

**TÍTULO:** *Naturaleza de la Luz*

**OBJETIVOS:**

- Estudiar las principales teorías que explican la naturaleza de la luz con especial referencia a las ondas electromagnéticas.

**DESARROLLO CONCEPTUAL**

La determinación de la naturaleza de la luz ha sido una preocupación de los científicos de todos los tiempos. La primeras propuestas científicas de trascendencia surgieron en el siglo XVII, una debida a Newton (1642-1727) que enunció la **teoría corpuscular** (la luz estaba formada por pequeñas partículas) y la **teoría ondulatoria** (la luz está constituida por ondas) elaborada por Huygens (1629 –1695). Ninguna de estas dos teorías, por sí solas, han sido suficientes para dar una explicación satisfactoria, por eso, con desigual fortuna, surgieron otras.

**Teoría corpuscular de Newton.**- La naturaleza corpuscular de la luz supone que los focos luminosos emiten pequeñas partículas que se propagan en línea recta en todas las direcciones y producen la sensación luminosa cuando chocan con nuestros ojos. Estas pequeñas partículas o **corpúsculos** son diferentes para cada color y pueden atravesar los medios transparentes y es reflejada por algunas superficies opacas.

Con esta teoría se explicaba satisfactoriamente la propagación rectilínea de la luz y la reflexión, pero era incapaz de entender la refracción. En definitiva, era necesario entender el motivo por el que los corpúsculos luminosos cuando inciden sobre una superficie son reflejados sobre la superficie del mismo y otros penetran dando lugar a la refracción. La explicación errónea dada entendía que la luz viaja a una velocidad mayor en los líquidos y en los vidrios, por ejemplo, que en el aire.

**Teoría ondulatoria de Huygens.**- Aunque esta teoría apareció con anterioridad a la newtoniana pero tuvo una aceptación limitada dado el prestigio científico de Newton y señala que la luz es una perturbación ondulatoria (*ondas longitudinales*) que se propaga en un medio. Con este planteamiento se explicaban bien la reflexión, la refracción de la luz y un fenómeno descubierto entonces, la doble refracción.

**Teoría ondulatoria de Fresnel.**- La teoría ondulatoria toma nuevo impulso en el siglo XIX gracias a los estudios de Young (1773-1829) que permitieron caracterizar las interferencias luminosas y las experiencias de Fresnel (1788-1827) sobre la difracción, que la explicó mediante la teoría ondulatoria al decir que la luz la constituían ondas transversales. De esta manera, se relegaba la teoría corpuscular, situación favorecida por la medida de la velocidad de la luz en el agua que llevó a cabo Foucault (1819-1868), concluyendo que es menor que en el aire en oposición con lo establecido por Newton.

**Teoría electromagnética de la luz.**- Fue establecida por Maxwell (1831-1879) y comprobada experimentalmente por Hertz (1857-1894) produciendo y detectando las ondas electromagnéticas. Según esta teoría la luz no es una onda mecánica sino una forma de onda electromagnética de alta frecuencia y, por tanto, las ondas luminosas suponen la propagación de un campo eléctrico y un campo magnético (ambos campos son funciones doblemente periódicas con la dirección de propagación y el tiempo), perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación que se realiza sin necesidad de un medio material que sirva de soporte.

La teoría de Maxwell se puede considerar como una teoría definitiva acerca de la naturaleza de la luz, como lo demuestra la buena acogida que registró desde el primer momento.

**Naturaleza corpuscular de la luz.-** En 1905 Einstein (1879-1955) propuso que la luz está tomada por un haz de partículas pequeñas o **cuantos de energía** que es habitual denominar **fotones**, es decir, en estos fotones se concentra toda la energía de la onda y no se encuentra distribuida de modo continuo en toda ella.

El fundamento de esta teoría se encuentra en el denominado efecto fotoeléctrico descubierto en 1887 por Hertz (también lo estudió Einstein) y consiste en la emisión de electrones de cierta energía, cuando la luz de una determinada frecuencia sobre una superficie metálica. Este fenómeno no podía ser explicada mediante la teoría ondulatoria, fue necesaria las consideraciones cuánticas de Planck (1858-1947).

La energía de los fotones es proporcional a la frecuencia de la luz:  $E = h \cdot \nu$  siendo  $h$  la constante de Planck ( $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  J·s )

### **Naturaleza de la luz.-**

La luz tiene una doble naturaleza, **corpuscular** y **ondulatoria**. Se propaga mediante ondas electromagnéticas (es un movimiento típicamente ondulatorio), que en su interacción con la materia pone de manifiesto su carácter corpuscular e, incluso, en ciertos fenómenos tiene lugar un intercambio de energía. La luz no manifiesta simultáneamente esta naturaleza dual, en un fenómeno determinado se comporta como onda o como partícula.

### **Ondas electromagnéticas. Características.-**

La teoría del campo electromagnético de Maxwell pone de manifiesto la existencia de las **ondas electromagnéticas** y que su velocidad de propagación coincide con la velocidad de la luz, luego, la luz es una radiación electromagnética, cuya verificación experimental realizó Hertz.

- Tienen su origen en las cargas eléctricas aceleradas.
- Consisten en la variación periódica del estado electromagnético del espacio (campo eléctrico y campo magnético, ambos variables con el tiempo, que se propagan en el espacio).
- Para su propagación no necesitan soporte material.
- En una posición determinada y en un instante dado, los módulos de los vectores campo eléctrico **E** y campo magnético **B** se cumple la relación siguiente

$$c = \frac{E}{B} \quad \text{siendo } c \text{ la velocidad de la luz, que depende del medio en el que se propaga}$$

la onda y que en el vacío se puede expresar así:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

siendo  $\epsilon_0$  la constante dieléctrica del vacío ( $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$  C<sup>2</sup>·N<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>) y  $\mu_0$  la permeabilidad magnética del vacío ( $\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$  T·m·A<sup>-1</sup>). El valor de  $c$  es  $3 \cdot 10^8$  m·s<sup>-1</sup>, como se puede comprobar.

- Las ondas electromagnéticas también cumple las relaciones entre la velocidad, longitud

$$\lambda = c \cdot T \therefore \lambda = \frac{c}{\nu}$$

### **Espectro electromagnético.-**

Las ondas electromagnéticas abarcan un amplio margen de longitudes de onda que van desde  $10^{-14}$  m hasta varias decenas de Kilómetros. Se denomina **espectro electromagnético** a la secuencia ordenada de todas las ondas electromagnéticas atendiendo a la longitud de onda o frecuencia.

Los límites de las diferentes “porciones” del espectro deben tomarse con cierta flexibilidad.

| Longitud de onda (m)  | Frecuencia (Hz)     | Nombre                                    | Origen  | Aplicaciones                                     |
|-----------------------|---------------------|---|---|--|
| $10^{-14} - 10^{-11}$ | $10^{22} - 10^{19}$ | Rayos $\gamma$                            | Emisiones nucleares radiactivas                         | Medicina, metalurgia                             |
| $10^{-11} - 10^{-9}$  | $10^{19} - 10^{17}$ | Rayos X                                   | Choques electrones de alta energía con átomos metálicos | Medicina<br>Metalurgia<br>Cristalografía         |
| $10^{-9} - 10^{-7}$   | $10^{17} - 10^{15}$ | Ultravioleta                              | Descargas eléctricas en gases.<br>Sol                   | Medicina<br>Biología                             |
| $10^{-7} - 10^{-6}$   | $10^{15} - 10^{14}$ | Visible                                   | Transiciones eléctricas en los átomos.                  | Iluminación<br>Laser                             |
| $10^{-6} - 10^{-4}$   | $10^{14} - 10^{12}$ | Infrarrojo                                | Radiación térmica de los cuerpos.                       | Biología.<br>Medicina.<br>Fotografía             |
| $10^{-4} - 10^{-2}$   | $10^{12} - 10^{10}$ | Microondas                                | Generadores electrónicos.                               | Telefonía. Radar.<br>Radioastronomía.<br>Hornos. |
| $10^{-2} - 10^1$      | $10^{10} - 10^7$    | Ondas radio cortas.<br>Ondas TV. Radio FM |   |  |
| $10^1 - 10^3$         | $10^7 - 10^5$       | Ondas radio AM                            |   |  |
| $10^3 - 10^7$         | $10^5 - 10$         | Ondas radio largas                        |   |  |

## EJEMPLOS

Una onda electromagnética se propaga en el vacío, en línea recta, con una frecuencia de  $2 \cdot 10^8$  Hertz ( $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Determinar la longitud de onda y el período de esta onda.

### Resolución.-

La longitud de onda es

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

siendo  $f$  la frecuencia de la onda, luego

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^8} = 1,5 \text{ m}$$

y el período  $T$  es

$$T = \frac{1}{f} \rightarrow T = \frac{1}{2 \cdot 10^8} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ s}$$

## EJERCICIO DE AUTOCOMPROBACIÓN

La energía de cierto fotón es de  $5,2 \cdot 10^{-18}$  J, averiguar la frecuencia de la correspondiente radiación luminosa.

**Solución.-**

$7,85 \cdot 10^{15}$  Hertz

**REFERENCIAS:**

Tipler, O.P., *Física Universitaria* (2 vol), Barcelona: Reverté, 1987.

**AUTOR:**

- Joaquín Summers Gámez