

1 LA LUZ

- Newton: La luz está formada por corpúsculos
- Hyugens: La luz es una onda
- Interferencia
- Las ecuaciones de Maxwell
- El éter.
- Einstein y la teoría de los fotones. $E=h\nu$

La luz posee una naturaleza dual

2 La velocidad de la luz

- Galileo. Encontró que de ser c finita es muy grande.
- Roemer se dio cuenta del retardo en los eclipses de Io si es que Júpiter se encuentra más lejos de la Tierra. Obtuvo $c = 2.3 \times 10^8 \text{m/s}$
- Fizeau usó una rueda dentada que giraba y un espejo. Su valor para c es: $c = 3.1 \times 10^8 \text{m/s}$

3 Reflexión de la luz

Medido respecto a la normal se tiene que:

$$\theta_i = \theta_r$$

4 Refracción de la luz

Se define c_n , la velocidad de la luz en un medio de índice de refracción n por:

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

donde c es la velocidad de la luz en el vacío. Siempre se tiene que $n \geq 1$.

Si θ_1, θ_2 son los ángulos de incidencia (refracción), medidos respecto a la normal se tiene la Ley de Snell-Descartes:

$$n_1 \operatorname{sen}(\theta_1) = n_2 \operatorname{sen}(\theta_2)$$

Nótese que esta ley contiene como caso particular la ley de reflexión, para $n_1 = n_2$.

Al pasar de un medio a otro, la frecuencia de la luz no cambia, pero cambia su longitud de onda

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

4.1 Dispersión y prismas

En general se tiene que:

$$n = n(\lambda)$$

Esto se llama dispersión. El resultado es que al pasar de un medio a otro, luz de distinta frecuencia(color) se desvía en distinta dirección, separándose los colores.

4.2 Reflexión total interna

Si la luz pasa de un medio n_1 a un medio n_2 , con $n_1 > n_2$ se puede dar que toda la luz se refleja. No hay rayo refractado. Para que esto suceda el ángulo de refracción debe ser mayor o igual a 90 grados. Por lo tanto el ángulo de incidencia debe ser mayor que un ángulo crítico θ_c :

$$n_1 \operatorname{sen} \theta_c = n_2 \operatorname{sen} 90$$

$$\operatorname{sen} \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

-Aplicación: Fibras ópticas. Son barras de vidrio o plástico transparente que permiten "entubar" la luz. Se pierde muy poca intensidad luminosa (hay reflexión total) por reflexión en los extremos y por absorción en el material de la fibra. Se utiliza en medicina para permitir operaciones no invasivas y en telecomunicaciones, porque transportan mucha información simultáneamente.

4.3 El Principio de Huygens

Cada punto de un frente de ondas actúa como fuente de ondas secundarias esféricas salientes, llamadas ondulaciones. La nueva posición del frente de ondas es tangente a todas las ondulaciones.

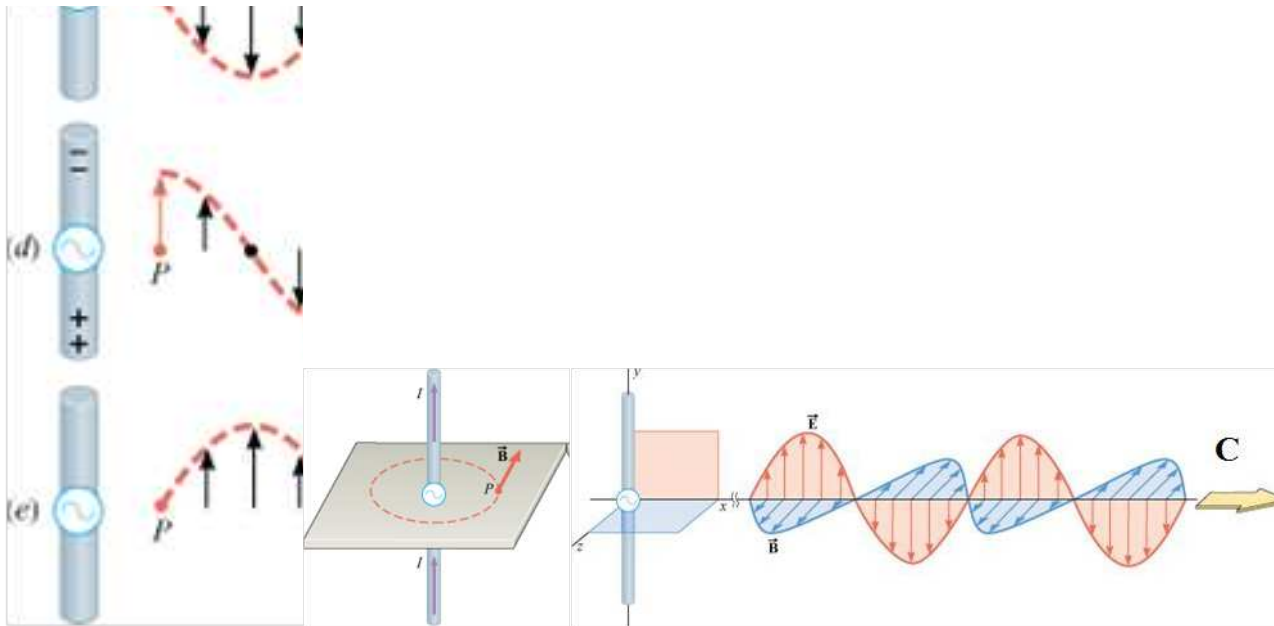
Con este principio se puede deducir la ley de Snell-Descartes.

4.4 El Principio de Fermat

Cuando un rayo de luz viaja entre dos puntos, su trayectoria minimiza el tiempo de recorrido.

5 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS SE

PROPAGAN EN EL VACIO

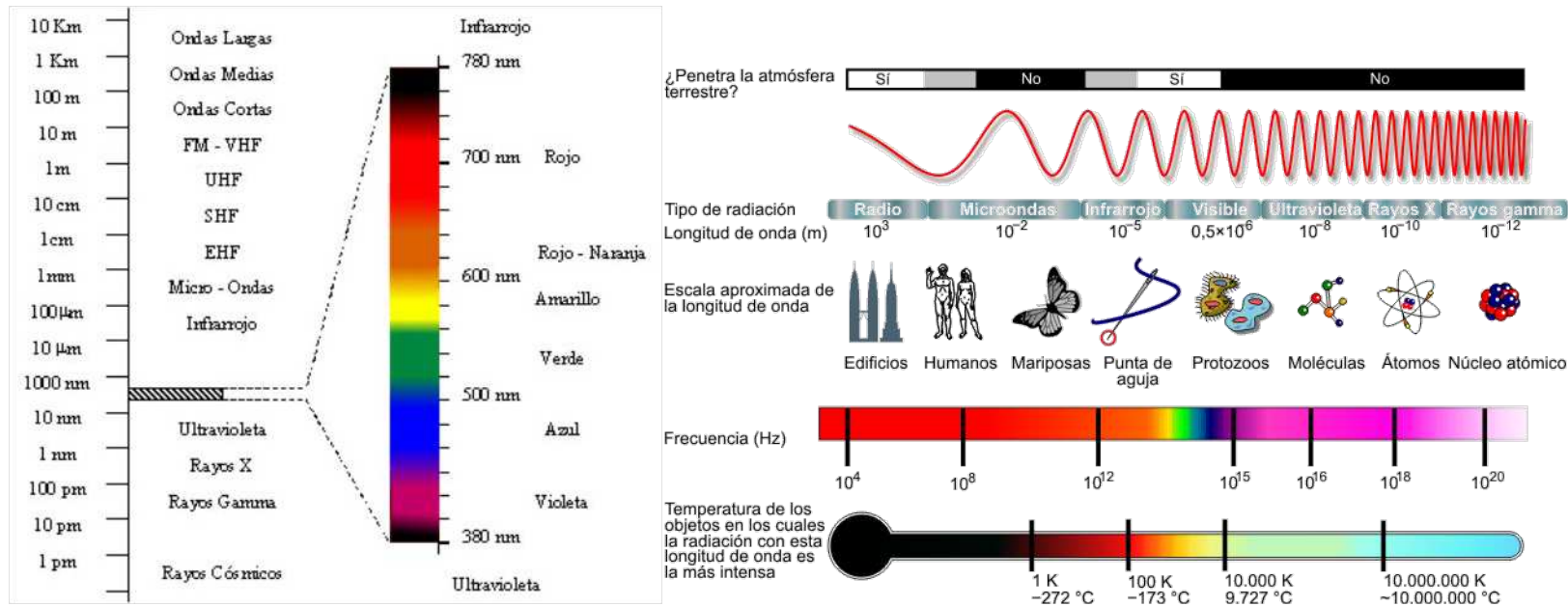


$$c = 300000 \text{ km/s} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

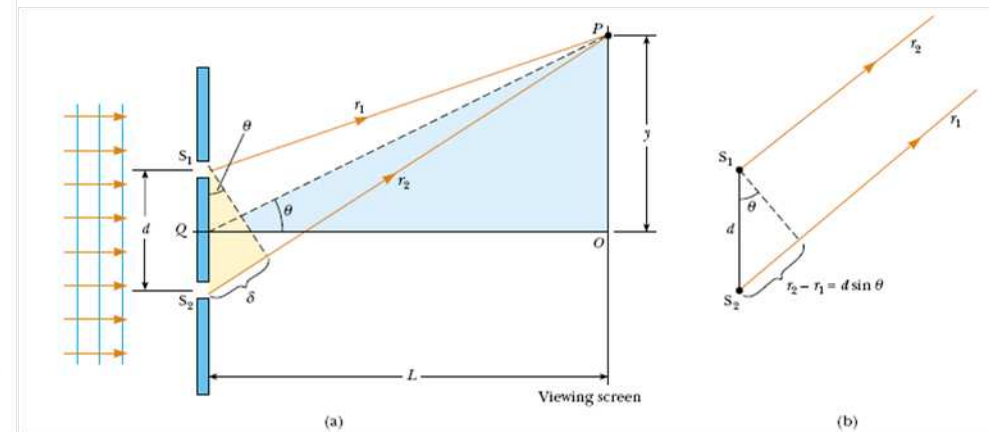
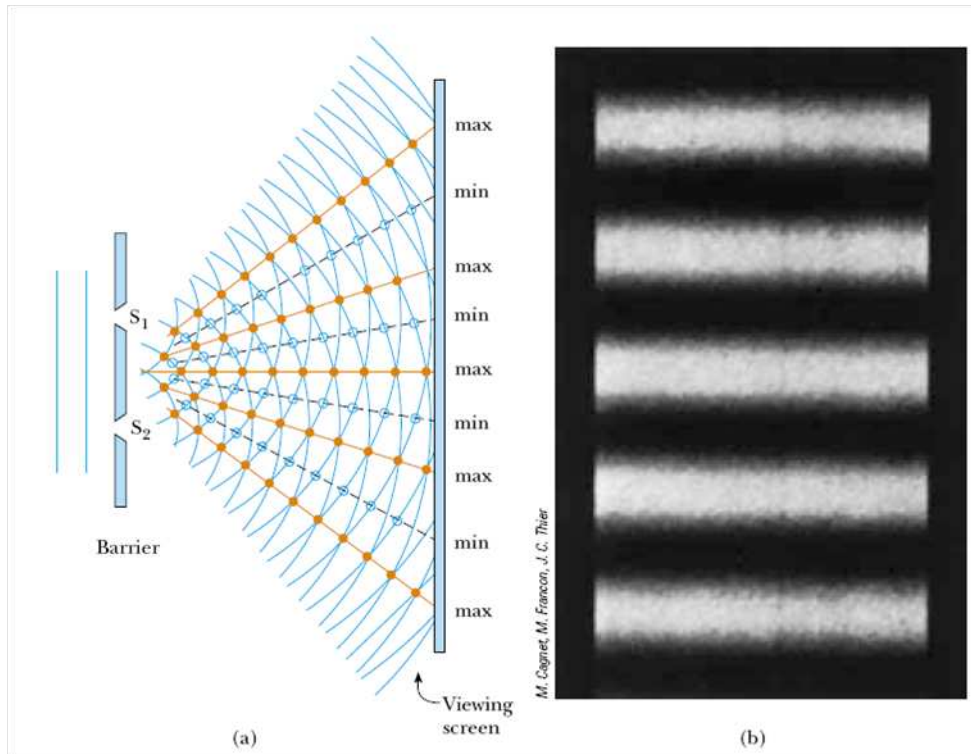
Vacio	30
Aire	29
Agua	29
Etanol	29
Cuarzo	29
Vidrio crown	19
Vidrio flint	18
Diamante	12

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

6 LA LUZ ES UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA



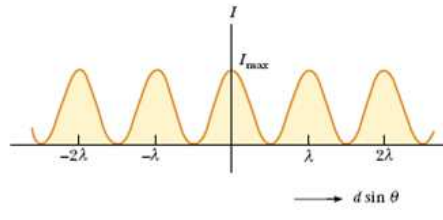
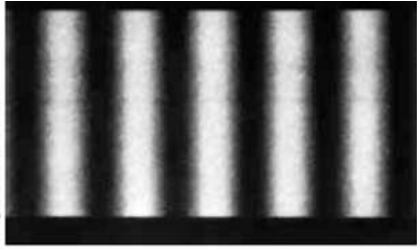
7 INTERFERENCIA EL EXPERIMENTO DE YOUNG



$$\delta = d \sin \theta_b = m\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$\delta = d \sin \theta_o = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda, m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

M. Dupret, M. Franco, J.C. Trier



EJERCICIOS

- a)** Explique los fenómenos de reflexión y refracción de la luz. **b)** El índice de refracción del agua respecto del aire es $n > 1$. Razone cuáles de las siguientes magnitudes cambian, y cómo, al pasar un haz de luz del aire al agua: frecuencia, longitud de onda y velocidad de propagación.
- Un rayo de luz amarilla, emitida por una lámpara de sodio, tiene una longitud de onda en el vacío de $580 \cdot 10^{-9}$ m. **a)** Determine la velocidad de propagación y la longitud de onda de dicha luz en el interior de una fibra de cuarzo, cuyo índice de refracción es $n = 1,5$. **b)** ¿Pueden existir valores del ángulo de incidencia para los que un haz de luz, que se propaga por el interior de una fibra de cuarzo, no salga al exterior? Explique el fenómeno y, en su caso, calcule los valores del ángulo de incidencia para los cuáles tiene lugar.
- a)** Los rayos X, la luz visible y los rayos infrarrojos son radiaciones electromagnéticas. Ordénelos en orden creciente de sus frecuencias e indique algunas diferencias entre ellas. **b)** ¿Qué es una onda electromagnética? Explique sus características.
- El espectro visible contiene frecuencias entre $4 \cdot 10^{14}$ Hz y $7 \cdot 10^{14}$ Hz. **a)** Determine las longitudes de onda correspondientes a dichas frecuencias en el vacío. **b)** ¿Se modifican estos valores de las frecuencias y de las

longitudes de onda cuando la luz se propaga por el agua? En caso afirmativo, calcule los valores correspondientes (Índice de refracción del agua respecto al aire: $n = 1,3$).

5. Un rayo de luz pasa del agua al aire con un ángulo de incidencia de 30° respecto a la normal: **a)** Dibuje en un esquema los rayos incidente y refractado y calcule el ángulo de refracción. **b)** Cuál debería ser el ángulo de incidencia para que el rayo refractado fuera paralelo a la superficie de separación agua-aire? Dato: $n = 1,3$.
6. **a)** Describa brevemente el modelo corpuscular de la luz. ¿Puede explicar dicho modelo los fenómenos de interferencia luminosa? **b)** Dos rayos de luz inciden sobre un punto. ¿Pueden producir oscuridad? Explique razonadamente este hecho.
7. Una lámina plana 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° . **a)** Haga un esquema de la marcha del rayo y determine el tiempo que éste tarda en atravesar la lámina. **b)** ¿Con qué ángulo se refracta el rayo en la segunda cara? Compare este resultado con el ángulo de incidencia.

8. Un diamante está sumergido en agua y un rayo de luz incide a 30° sobre una de sus caras. **a)** Haga un esquema del camino que sigue el rayo luminoso y determine el ángulo con que se refracta dentro del diamante. **b)** ¿Cuál es el ángulo límite para la luz que pasa del diamante al agua? ¿Y si se pasa del agua al diamante?
9. Un rayo de luz amarilla, emitido por una lámpara de vapor de sodio, posee una longitud de onda en el vacío de $5,9 \cdot 10^{-9}$ m. **a)** Determine la frecuencia, velocidad de propagación y longitud de onda de la luz en el interior de una fibra óptica de índice de refracción 1,5. **b)** ¿Cuál es el ángulo de incidencia mínimo para que un rayo que incide en la pared interna de la fibra no salga al exterior? ¿Cómo se denomina este ángulo?
10. **a)** Enuncie y explique, utilizando los esquemas adecuados, las leyes de la reflexión y refracción de la luz. **b)** Un rayo láser pasa de un medio a otro, de menor índice de refracción. Explique si el ángulo de refracción es mayor o menor que el de incidencia. ¿Podría existir reflexión total?
11. **a)** ¿Qué se entiende por refracción de la luz? Explique qué es el ángulo límite y, utilizando un diagrama de rayos, indique cómo se determina. **b)** Una fibra óptica es un hilo transparente a lo largo del cual puede propagarse la luz, sin salir al exterior. Explique por qué la luz “no se escapa” a través de las paredes de la fibra.

12. Una onda electromagnética armónica de 20 MHz se propaga en el vacío, en el sentido positivo del eje $O X$. El campo eléctrico de dicha onda tiene la dirección del eje $O Z$ y su amplitud es de $3 \cdot 10^{-3} \text{ N C}^{-1}$. **a)** Escriba la expresión del campo eléctrico $E(x, t)$, sabiendo que en $x = 0$ su módulo es máximo cuando $t = 0$. **b)** Represente en una gráfica los campos $E(t)$ y $B(t)$ y la dirección de propagación de la onda.
13. **a)** Indique qué se entiende por foco y por distancia focal de un espejo. ¿Qué es una imagen virtual? **b)** Con ayuda de un diagrama de rayos, describa la imagen formada por un espejo cóncavo para un objeto situado entre el centro de curvatura y el foco.
14. **a)** Si queremos ver una imagen ampliada de un objeto, ¿qué tipo de espejo tenemos que utilizar? Explique, con ayuda de un esquema, las características de la imagen formada. **b)** La nieve refleja casi toda la luz que incide en su superficie. ¿Por qué no nos vemos reflejados en ella?
15. Un objeto se encuentra frente a un espejo plano a una distancia de 4 m del mismo. **a)** Construya gráficamente la imagen y explique sus características. **b)** Repita el apartado anterior si se sustituye el espejo plano por uno cóncavo de 2 m de radio.

16. Un objeto se encuentra a una distancia de 0,6 m de una lente delgada convergente de 0,2 m de distancia focal. **a)** Construya gráficamente la imagen que se forma y explique sus características. **b)** Repita el apartado anterior si el objeto se coloca a 0,1 m de la lente.
17. Construya gráficamente la imagen y explique sus características para: **a)** un objeto que se encuentra a 0,5 m frente a una lente delgada biconvexa de 1 m de distancia focal, **b)** un objeto situado a una distancia menor que la focal de un espejo cóncavo.
18. **a)** ¿Cuál es la potencia óptica de una lente bicóncava con ambos radios de curvatura iguales a 20 cm y un índice de refracción de 1,4? **b)** Y si fuera una lente biconvexa?