

A blue laser beam enters a transparent, rectangular crystal block from the left. The beam is visible as a bright blue line passing through the crystal. The crystal has a textured, slightly irregular surface and appears to be made of a material like quartz or calcite. The background is dark, making the blue light stand out. The text "Propiedades ópticas de la materia" is overlaid in white on the crystal.

# Propiedades ópticas de la materia

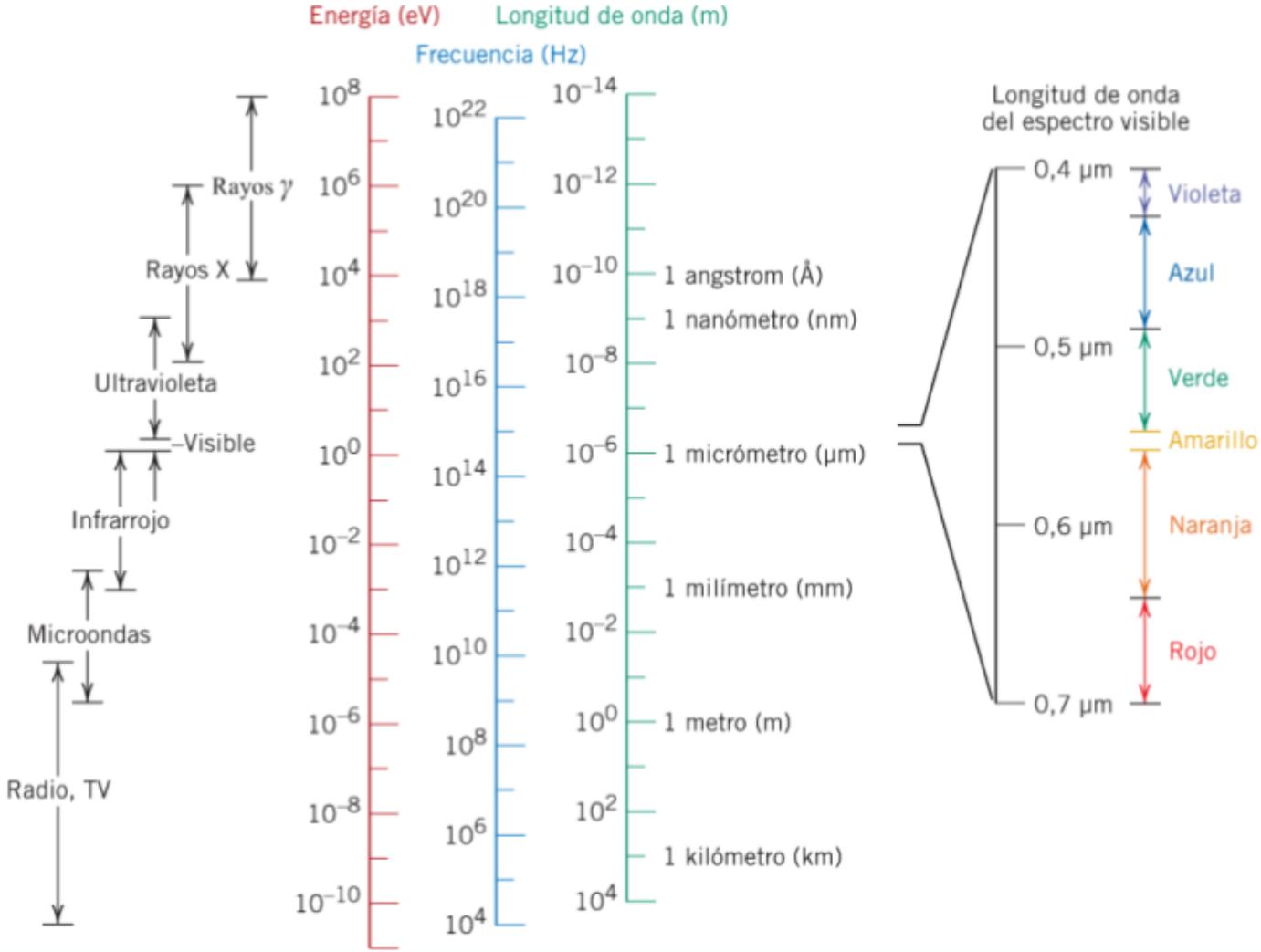
# Definición

- Características y comportamientos de los materiales en relación con la interacción de la luz u otras formas de radiación electromagnética.

# Aplicabilidad

- Estas propiedades describen cómo los materiales interactúan con la luz en términos de **reflexión, refracción, absorción, dispersión, transmitancia**, entre otros fenómenos.
- Las propiedades ópticas son esenciales para entender cómo la luz se comporta al interactuar con la materia y son fundamentales en diversas áreas como la óptica, la física, la química y la ingeniería.

# Radiación EM - Espectro - LUZ



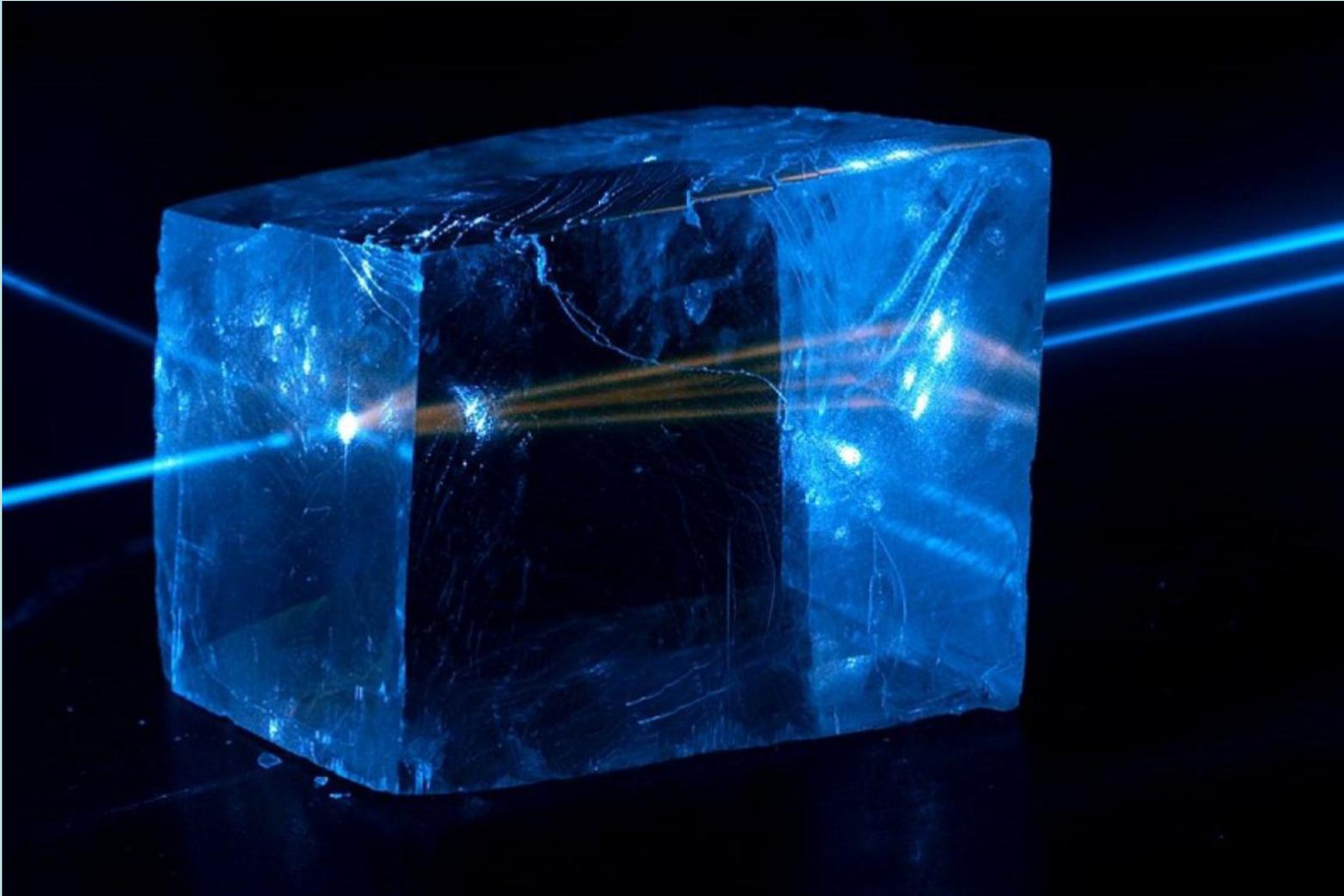
**Figura 22.2** Espectro de la radiación electromagnética, incluyendo los intervalos de longitud de onda para diversos colores del espectro visible.

$$c = \lambda \nu$$

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$6,63 \times 10^{-34}$$

# Interacciones con los sólidos



$$I_0 = I_T + I_A + I_R$$

$$T + A + R = 1$$

TRANSPARENTE

TRANSLÚCIDO

OPACO

INCOLORO

COLOREADO

BRILLANTE

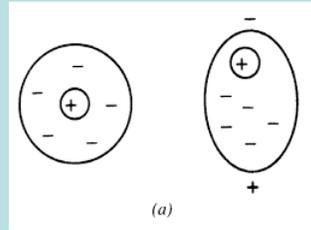
MATE

RGV

# Formas de interacción

## Polarización electrónica

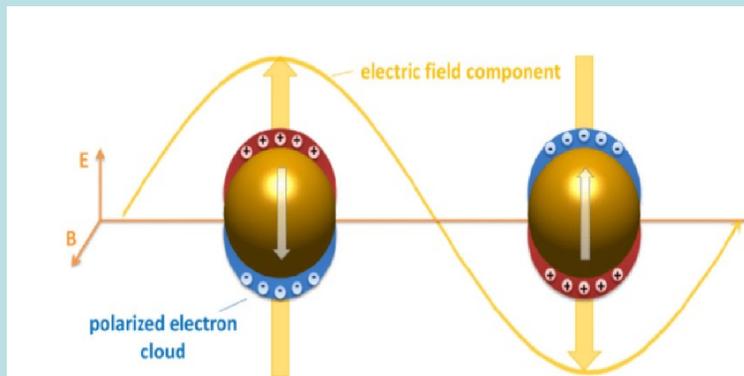
- luz como onda
- interacción: nube electrónica
- depende de la long de onda



Efectos:

- Absorción de energía\*
- Cambio del camino óptico (CO) y velocidad

\* ver diapo frecuencia de relajación atómica



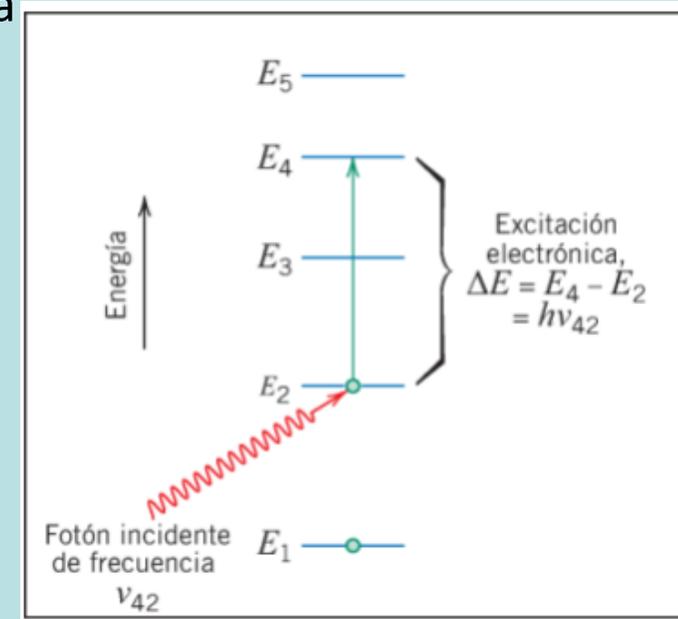
## transición electrónica

- luz como fotones
- interacción: electrones en niveles de energía

Efectos

- Absorción de energía
- Otros efectos extravagantes

$$\Delta E = h\nu$$



# Frecuencia de relajación atómica

La frecuencia de relajación atómica se refiere a la tasa o frecuencia con la que los átomos o sistemas atómicos regresan a su estado de equilibrio después de haber sido perturbados o excitados. Esta perturbación puede ser causada por la interacción con la luz, colisiones con otras partículas, cambios de temperatura u otros factores externos.

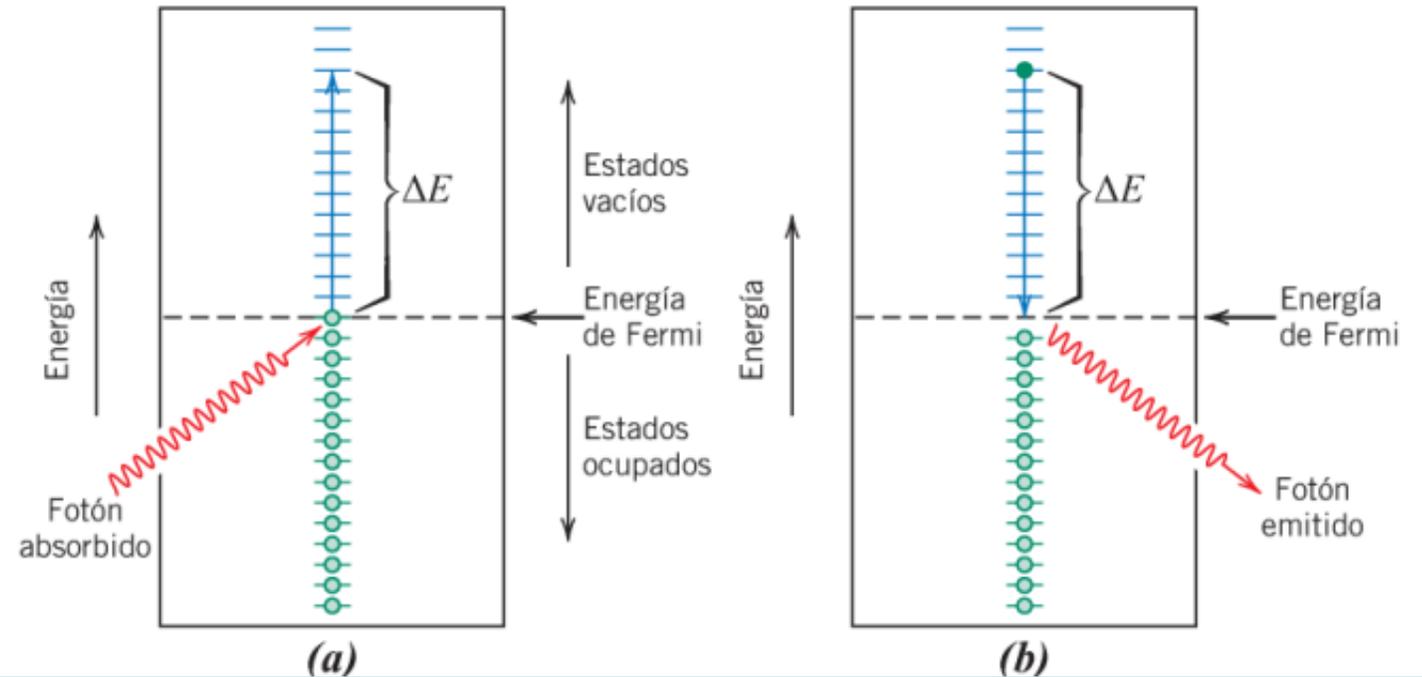
La relajación atómica implica que los átomos, después de haber sido excitados a niveles de energía superiores, eventualmente liberarán esa energía en forma de radiación (como fotones) o calor, y volverán a su estado de menor energía o estado fundamental. La frecuencia de relajación atómica es una medida de qué tan rápido ocurre este proceso.

La frecuencia de relajación atómica puede variar significativamente según el tipo de átomo, su estado de excitación, las condiciones ambientales y otros factores. Es un concepto importante en la comprensión de la dinámica atómica y se aplica en diversas áreas, como la espectroscopía, la física de láseres y la óptica cuántica.

Formas de interacción  
de la luz visible  
en los sólidos

# • METALES

**Figura 22.4** (a) Esquema del mecanismo de absorción de un fotón en un material metálico donde un electrón se excita hasta un estado energético no ocupado. El cambio energético del electrón  $\Delta E$  equivale a la energía del fotón. (b) Reemisión de un fotón de luz por transición directa de un electrón desde un estado energético elevado a otro inferior.



## GENERALIDADES

### ABSORCIÓN Y REFLEXIÓN

Absorción en los primeros  $0,1 \mu\text{m}$

Opacos desde ondas de radio a ultravioleta

Reflectancia 90 a 95% luz incidente  $\rightarrow$  0 a 5% como calor

Sin colorear o coloreados

Brillantes o mates

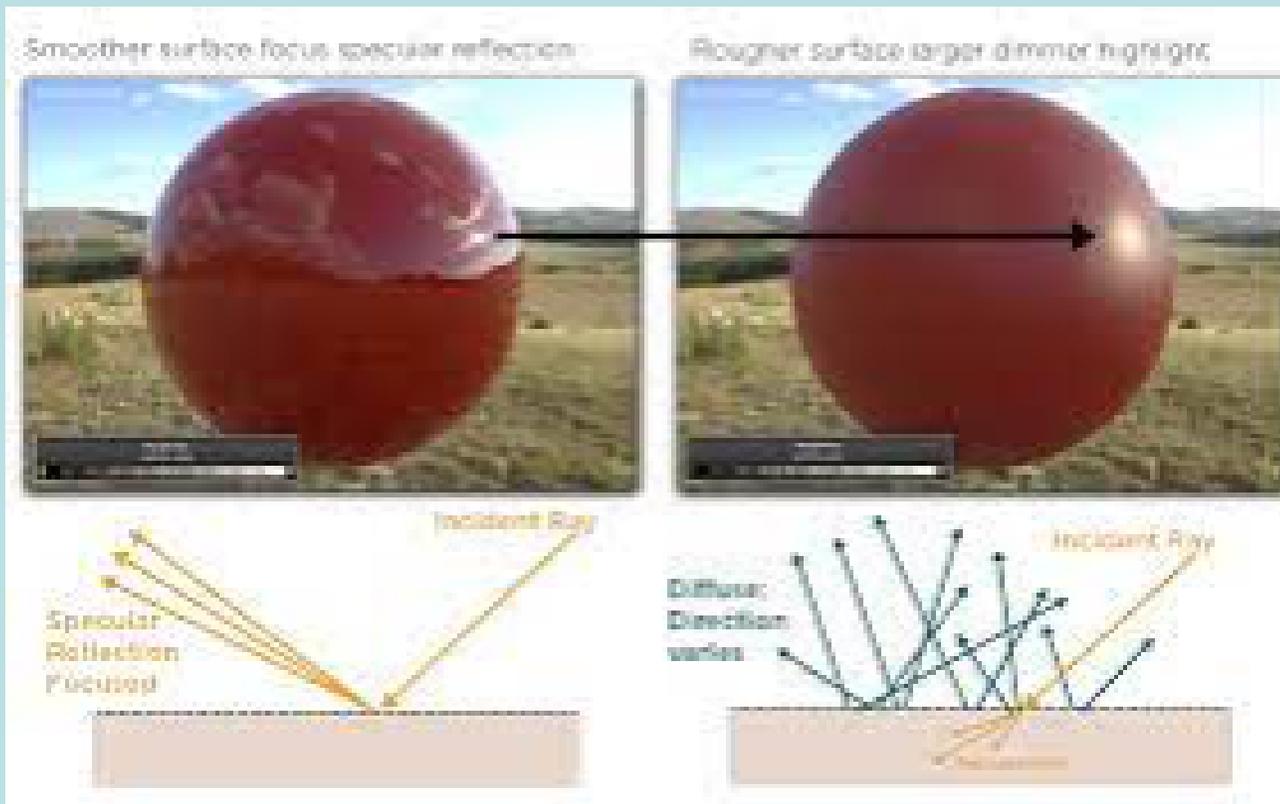
Sobre la estructura de bandas electrónicas

- No poseen zona prohibida o la zona es muy pequeña
- Los estados superiores al nivel de Fermi están llenos por electrones deslocalizados de conducción

- METALES

Brillantes o mates

- Depende del acabado superficial (igual que para no metales)



- NO METALES

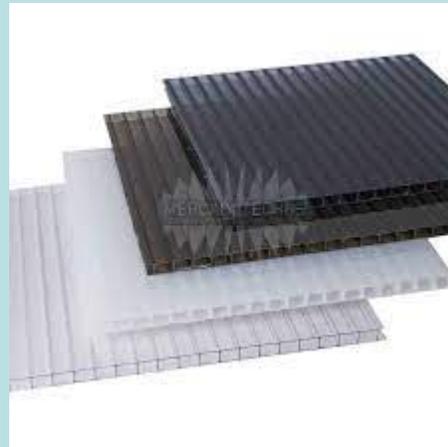
**GENERALIDADES**

**ABSORCIÓN, REFLEXIÓN, REFRACCIÓN, TRANSMISIÓN**

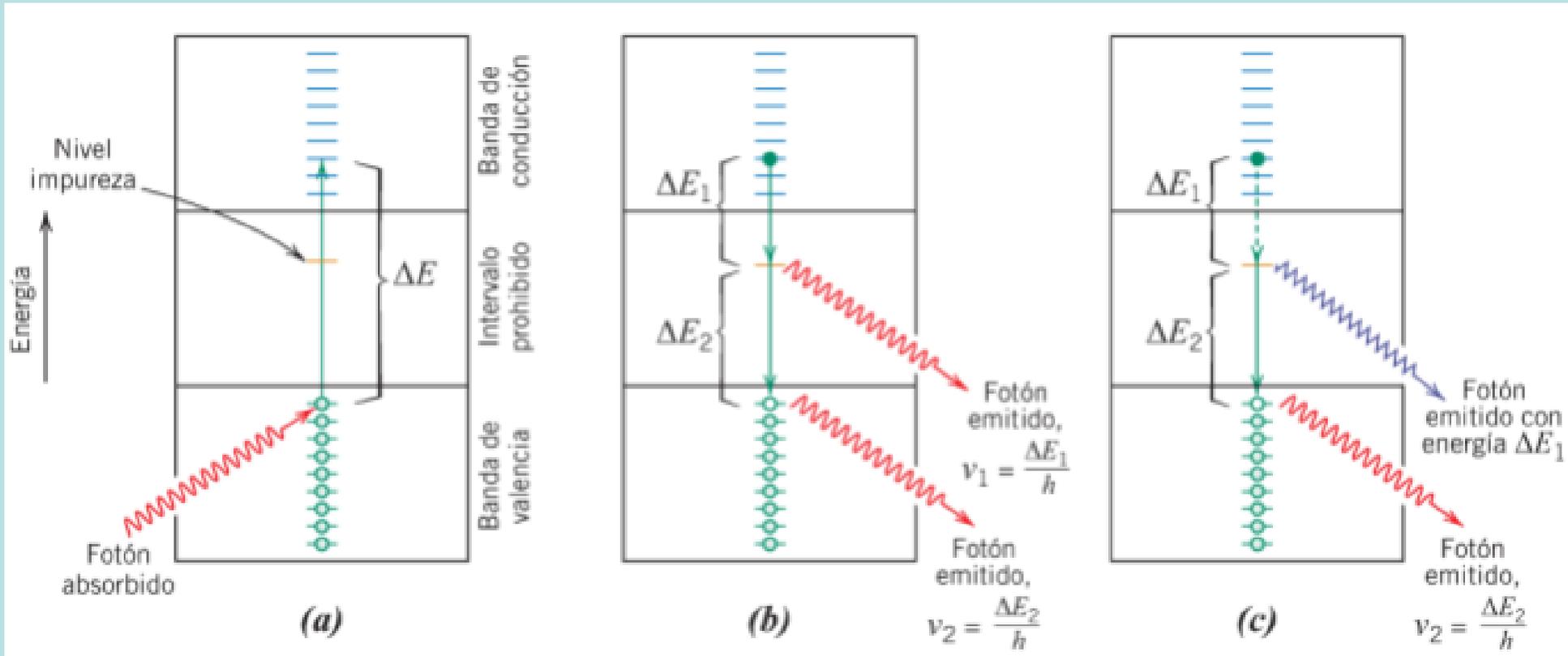
OPACOS, TRANSLÚCIDOS, TRANSPARENTES

BRILLANTES, OPACOS

INCOLOROS Y COLOREADOS



# • ABSORCIÓN en No Metales



$$I'_T = I'_0 e^{-\beta x}$$

- Caracter transparente u opaco depende de la banda o intervalo de energías prohibidas
- El color de los modos posibles de decaimiento

# • REFRACCIÓN

Se

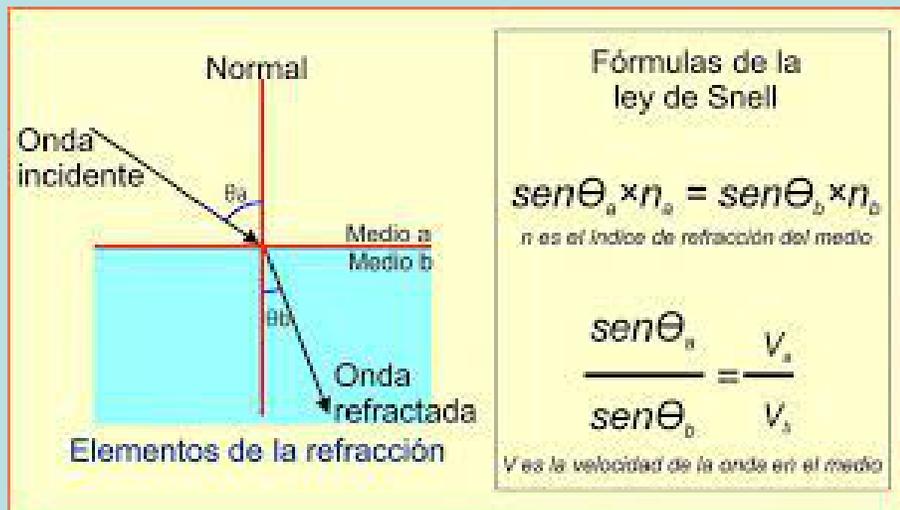
- Al pasar de un medio a otro
- Depende de la diferencia de densidades electrónicas
- Depende de la velocidad de la luz en el medio
- Depende de las permitividades electrónicas y las permeabilidades magnéticas
- Depende de la longitud de onda (aberración cromática)
- Iones pesados aumentan n (PbO)

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

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\sqrt{\epsilon\mu}}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} = \sqrt{\epsilon_r\mu_r}$$

$\epsilon_r$  y  $\mu_r$  son la constante dieléctrica y la permeabilidad magnética relativa.



$$n \cong \sqrt{\epsilon_r}$$

## APLICACIONES

Lentes y óptica, fibra óptica

1. analítica, microscopía, telescopía, fotografía
2. comunicaciones
3. medicina
4. joyería

# • REFLEXIÓN

*Dispersión de la luz en la intercara de dos medios con distintos índices de refracción*

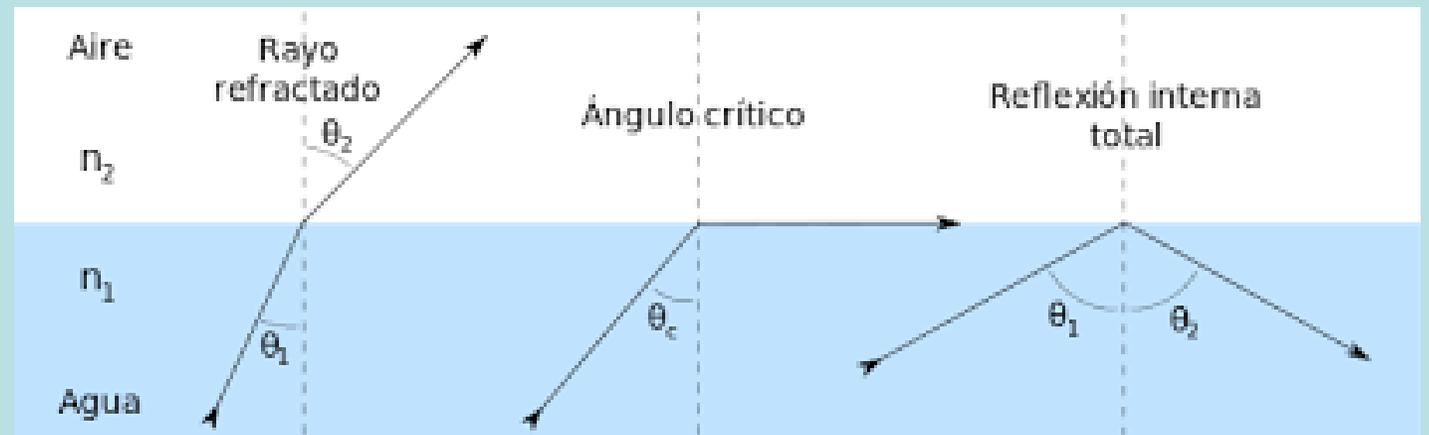
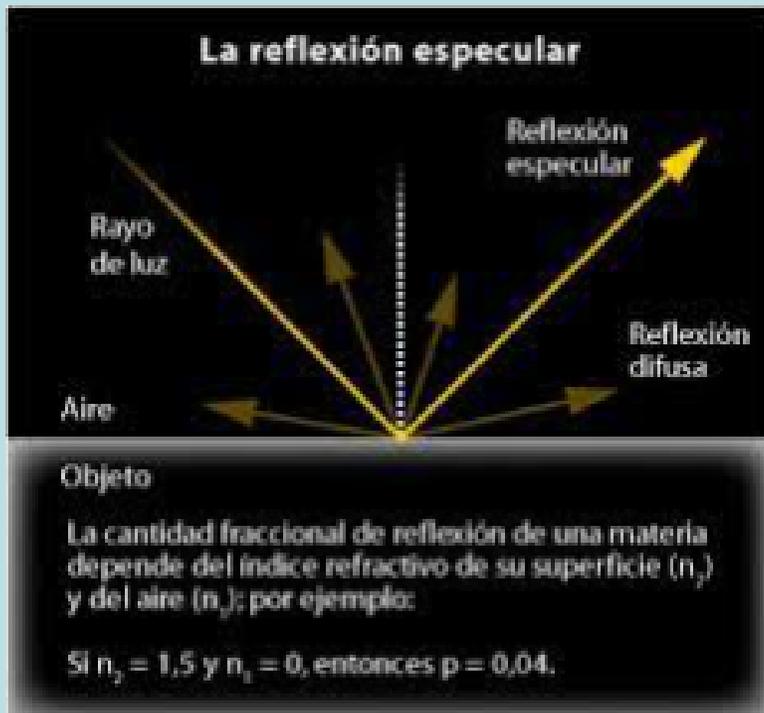
- Al pasar de un medio a otro
- Depende de los mismos factores que la refracción
- Reflexión total

$$R = \frac{I_R}{I_0}$$

$$R = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2$$

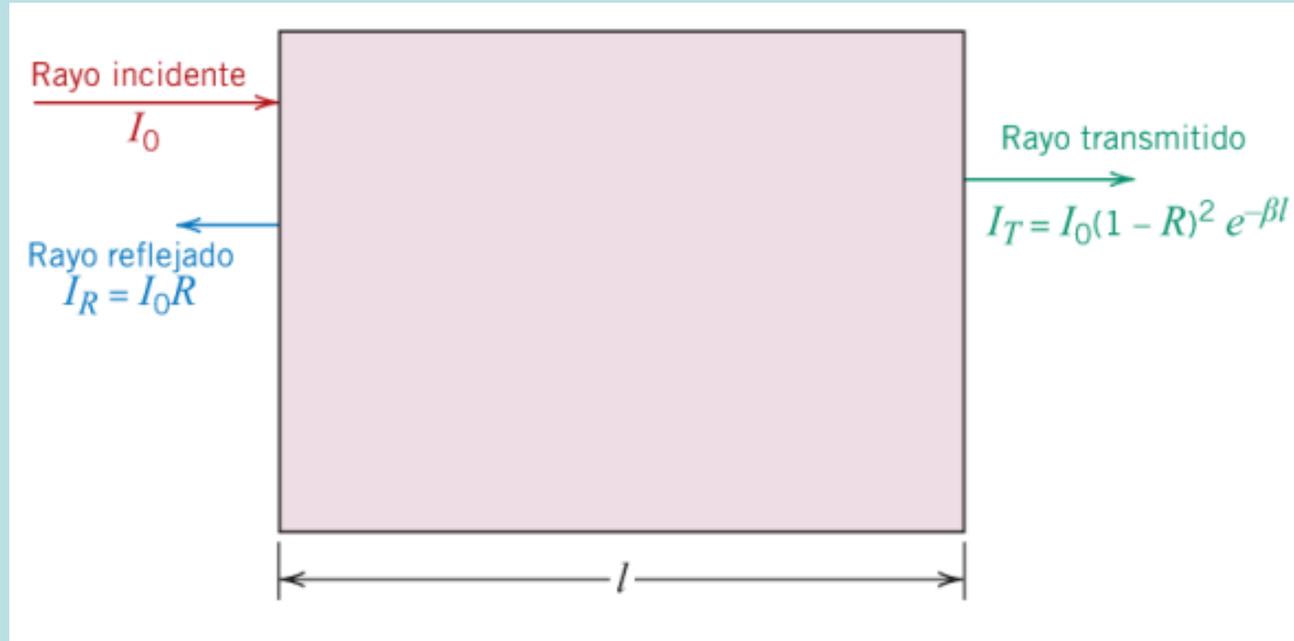
$$R = \left( \frac{n_s - 1}{n_s + 1} \right)^2$$

baja reflexión (MgF<sub>2</sub>)



# • TRANSMISIÓN

Luz transmitida desde la intercara de incidencia hasta otra de salida

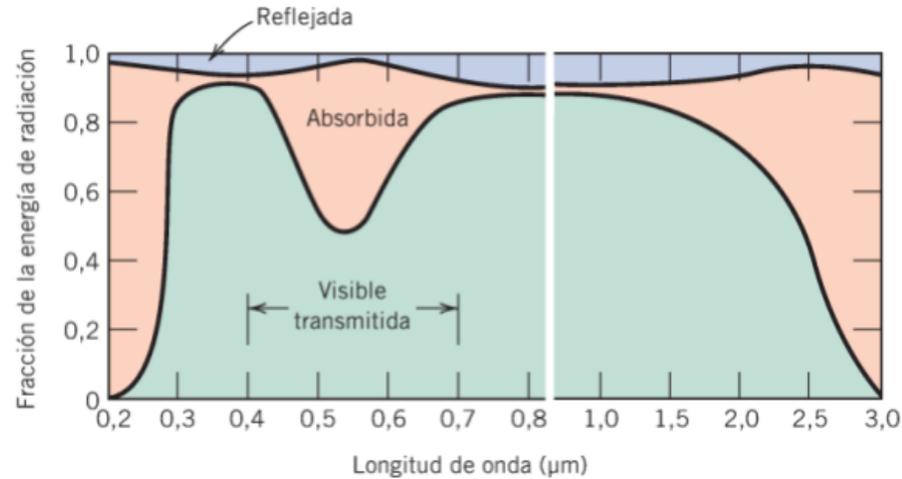


**Figura 22.7** Transmisión de la luz a través de un medio transparente, en el que hay reflexión en las caras anterior y posterior, así como absorción en el medio interno. (Adaptación de R. M. Rose, L. A. Shepard y J. Wulff, *The Structure and Properties of Materials*, Vol.4, *Electronic Properties*. Copyright ©1966 por John Wiley & Sons, New York. Reproducción autorizada por John Wiley & Sons, Inc.).

Relacionada junto con la absorción con el color

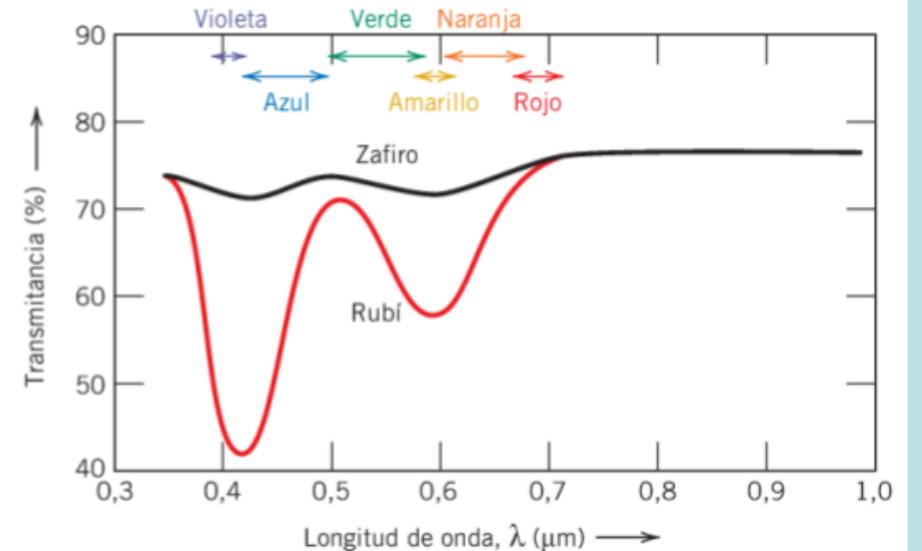
# • COLOR

El color depende de la longitud de onda reflejada y transmitida, o sea de la luz dispersada y absorbida



**Figura 22.8** Variación con la longitud de onda de las fracciones de luz incidente transmitida, absorbida y reflejada a través de un vidrio verde. (De W. D. Kingery, H. K. Bowen y D. R. Uhlmann, *Introduction to Ceramics*, 2ª edición. Copyright ©1976 por John Wiley & Sons, Nueva York. Reproducción con autorización de John Wiley & Sons, Inc.)

**Figura 22.9** Transmisión de la radiación lumínica, en función de la longitud de onda, para el zafiro (monocristal de óxido de aluminio) y para el rubí (óxido de aluminio con cierta proporción de óxido de cromo). El zafiro aparece incoloro, mientras que el rubí es rojo debido a la absorción selectiva de un intervalo específico de longitudes de onda. (Adaptación de “The Optical Properties of Materials”, por A. Javan. Copyright © 1967 por Scientific American, Inc. Reservados todos los derechos).



- OPACIDAD, TRANSLUCIDEZ Y TRANSPARENCIA DIELECTRICOS

Depende mayormente de la reflexión y transmitancia interna

Grandes índices de refracción, numerosas intercaras (poros, policristalinidad) favorecen opacidad



**Figura 22.10** Transmisión de la luz a través de tres muestras de óxido de aluminio. De izquierda a derecha: monocristal de zafiro, transparente; material policristalino denso (no poroso), translúcido; y material policristalino que contiene aproximadamente 5% de porosidad, opaco. (Muestras preparadas por P. A. Lessing).