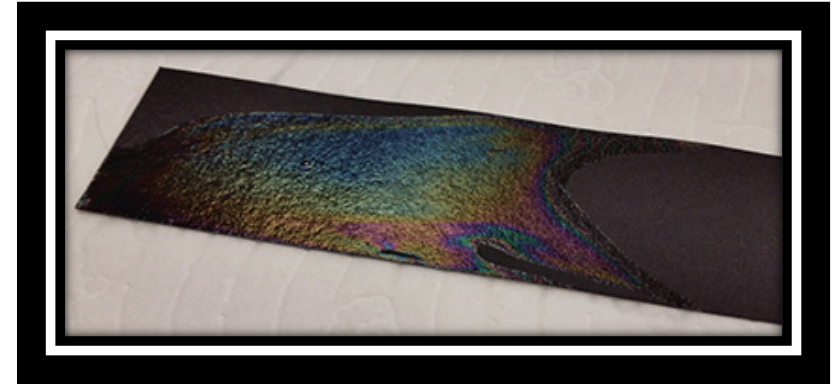


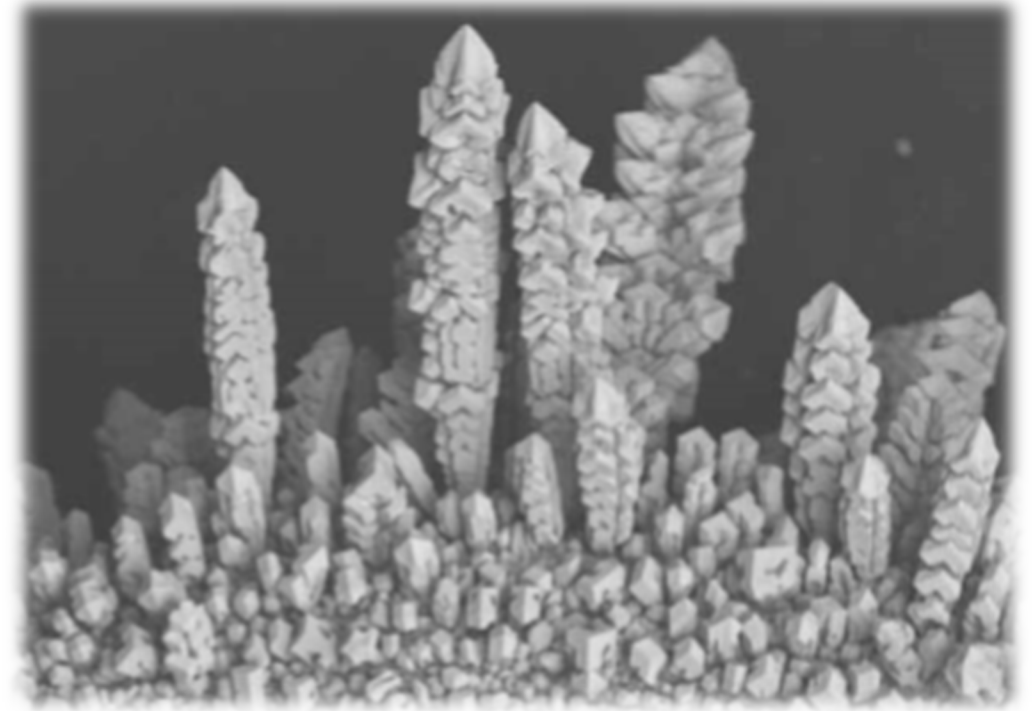
Interferencia de capas finas

www.nano-link.org



Las ideas fundamentales de la ciencia en la nanoescala *

- Tamaño y escala
- Propiedades dependientes del tamaño
- Razón área superficial a volumen
- Estructura de la materia
- Herramientas e instrumentación
- Modelos y simulaciones
- Fuerzas e interacciones
- Efectos cuánticos
- Autoensamblaje
- Ciencia, tecnología y sociedad



Filamento de Tungsteno quemado

Las ideas fundamentales de la ciencia en la nanoescala *

- **La comprensión de estos conceptos requiere una integración de las disciplinas de matemáticas, biología, química, física e ingeniería.**

*** Estas ideas son el resultado de los esfuerzos de varios grupos financiados por la NSF para determinar el conocimiento necesarios para comprender los conceptos de la nanociencia. Este trabajo se ha llevado a cabo en los últimos 5 años. En general, la lista presentada es un consenso de los grupos de trabajo.**

Visión general

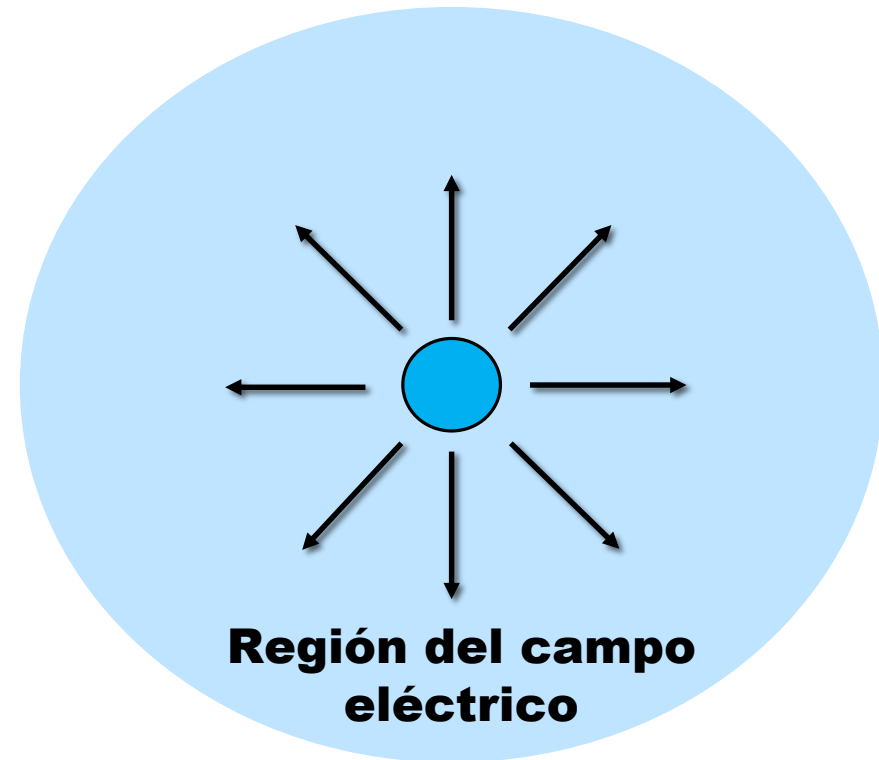
- La siguiente presentación trabaja información de trasfondo sobre la luz y su interacción con la materia.
- Esta puede utilizarse para introducir o discutir la actividad de Interferencia de la luz en capas finas.

Repaso: La luz

- La luz visible es parte del espectro electromagnético (EM), que también incluye la luz ultravioleta, luz infrarroja, ondas de radio, microondas, rayos X y rayos gamma.
- La luz tiene características tanto de onda como de partícula. Sin embargo, para esta actividad es mejor pensar en la luz como una onda.

Las ondas de luz se producen a través de la interacción de campos eléctricos y magnéticos

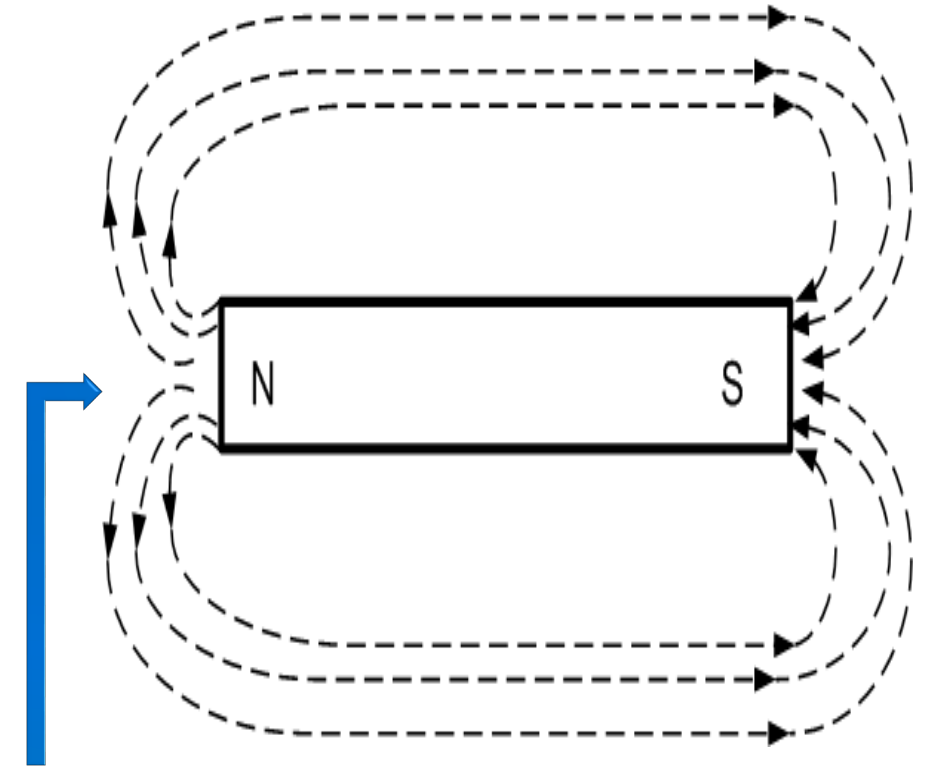
- 1. Una carga electroestática (por ejemplo, un protón positivo) produce un campo eléctrico en el espacio que lo rodea. La intensidad del campo eléctrico disminuye con la distancia de la carga.**



Las ondas de luz se producen a través de la interacción de campos eléctricos y magnéticos

2. Un material magnético (por ejemplo, un imán de barra) produce un campo magnético en el espacio que lo rodea. La intensidad del campo magnético disminuye con distancia del origen.

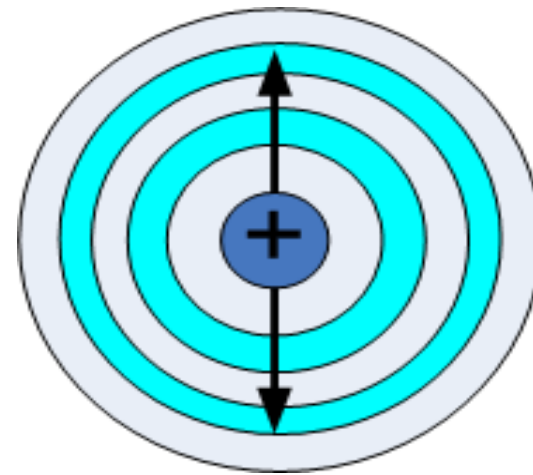
3. En la década de 1830, los científicos (Oersted, Faraday, y otros) observaron que los campos eléctrico y magnético estaban interrelacionados: un imán en movimiento induce un campo eléctrico sin que haya carga presente, y una carga eléctrica en movimiento induce un campo magnético sin la presencia física de un imán.



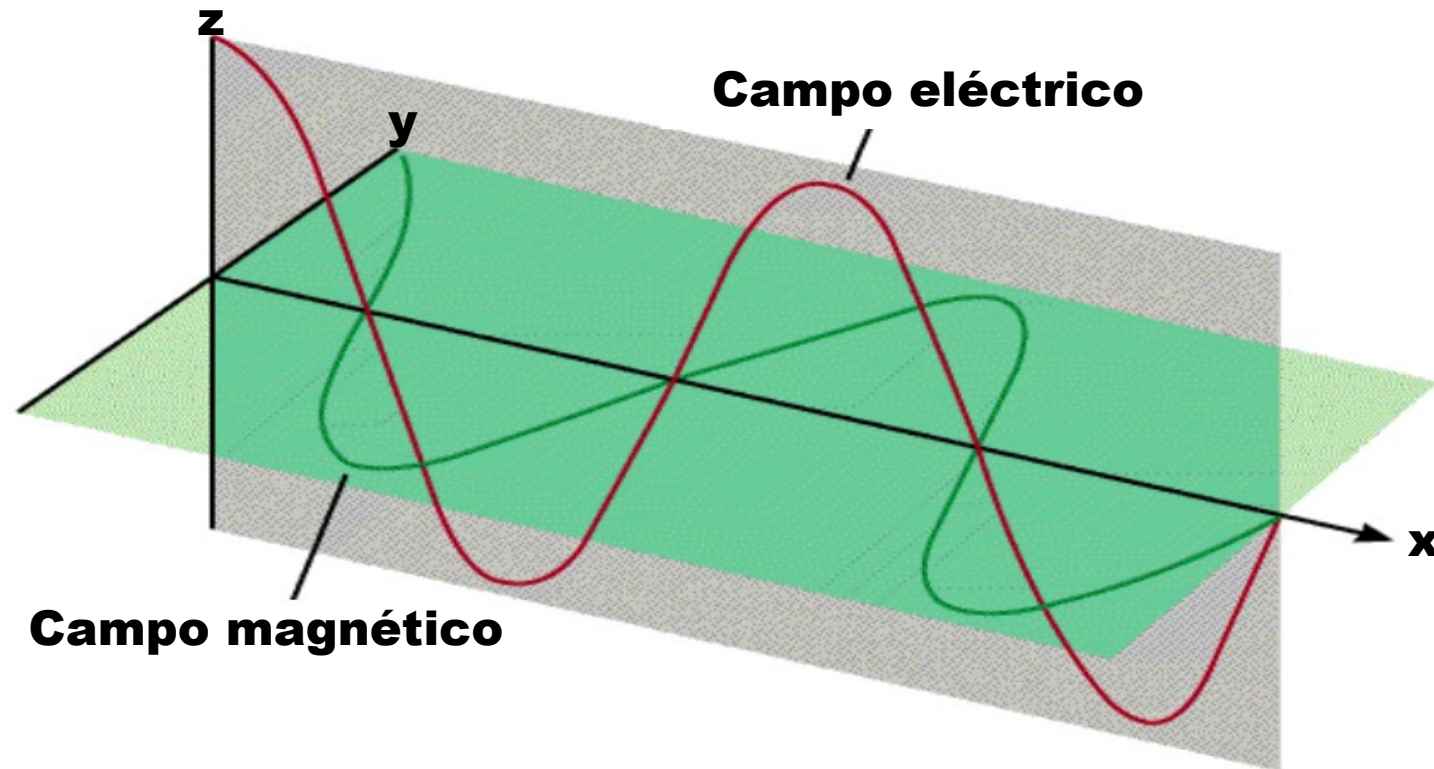
Región del campo magnético

Las ondas de luz se producen a través de la interacción de campos eléctricos y magnéticos

- Si se acelera una carga (por ejemplo, se mueve en círculo o si oscila hacia adelante y hacia atrás), su campo eléctrico oscilará con el tiempo. Un campo eléctrico oscilante con el tiempo induce un campo magnético oscilante. Y a su vez, un campo magnético oscilante con el tiempo induce un campo eléctrico oscilante, a la misma velocidad. Este campo oscilante induce un campo magnético oscilante, que induce un campo eléctrico oscilante, y así sucesivamente.
- Estos campos eléctricos y magnéticos acoplados se propagan hacia afuera desde el origen o la fuente, extendiéndose en una “capa” esférica desde la fuente de la perturbación (la carga eléctrica en movimiento u oscilante). Esto se llama radiación electromagnética.



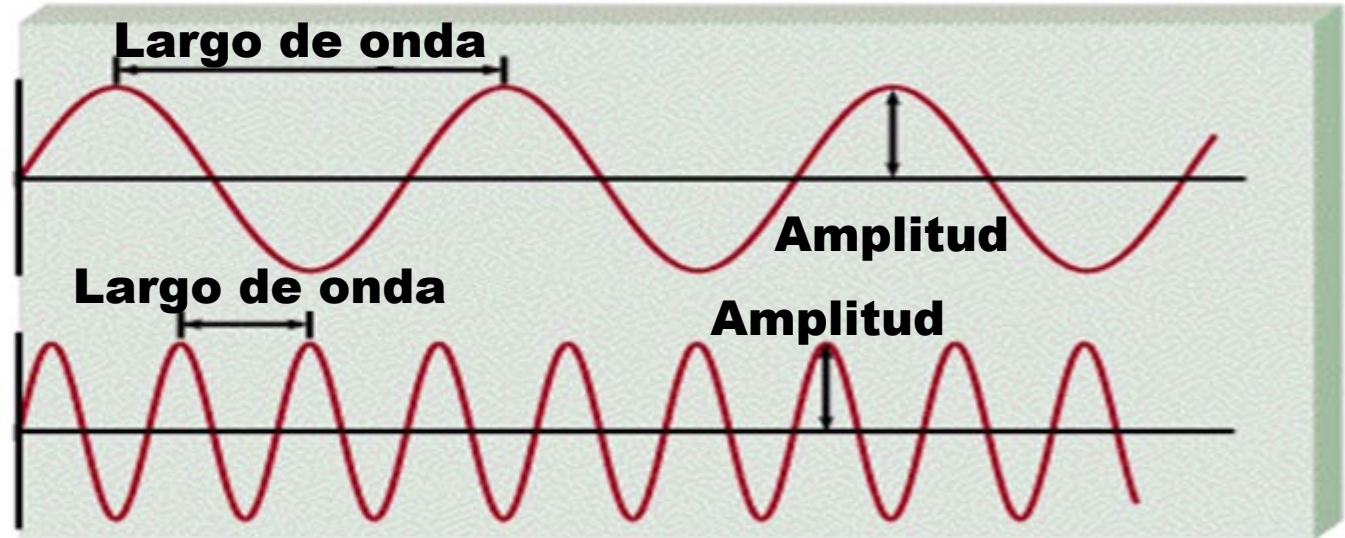
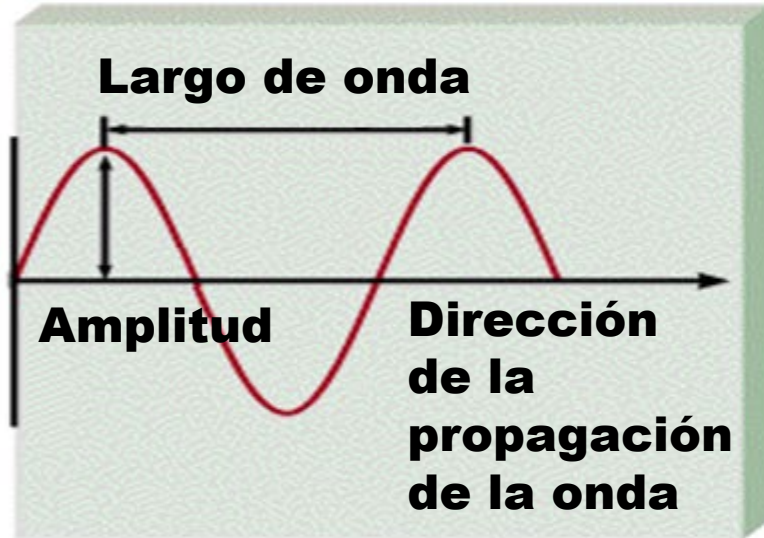
- En cualquier punto en el espacio, el campo eléctrico y magnético acoplados pasan como una ondulación a través de las fuerzas de otros campos eléctricos y magnéticos. Esta ondulación es lo que un observador “ve”, ya sea con sus ojos o con instrumentos de medición. Esta es la luz actuando como onda.



Definiciones: Ondas

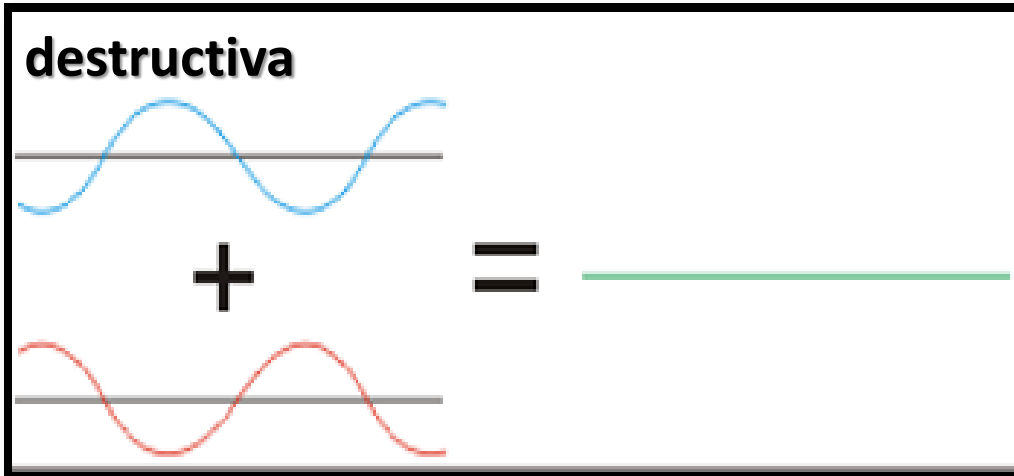
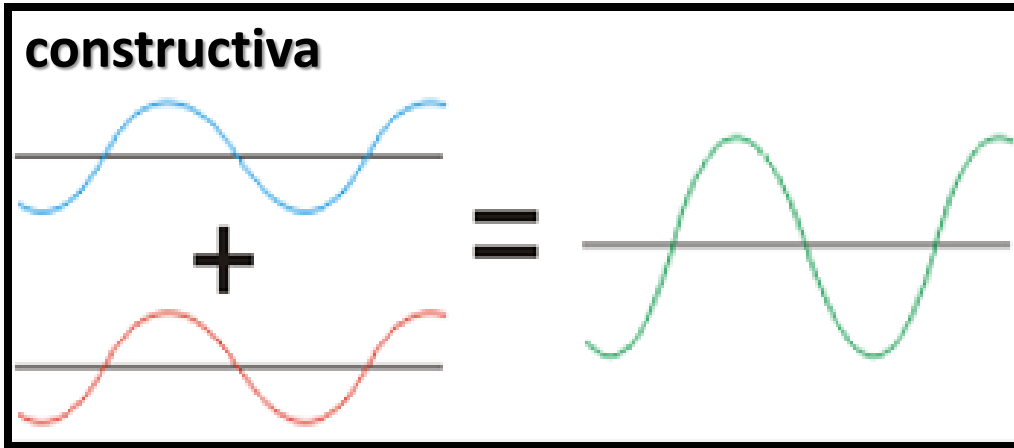


Línea
media



- **Largo de onda** – a menudo representada por la letra griega λ : la distancia entre dos puntos idénticos en ondas sucesivas. Unidades de longitud: m, mm, nm, etc.
- **Frecuencia** – representada por la letra griega ν : el número de ondas que pasan por un punto en particular en un segundo. Las unidades son ciclos por segundo (abreviados como *Hertz* o Hz).
- **Amplitud** – distancia vertical desde la línea media de una onda hasta la cresta o el valle. El ejemplo superior e inferior de arriba tienen diferentes largos de onda pero la misma amplitud. Las unidades varían.

Combinando ondas



Todas las ondas obedecen el principio de *superposición*.

- Cuando dos ondas se combinan, ambas pueden sumarse o restarse, dependiendo de cómo se superpongan.
- Si la cresta de una onda se superpone con la cresta del mismo tamaño de la segunda onda, el resultado será una cresta dos veces más alta. Esto es una *interferencia constructiva*.
- Si la cresta de una onda se superpone con el valle (punto bajo) de la segunda onda, las dos ondas se cancelan entre sí. Esto es una *interferencia destructiva*.
- La posición de la cresta o el valle se conoce como la *fase* de la onda; la interferencia destructiva ocurre cuando las dos ondas están en “*desfase*”.

Cuando la luz incide sobre un material

- Cuando la luz incide sobre un material transparente, una parte de la luz entrante se refleja. La porción restante pasa a través del material.
- La velocidad de la luz en el material es levemente diferente en la del material o medio exterior (como el aire).
- El cambio de velocidad hace que la luz cambie de dirección en la interfaz entre los dos materiales.
- Este doblez o flexión del rayo de luz se llama refracción. La refracción causa el efecto que se observa a la derecha.

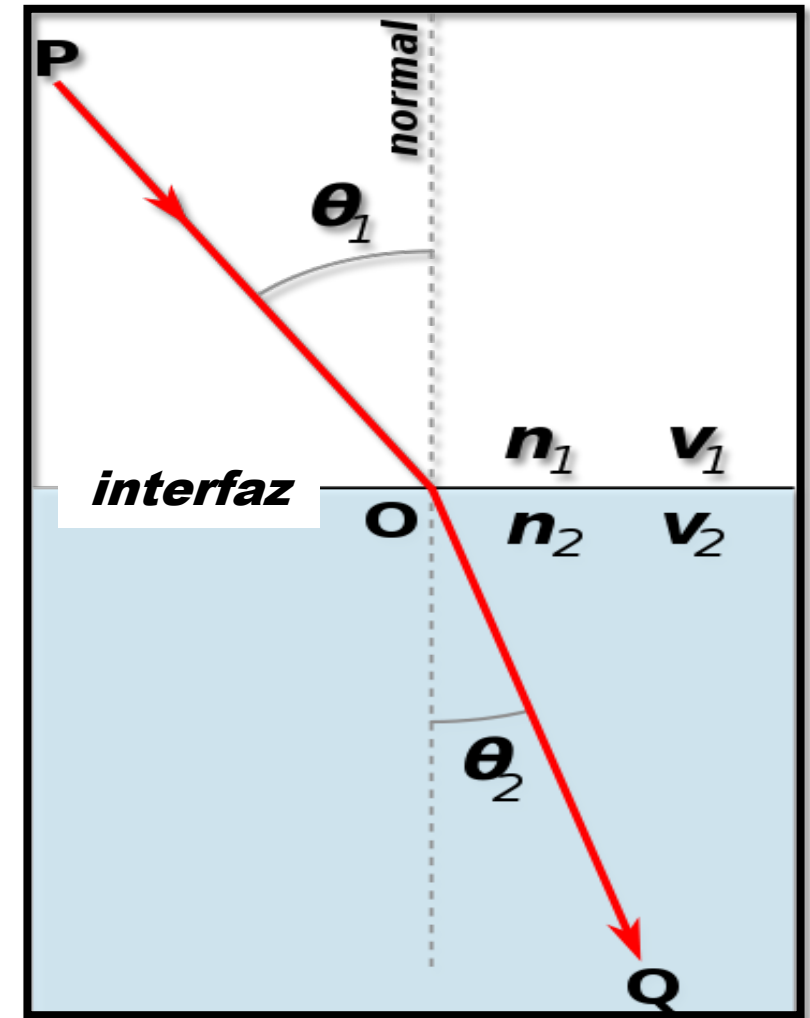


Índice de Refracción

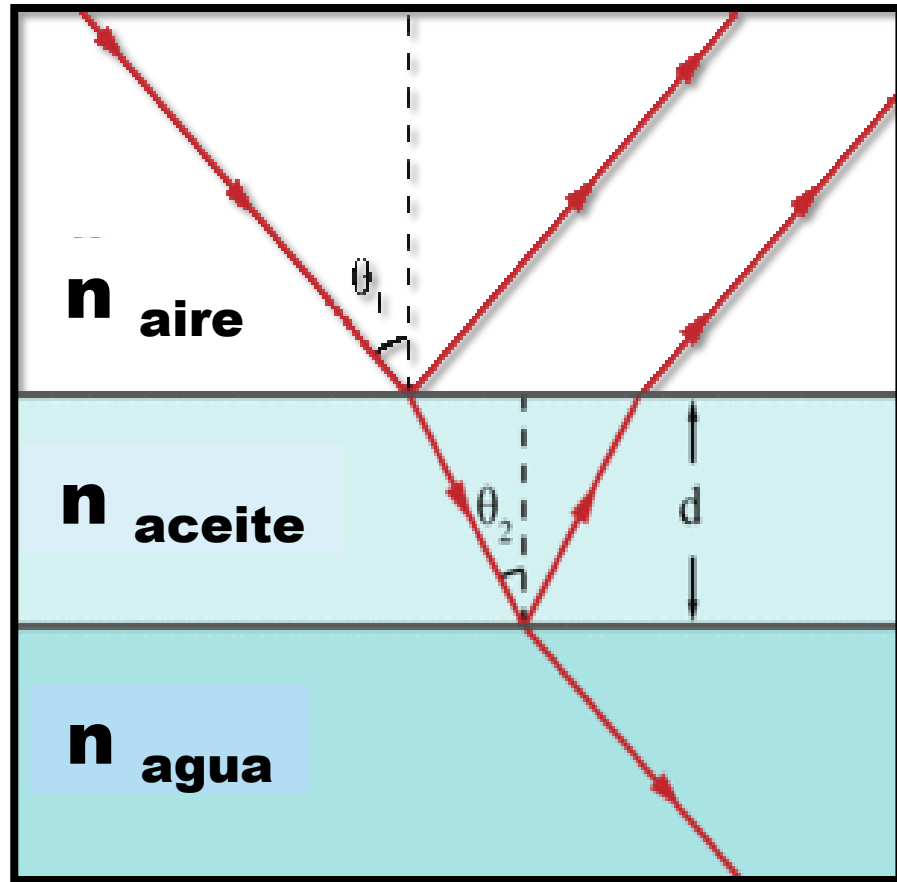
- La cantidad de refracción por un material depende de su índice de refracción.
- El índice de refracción se designa “***n***” y se define como la razón de la velocidad de la luz en un vacío (escrito como ***c***) a velocidad de la luz en el material, (escrito como ***v***) : **$n = c / v$**
- El índice de refracción depende del material y varía un poco con diferentes largos de onda. La siguiente lista indica los índices de refracción de algunos materiales comunes:
 - Vidrio 1.50 a 1.6, dependiendo del tipo
 - Agua 1.33
 - Plástico (“Plexiglas”) 1.49
 - El lente del ojo humano 1.39 – 1.40
 - Aire (a temperatura y presión ambiente) 1.0003
 - Vacío 1.00000 (por definición)

Ley de Refracción de Snell

- En este diagrama, un rayo de luz proviene de un medio con índice de refracción n_1 . El rayo forma un ángulo de θ_1 con una línea perpendicular a la superficie (identificada como la “normal”).
- Cuando la luz pasa al segundo medio con índice de refracción n_2 , el ángulo con respecto a la normal cambia a θ_2 debido a la refracción.
- La Ley de Snell relaciona todas estas cantidades:
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$
- Donde n_1 y n_2 representan los índices de refracción de los dos medios, θ_1 y θ_2 representan los ángulos de la luz con respecto a la normal, que es perpendicular a la interfaz entre los medios.



Luz en doble interfaz



- Consideremos un rayo de luz que incide una capa fina de aceite sobre agua.
- Parte de la luz se refleja, otra parte pasa a través de la capa fina y se refleja desde el borde inferior, y el resto continúa hacia el agua que está debajo.
- La luz reflejada desde la interfaz inferior se combinará con la luz reflejada desde la parte superior de la capa fina.
- Como la luz que se refleja en el borde inferior debe viajar una distancia mayor que la del borde superior, es posible que los dos rayos de luz ya no estén en fase.
- El resultado es que las ondas se combinarán e interferirán.
- Esta interferencia puede ser constructiva, destructiva o alguna combinación, dependiendo de las fases de las dos ondas.

El espectro de luz visible

La luz blanca está compuesta de un espectro de diferentes largos de onda, que forman los colores que observamos.



Cuando la luz blanca incide sobre la capa fina pueden suceder dos cosas:

- Para algunos largos de onda, la distancia adicional recorrida a través de la capa fina hará que la luz reflejada desde la capa superior quede completamente en “desfase” con la luz reflejada desde la capa inferior. Esto resulta en interferencia destructiva, y el color correspondiente a ese largo de onda será removido del espectro.
- Para otros largos de onda, la distancia adicional recorrida a través de la capa fina hará que la luz reflejada desde la capa superior que perfectamente en fase con la luz reflejada desde la capa inferior. Esto resulta en una interferencia constructiva, y el color correspondiente a ese largo de onda será doblemente fuerte.

Ambos efectos alteran el color que observamos reflejado en la capa fina.

Aplicaciones

- La interferencia de capas finas se utiliza en el diseño de coberturas anti reflectivas para lentes de cámaras, anteojos y sistemas de lentes ópticos.

