

EXPERIMENTO 18

DISPERSIÓN

1. Objetivos

Investigar experimentalmente la dispersión de la luz.

2. Bases Teóricas

¿Por qué el cielo es azul? ¿Por qué la luz del cielo esta polarizada linealmente? Ambas respuestas están relacionadas con el fenómeno de “scattering” o de dispersión.

Cuando una onda electromagnética incide sobre un átomo o molécula, interacciona con la nube de electrones, entregándole energía al átomo. Podemos imaginar al efecto como si la nube de electrones se pusiera a vibrar. La frecuencia de oscilación de esta vibración es igual a la frecuencia ν del campo eléctrico E de la onda luminosa y la amplitud de la oscilación será grande cuando ν este próxima a la frecuencia de resonancia del átomo. Los electrones que vibran con respecto al núcleo (se pueden considerar como dipolos eléctricos oscilantes), actúan como antenas en miniatura, y rerradiarán energía electromagnética con una frecuencia igual a la de la luz incidente. *La extracción de energía de una onda incidente y la reemisión subsecuente de una porción de esa energía se conoce como scattering o dispersión.* Este es el mecanismo físico básico y fundamental de la reflexión, refracción y difracción.

En la figura 1 se muestra la reemisión de la radiación de una molécula al incidirle luz no polarizada.

La amplitud de las oscilaciones y por consiguiente la cantidad de energía emitida aumenta conforme la frecuencia de la onda incidente se aproxima a la frecuencia natural del átomo. Esto da como resultado algunos efectos muy interesantes cuando las frecuencias naturales del átomo están en el ultravioleta y la onda incidente está en la región visible. Como por ejemplo, imaginémonos que estamos al aire libre en una mañana clara,

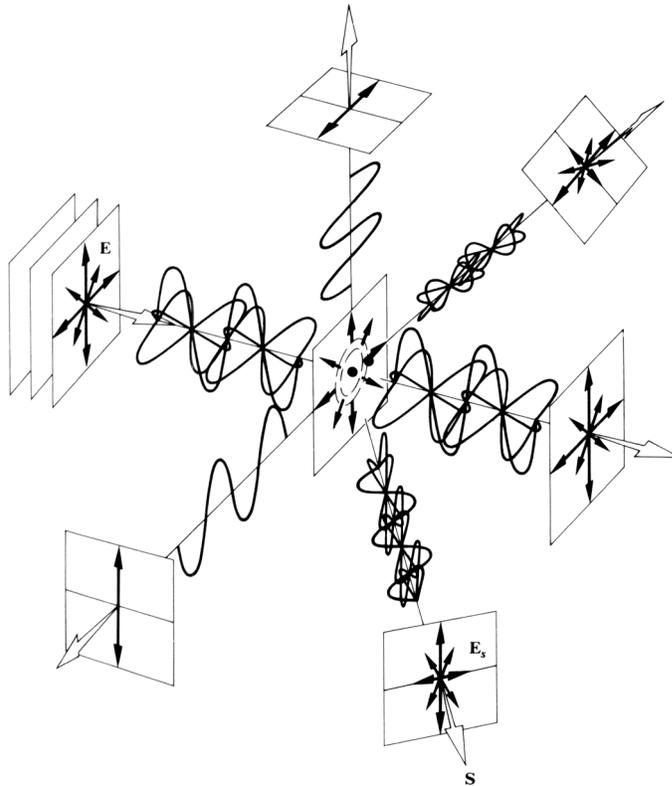


Figura 1

el cielo es azul brillante y estamos inundados incluso de luz azul. La luz del sol que fluye en la atmósfera desde una dirección es dispersada en todas direcciones por las moléculas de aire. Sin atmósfera el cielo diurno sería tan negro como el espacio vacío. Con atmósfera el extremo rojo del espectro no se desviaría mientras que el extremo azul o de alta frecuencias será dispersado por las moléculas de aire. Esta luz azulada dispersada llegará al observador desde muchas direcciones y el cielo entero aparecerá brillante y azul.

Cuando el sol está bajo en el cielo, sus rayos pasan a través de un gran espesor de aire. Los azules y violetas son dispersados hacia los lados con mayor fuerza que los amarillos y rojos que continúan en propagándose a lo largo de una línea de visión desde el sol para formar las rojizos y familiares atardeceres. Las moléculas de medios densos transparentes, sean gaseosos, líquidos o sólidos igualmente dispersarán la luz azulada, aunque muy débilmente.

Existen dos tipos de scattering dependiendo del tamaño de las partículas que los origina, si el tamaño de la partícula es pequeño, comparado con la longitud de onda de la luz incidente, predomina el scattering de Rayleigh. A medida que crece el tamaño de las partículas aumenta la luz difractada (obviamente la transparencia de las partículas afecta al resultado) dando origen al scattering por difracción o de Mei. El humo que sale de un cigarrillo encendido está formado por partículas más pequeñas que la longitud de onda de la luz y por lo tanto aparece azulado cuando se ve contra un fondo oscuro. En contraste el humo exhalado contiene gotitas de agua relativamente grandes y aparece blanco. Las gotitas son grandes comparadas con la longitudes de onda de la luz y contiene tantos osciladores como para poder sostener los procesos de reflexión y refracción. Estos efectos no tienen preferencia por ninguna componente de la luz blanca incidente. La luz que recibe el observador es la reflejada y refractada varias veces por las gotitas por consiguiente también es blanca. La dispersión por scattering (o de Mei) es entonces responsables de la blancura de los granos de sal, nubes, niebla, vidrios esmerilado, etc.

Otra característica muy importante de las ondas dispersadas es la polarización lineal en algunas direcciones de emisión (ver figura 1). Este fenómeno puede comprobarse fácilmente si observamos el cielo con un polarizador.

3. Experiencia

- i) Coloque unas pocas gotas de leche en un recipiente con agua e iluminarlo con una luz intensa para examinar la luz dispersada. Para ello ubique el recipiente sobre el banco óptico (ver figura 2). Agregar entre la fuente de luz y el recipiente una abertura estrecha (aperture mask) de manera que la luz incida en forma perpendicular al recipiente.
- ii) Coloque la fibra óptica (utilizar la abertura para mejorar la resolución de la fibra óptica) y el fotómetro de manera que permita medir la intensidad de luz alrededor del recipiente.
- iii) Medir la intensidad de luz para distintos ángulos. (disminuir la luz del laboratorio).
- iv) Coloque uno de los filtros de colores entre la fuente de luz y el recipiente para seleccionar las frecuencias de la luz incidentes, y obtenga la intensidad de luz dispersada directa versus el ángulo. Repita para los otros filtros.

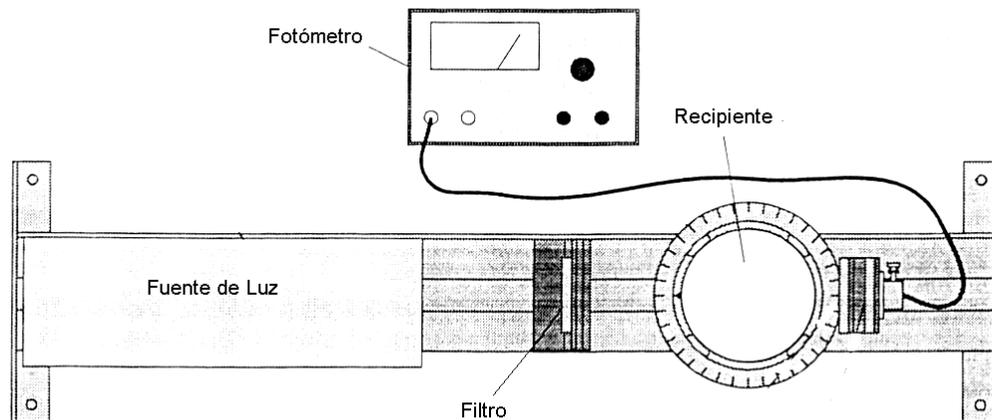


Figura 2

El alumno podrá visualizar el efecto de la dispersión en forma directa y deducir cual es el mecanismo principal de dispersión en este caso.

Si consideramos que un electrón en una molécula de leche oscilará en presencia del campo eléctrico de la onda electromagnética incidente, podemos imaginar a la molécula como un sistema oscilante en donde el electrón está unido al núcleo de la molécula con un resorte de constante $m \cdot \omega_0^2$ (donde ω_0 es la frecuencia de resonancia). Utilizando este modelo calcular la potencia total irradiada por el dipolo oscilante y la dependencia de ésta con la longitud de onda. Discuta el resultado.

4. Experiencias Adicionales

- Analizar la polarización de la luz dispersada en distintas direcciones.
- Continúe agregando gotas de leche en la solución inicial y visualice los cambios en la luz dispersada. Discuta y saque conclusiones.
- Reemplazar la fuente de luz incandescente por un láser para visualizar la dispersión para una longitud de onda particular.

Estas experiencias se pueden repetir para una solución de nitrato de plata en agua.