un recorrido aleatorio de tal forma que, cuando llegan a la superficie de la Tierra, parecen provenir de todas las partes del cielo excepto de la dirección en la que se encuentra el Sol. En esta dirección las longitudes de onda cercanas al amarillo y rojo son las que predominan, pues son las que menos se dispersan, es por eso por lo que se percibe al Sol de color amarillo anaranjado y al resto del cielo azul.

En el ocaso, la luz solar debe atravesar una capa de atmósfera mayor, esto hace que la zona de la puesta de Sol sea rojiza, ya que ahora la dispersión de los azules es mayor. El dibujo siguiente explica esta situación.

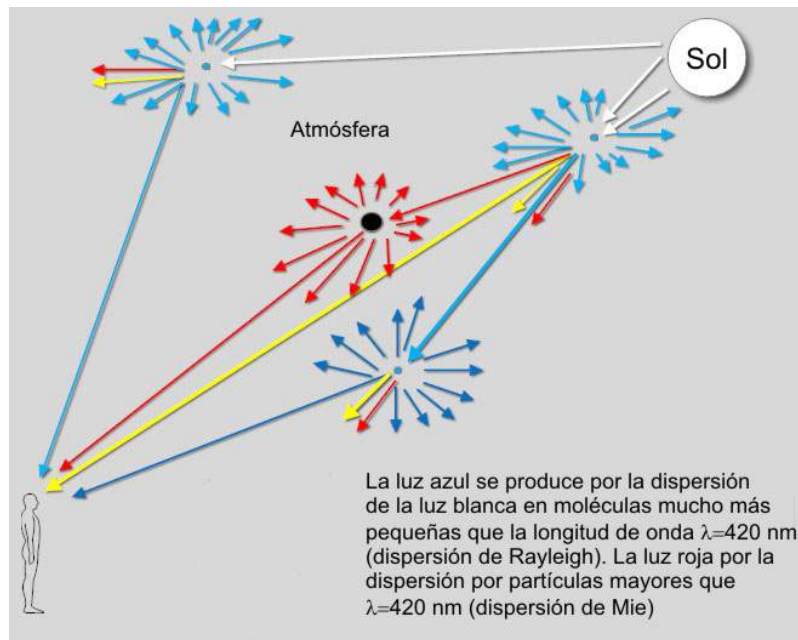


Imagen adaptada de The Good Doctor Fry en Wikimedia Commons. GNU

10. Especial PEvAU

Ejercicio resuelto

Un diamante está sumergido en agua y un rayo de luz incide a 30° sobre una de sus caras.

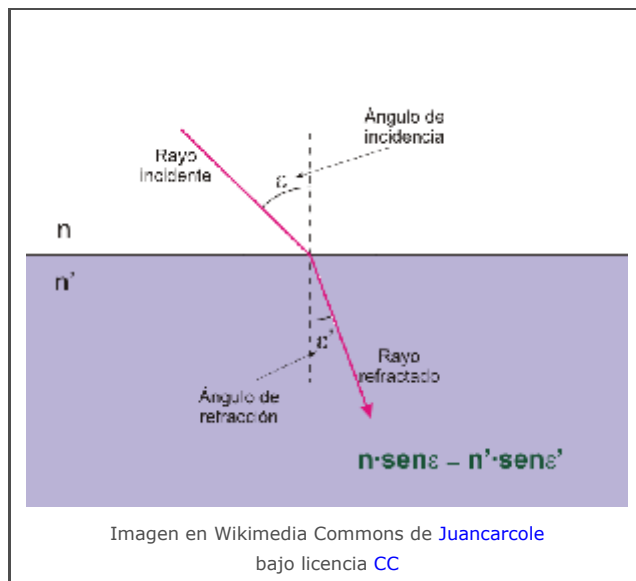
n (diamante) = 2,41 ; n (agua) = 1,33

Haga un esquema del camino que sigue el rayo luminoso y determine el ángulo con que se refracta dentro del diamante

Mostrar retroalimentación

Nos sirve el mismo esquema visto en la lección, ahora el primer medio es el agua (n) y el segundo el diamante (n'). El ángulo refractado lo calculamos a partir de la ley de Snell:

$$\epsilon' = \arcsen\left(\frac{n \cdot \text{sen} \epsilon}{n'}\right) = 16.01^\circ$$

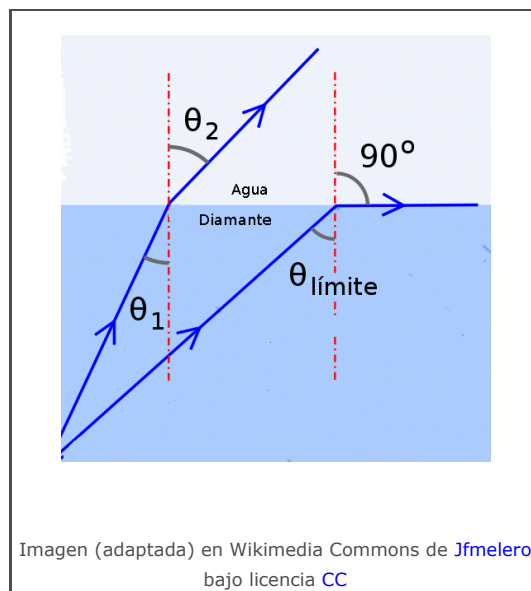


¿Cuál es el ángulo límite para la luz que pasa del diamante al agua? ¿Y si pasa del agua la diamante?

Mostrar retroalimentación

Cuando el rayo pasa del diamante al agua el rayo refractado se aleja de la normal. Ahora el esquema válido es el que se muestra a la derecha.

El ángulo límite se obtiene a partir de la expresión:



$$n \cdot \text{sen} \epsilon_L = n' \cdot \text{sen} 90^\circ \rightarrow \epsilon_L = \text{arcsen}\left(\frac{n'}{n}\right) = 33.45^\circ$$

Este fenómeno sólo puede ocurrir si el índice del segundo medio es menor que el del primero, por ello no puede darse cuando la luz pasa del agua al diamante.

Ejercicio resuelto

Un haz de luz monocromática de frecuencia $5 \cdot 10^{14}$ Hz se propaga por el aire.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} ; n_{\text{vidrio}} = 1,2$$

Explique qué características de la luz cambian al penetrar en una lámina de vidrio y calcule la longitud de onda

Mostrar retroalimentación

La velocidad de la luz dentro del vidrio es:

$$v = \frac{c}{n} = 2.5 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

La frecuencia permanece invariable, por tanto, la longitud de onda es:

$$\lambda = \frac{c}{f} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

¿Cuál debe ser el ángulo de incidencia en la lámina para que los rayos reflejado y refractado sean perpendiculares entre sí?

Mostrar retroalimentación

El ángulo que se solicita es el llamado ángulo de Brewster, cuyo valor viene dado por:

$$\text{tg} \theta_B = \frac{n'}{n} \rightarrow \theta_B = 39.8^\circ$$

Puedes encontrar una demostración de este resultado en [este enlace](#).

Ejercicio resuelto

Una lámina de caras paralelas, de vidrio de índice de refracción 1,54 y de espesor 10 cm, está colocada en el aire. Sobre una de sus caras incide un rayo de luz con un ángulo de incidencia de 30° .

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

Haga un esquema de la marcha del rayo y determine el tiempo que este tarda en atravesar la lámina.

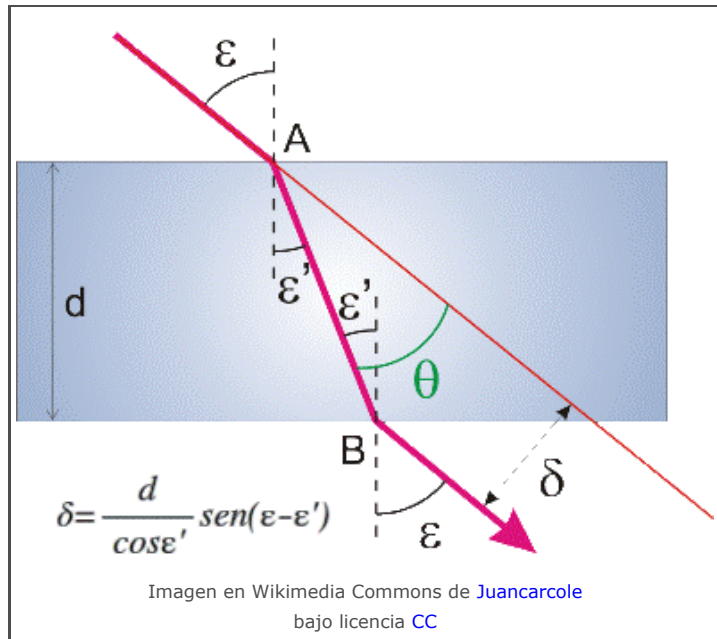
Nota: Si necesitas alguna aclaración acerca del comportamiento de la luz al atravesar una lámina de caras paralelas, puedes trastear la simulación propuesta al final del ejercicio.

Mostrar retroalimentación

La luz se mueve en el interior de la lámina a una velocidad:

$$v = \frac{c}{n} = 1.95 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Por otra parte, el ángulo de refracción ϵ' es:



$$\text{sen} \epsilon' = \frac{n \cdot \text{sen} \epsilon}{n'} = 0.32 \rightarrow \epsilon' = 18.94^\circ$$

por lo que la distancia x que recorre la luz dentro del cristal es:

$$x = \frac{d}{\cos \epsilon'} = 10.57 \text{ cm}$$

Finalmente, el tiempo que tarda la luz en recorrer esa distancia

$$t = \frac{x}{v} = \frac{0.1057}{3 \cdot 10^8} = 5.42 \cdot 10^{-10} \text{ s}$$

¿Con qué ángulo se refracta el rayo en la segunda cara? Compare este resultado con el ángulo de incidencia.

Mostrar retroalimentación

De la figura se deduce que el rayo sale en la segunda cara paralelo al rayo que incide en la primera. Esto es así porque, si aplicamos la ley de Snell a las dos refracciones que se producen en cada una de las caras resulta $\epsilon'' = \epsilon$

En la primera refracción: $n \cdot \text{sen} \epsilon = n' \cdot \text{sen} \epsilon'$

En la segunda: $n' \cdot \text{sen} \epsilon' = n \cdot \text{sen} \epsilon''$

Luego $\epsilon = \epsilon''$

Simulación creada por Francisco José García Borrás

Resumen

Importante

Leyes de la reflexión:

1. El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado se encuentran en el mismo plano.
2. El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

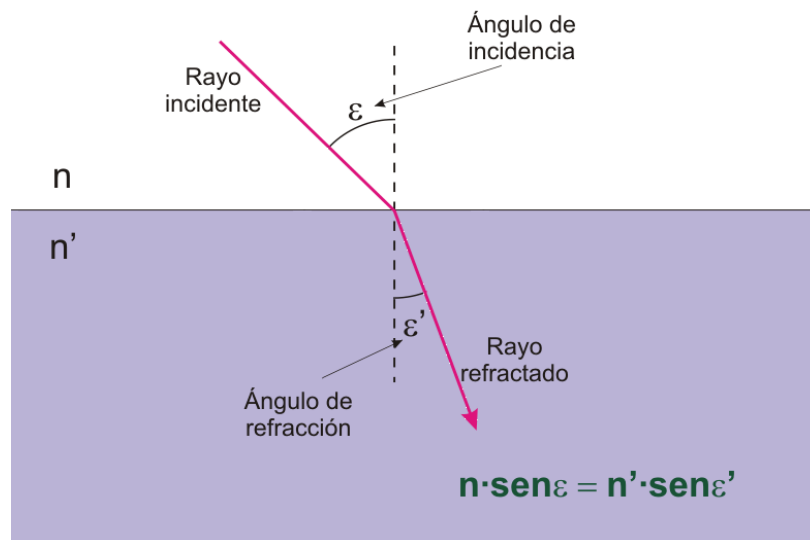
La reflexión puede ser especular o difusa. La primera se produce en las superficies pulidas como, por ejemplo, un espejo, y la segunda ocurre en las que son irregulares.

Importante

La **refracción de la luz** es un fenómeno en el cual la luz cambia de dirección de propagación cuando atraviesa una superficie que separa dos medios de índice de refracción diferente. Se rige por las **leyes de Snell**:

1. El rayo incidente, la normal y el rayo refractado están en el mismo plano.
2. La relación entre el seno del ángulo de incidencia y de refracción es igual al cociente entre el índice de refracción del primer medio y el índice del segundo o, lo que es lo mismo:

$$n \cdot \text{sen} \varepsilon = n' \cdot \text{sen} \varepsilon'$$



Importante

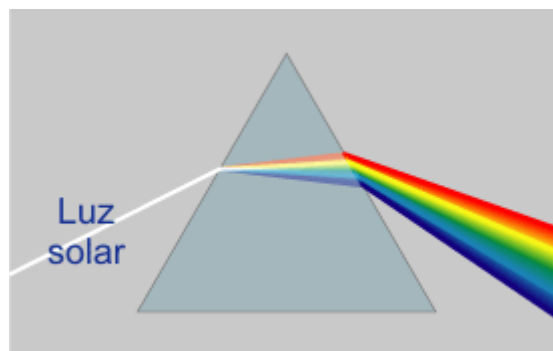
Si progresivamente se incrementa el ángulo de incidencia ϵ llegará un momento que el ángulo de refracción sea de 90° . A este ángulo (al de incidencia) que produce la situación anterior se le designa **ángulo límite** (ϵ_L) y es fácil comprender que, para ángulos mayores que ϵ_L la luz ya no se refracta, sino que se refleja, permaneciendo en el primer medio. Se produce entonces el fenómeno conocido como **reflexión total**.

Importante

La fibra óptica basa su fundamento en la reflexión total. La información visual viaja por su interior, debido a las sucesivas reflexiones que sufre el haz de luz. Este queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra manteniéndose la intensidad constante.

Importante

cuando la luz blanca, conjunto de muchas luces de colores, atraviesa un prisma, cada una de las ondas (colores) que la componen se refracta de forma distinta, dando como resultado la separación de los diferentes colores que la forman. A este fenómeno se le conoce con el nombre de **dispersión de la luz**.



Importante

El fenómeno de la **interferencia** consiste en una sucesión de máximos y mínimos de intensidad luminosa que se producen en aquellas zonas en las que se superponen ondas coherentes.

La **difracción**, básicamente, es un fenómeno de interferencia que ocurre cuando la luz atraviesa obstáculos o rendijas muy pequeñas, del orden de su longitud de onda.

AVISO DEL SERVIDOR

Por motivos de seguridad esta página web solo está accesible mediante acceso seguro (https):

https://www.juntadeandalucia.es/Aviso_Legal_Andalucia_v04.htm

Por favor, actualice sus marcadores. Gracias.

Imprimible

Descargar [imprimible](#) (pdf - 1335.01 KB) .

