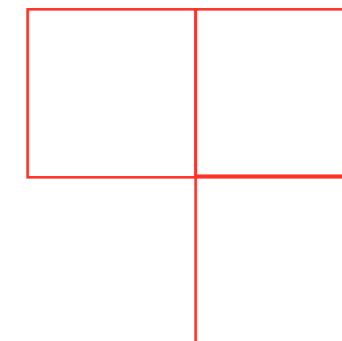


Técnicas instrumentales

La radiación electromagnética

Índice

1. ¿Qué es la espectroscopia?
 2. La radiación electromagnética
 3. Modelo ondulatorio
 4. Modelo corpuscular
 5. Naturaleza dual
 6. Métodos basados en la radiación electromagnética
 - 6.1. Métodos espectroscópicos
 - 6.2. Métodos no espectroscópicos
 7. Espectro y espectroscopio
 8. Preguntas
- Conclusiones
- Referencias bibliográficas



1. ¿Qué es la espectroscopia?

Definición de espectroscopia → rama de la ciencia que se dedica al estudio de la interacción de la radiación electromagnética con la materia.

- Existen ciertas **especies** moleculares —también atómicas— que son capaces de **absorber y emitir energía** tras ser iluminadas por diferentes tipos de **radiación electromagnética: UV, Vis, IR, etc.**
- Esta capacidad es explotada con **finés cualitativos y cuantitativos** mediante el uso de **métodos espectroscópicos** → Basados en el **intercambio de energía** producido **entre la radiación electromagnética y la materia.**
- Hoy en día, además de emplear **radiaciones electromagnéticas**, se emplean también **radiaciones no electromagnéticas** como ondas acústicas o electrones.
- Los avances tecnológicos y científicos han contribuido al desarrollo de los métodos espectroscópicos → **Herramientas más importantes y potentes para el análisis cualitativo y cuantitativo** de las sustancias, así como para el estudio de su **estructura.**

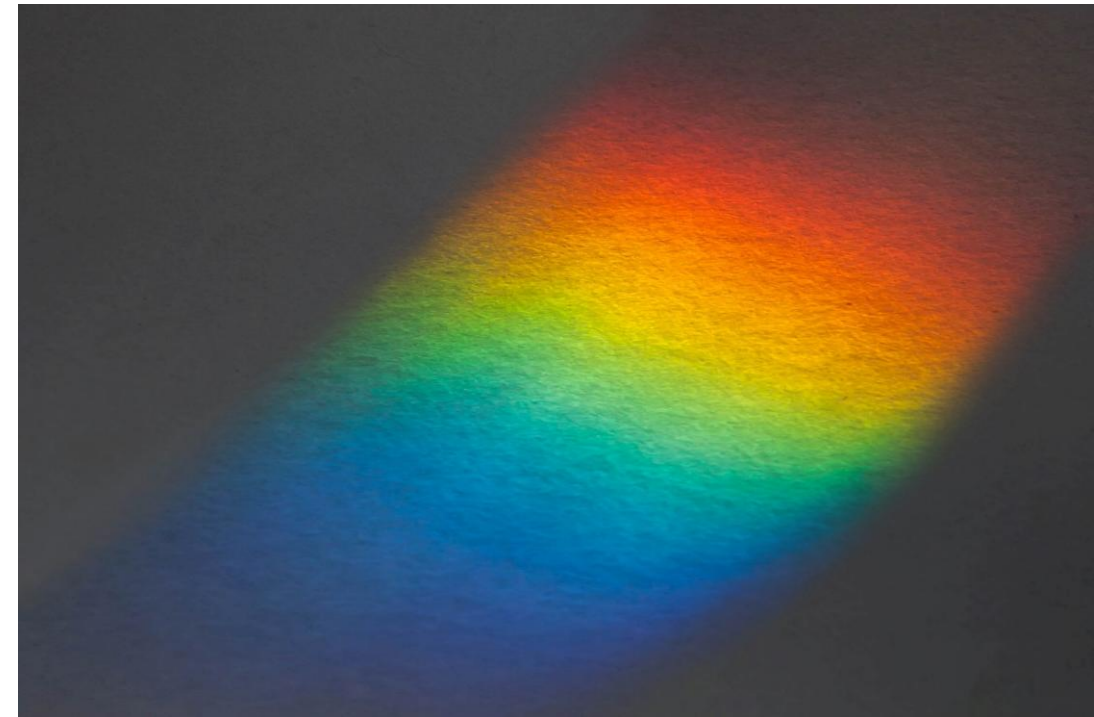


Figura 1. Luz reflejada en un prisma.

2. La radiación electromagnética

¿Qué es la **radiación electromagnética**?

Se trata de una **forma de energía** que se transmite por el espacio a una muy elevada velocidad. Los diferentes tipos de radiación electromagnéticas vienen recogidos en el **espectro electromagnético**.

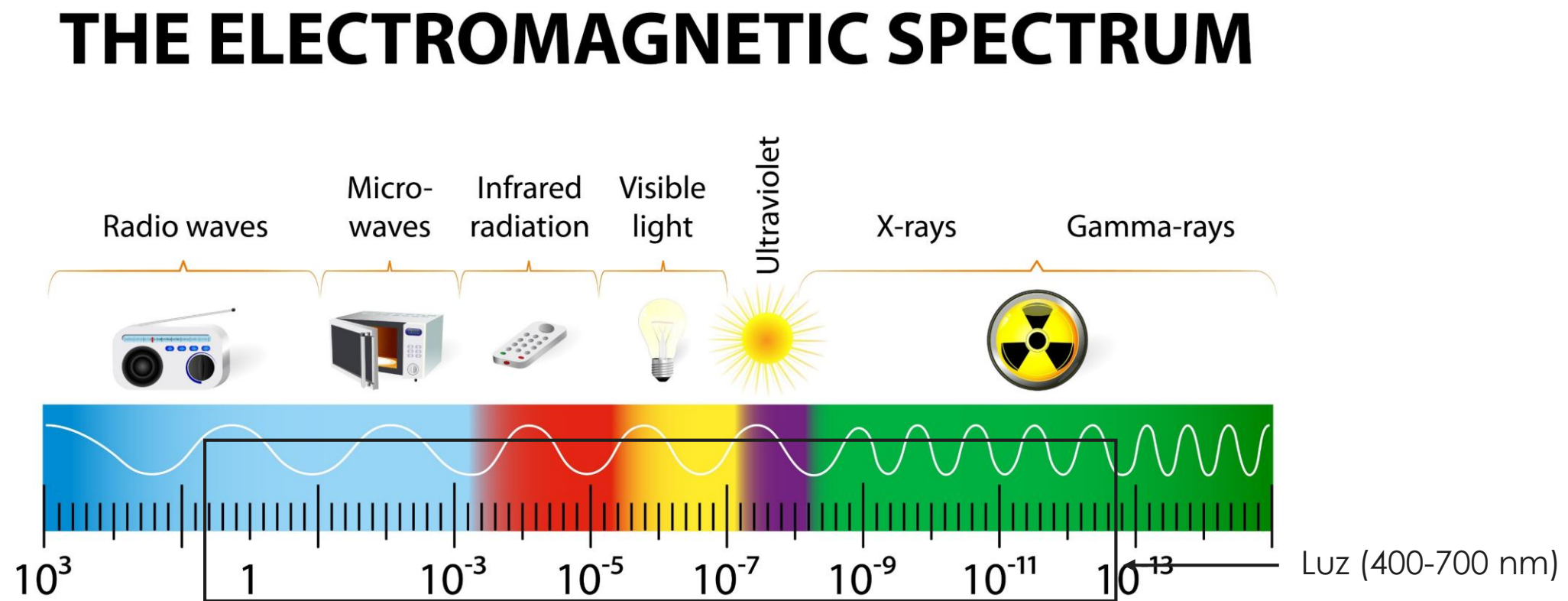


Figura 2. Espectro electromagnético.

2. La radiación electromagnética

Para poder entender las propiedades de **la luz**, su composición y su propagación, es necesario tener en cuenta su **naturaleza dual**.

La **luz** se puede **comportar** como:

- **Onda** → Vendrá descrita por sus características principales: **frecuencia, amplitud y velocidad**.
- **Partícula** → La luz está compuesta por partículas llamadas **cuantos o fotones**.

Ambos comportamientos son **complementarios**.

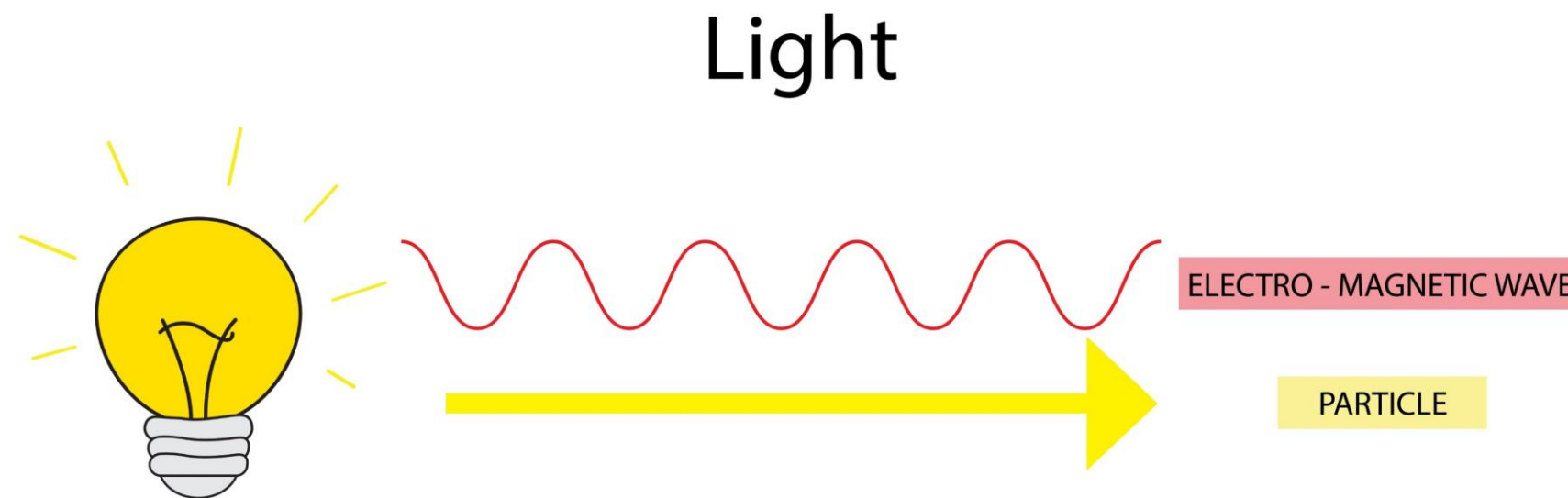


Figura 3. Naturaleza dual de la luz.

3. La onda

¿Cómo describimos una **onda**?

Una onda está compuesta por un **campo eléctrico** ($\vec{E}$) y un **campo magnético** ($\vec{B}$). Estos campos oscilan de manera perpendicular entre sí y se desplazan en la misma dirección de propagación:

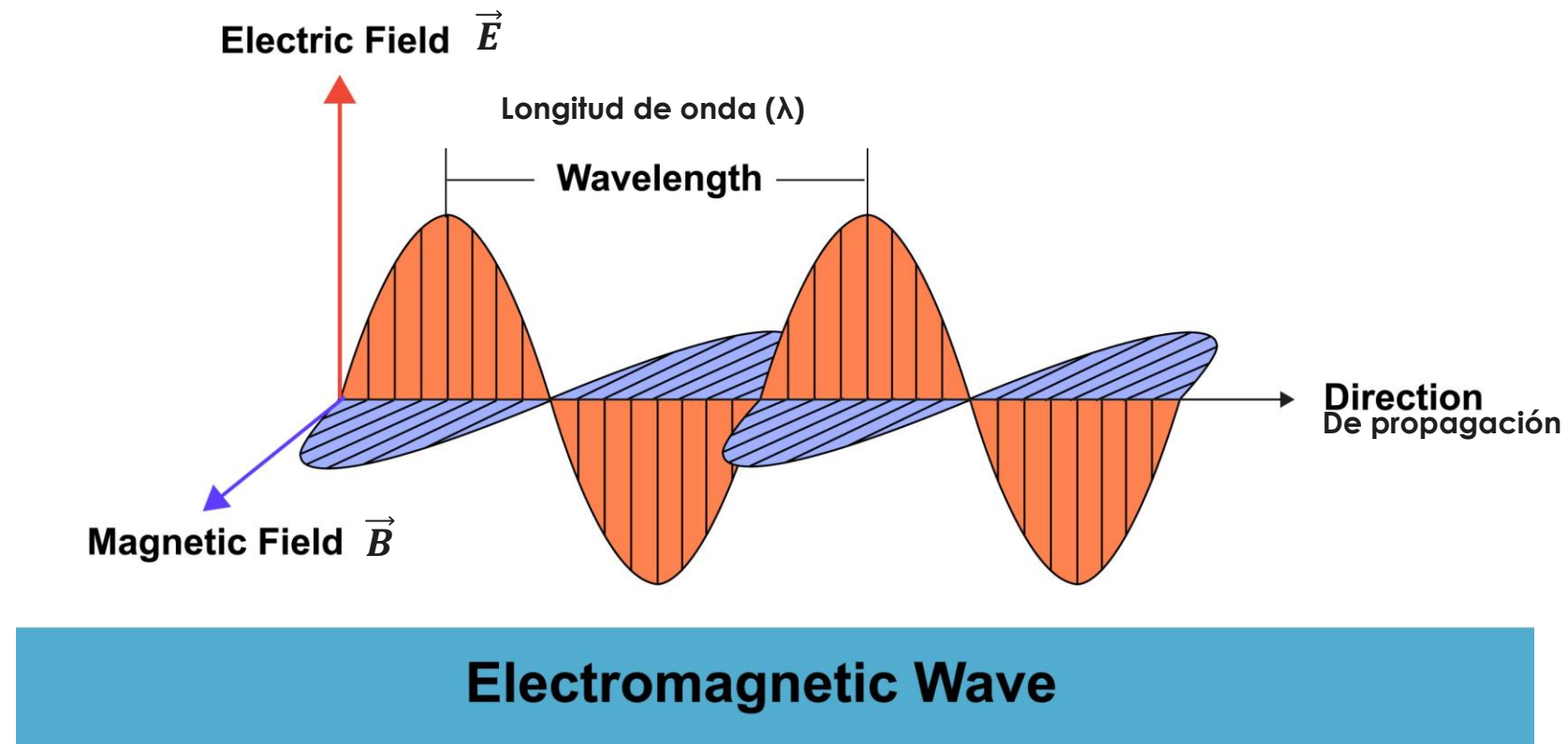
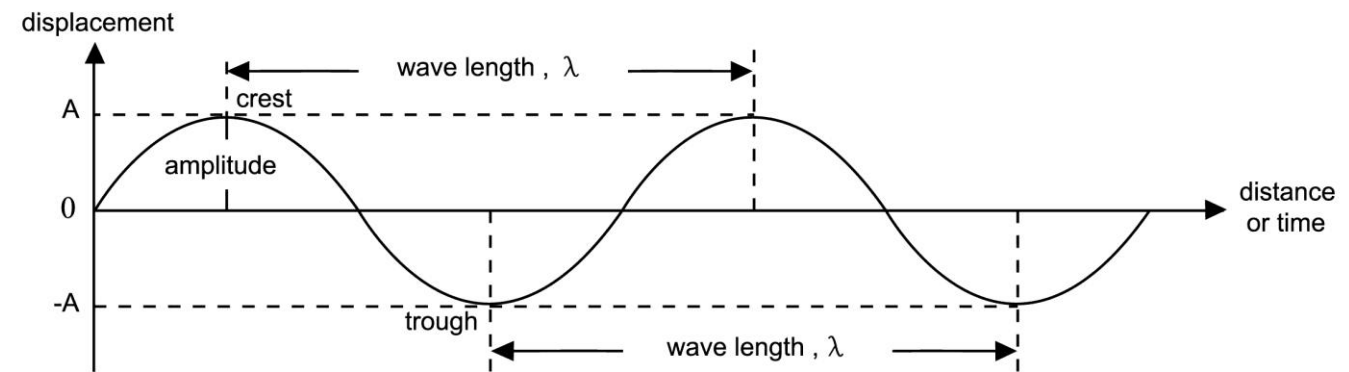


Figura 4. Ilustración de los componentes de una onda.

3. La onda

Toda onda presenta las siguientes **características**:

- **Longitud de onda (λ)** → se refiere a la distancia entre dos puntos sucesivos situados en la misma fase. Por ejemplo: la distancia entre dos valles o dos crestas consecutivos.
- **Frecuencia (ν)** → n.º de ondas por unidad de tiempo. Ud: ciclos/segundo → Hertzio ($\text{Hz} = \text{s}^{-1}$).



parts of a wave

Figura 5. Esquema de una onda y sus partes.

Frequency

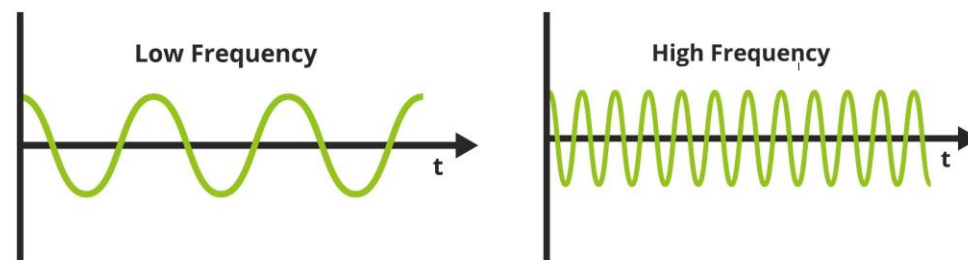


Figura 6. Ilustración de la baja y la alta frecuencia de una onda.

- **Velocidad (c)** → $C = \lambda \cdot \nu$

$c = 300.000 \text{ km/s}$ (en vacío o aire)

4. Modelo corpuscular

Aunque el **modelo ondulatorio** contribuye a darnos información útil acerca del comportamiento de la luz, **no es capaz de explicar algunos fenómenos** como la **absorción y emisión de radiación**.

Consecuentemente, se acude al modelo **corpuscular**:

- Según el modelo corpuscular, la radiación electromagnética está formada por **unidades discretas de energía**, denominadas cuantos o **fotones**.
- La **energía del fotón** será proporcional a la frecuencia de la radiación, según la siguiente **expresión**:

$$E = h \cdot \nu$$

$E \rightarrow$ energía (J)
 $\nu \rightarrow$ frecuencia (s^{-1})
 $h \rightarrow$ constante de Planck ($6.62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

- Este modelo ayuda a explicar fenómenos como la **reflexión de la luz y la propagación rectilínea** de la luz.

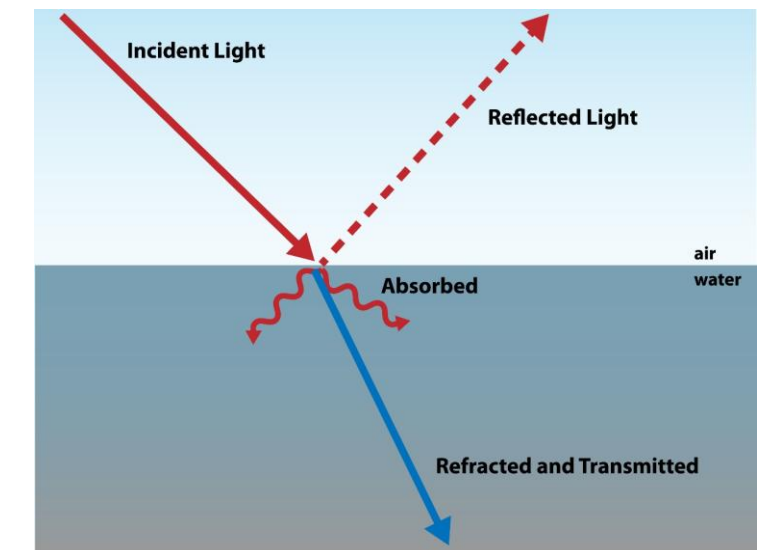


Figura 7. Esquema de la reflexión, absorción y la transmisión de la luz.

5. Naturaleza dual

La teoría para describir la naturaleza de la luz y los fenómenos en los que participa siempre ha sido objeto de intenso debate en el mundo científico. **¿Cómo llegamos a la naturaleza dual (onda-partícula) de la luz?**



1678 - Christian Hyugens propone describir la luz como un fenómeno ondulatorio que se propaga a través del éter.



1704 - Isaac Newton publica su teoría corpuscular. En ella, afirma que la luz está formada por pequeñas partículas que se desplazan en línea recta.

Falla al explicar el fenómeno de la refracción, ya que asume que la luz viaja más rápido en un medio denso que en el vacío.



Figura 8. Isaac Newton.

5. Naturaleza dual

↓

1801 - Thomas Young realiza su famoso experimento, en el que demuestra que la luz es una onda, ya que así explicaba los diagramas de interferencia obtenidos en su experimento. La medición de la velocidad de la luz descarta la teoría corpuscular.



Figura 10. James C. Maxwell.

↓

1864 - James Maxwell demuestra que la luz es una onda electromagnética de alta frecuencia que puede propagarse sola, sin necesidad de que haya éter presente (idea originalmente propuesta por Faraday).

↓

1905 - Albert Einstein explica el efecto fotoeléctrico, demostrando así la naturaleza dual onda-partícula de la luz → Se propaga como una onda e interacciona con la materia como partícula.

Thomas Young - Young Experiment

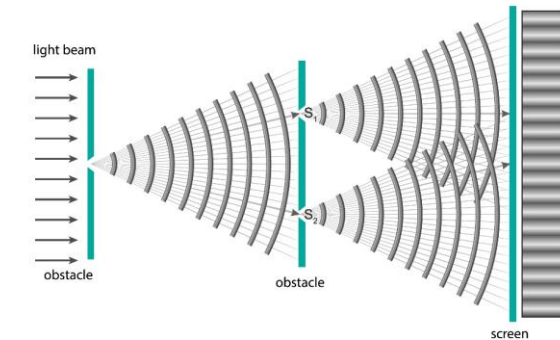


Figura 9. Experimento de Young.

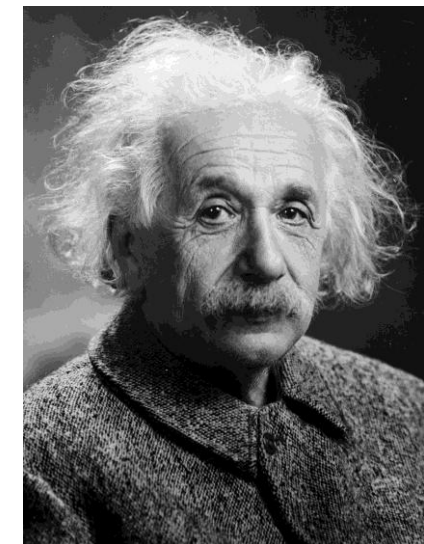


Figura 11. Albert Einstein.

6. Métodos basados en la radiación electromagnética

Podemos aprovechar los efectos de la **interacción de la radiación con la materia** para obtener información sobre muestras de estudio → **Métodos basados en la radiación electromagnética**.

- Dado que hemos visto que la radiación electromagnética presenta **naturaleza dual** —como onda y como partícula— podemos **estudiar la transmisión de la onda y la energía asociada a la partícula**.

- **¿Cómo aprovechamos las propiedades de onda?**

Podemos seguir el **movimiento de la onda**, ver si se refleja, se refracta, cambia de dirección, se **transmite**, hay interferencias, se dispersa o se polariza.

- **¿Cómo aprovechamos las propiedades de partícula?**

Podemos determinar la energía de interacción con la materia.

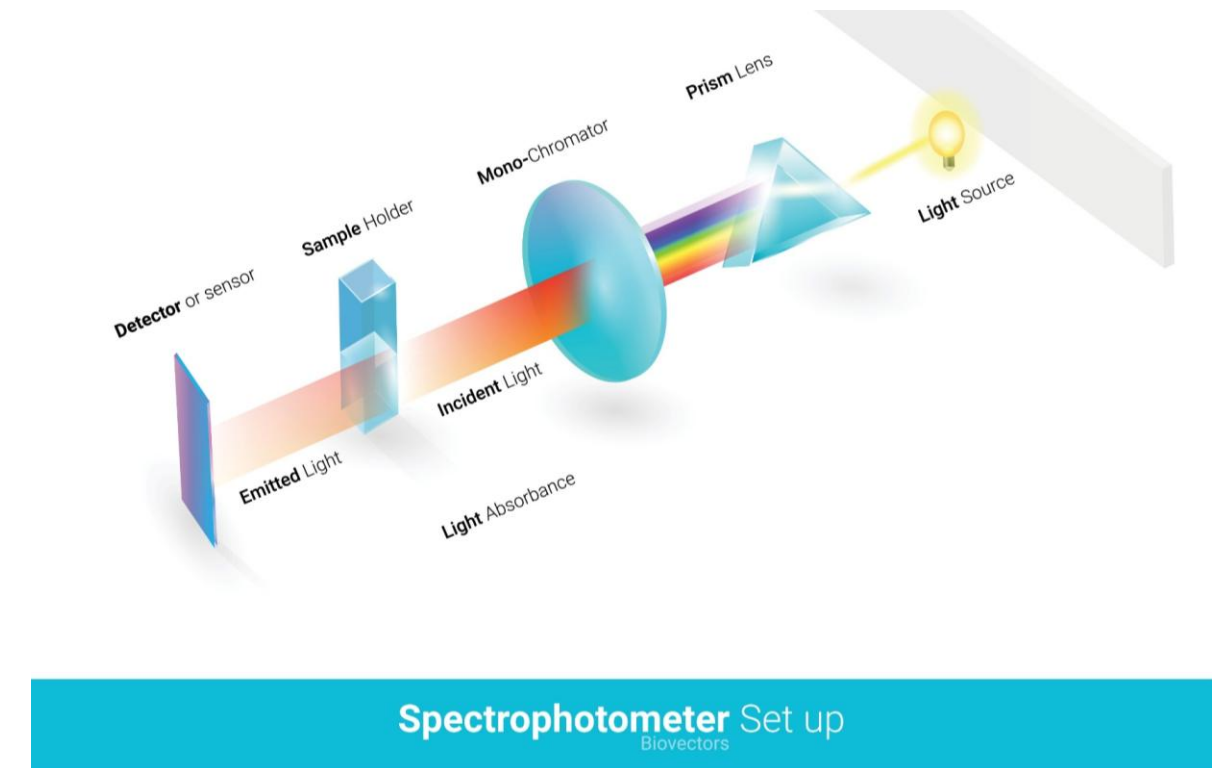


Figura 12. Set-up espectrofotómetro.

6. Métodos basados en la radiación electromagnética

6.1. Métodos espectroscópicos

Son aquellos métodos que **obtienen información** estudiando el intercambio energético entre la radiación electromagnética y la materia - **propiedades de partícula**.

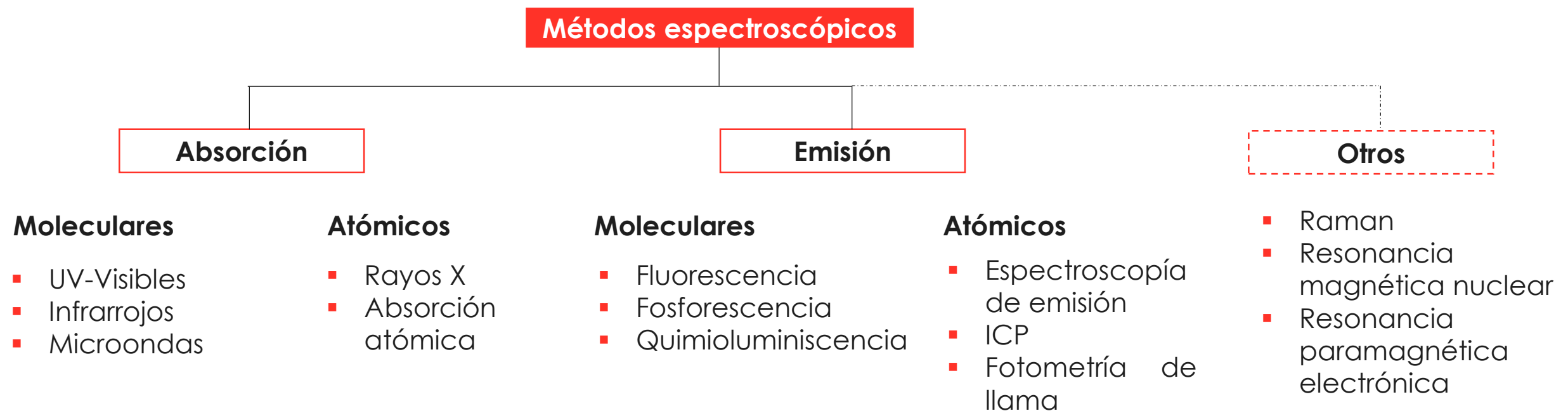


Figura 13. Métodos espectroscópicos. Fuente: Elaboración propia.

6. Métodos basados en la radiación electromagnética

6.2. Métodos no espectroscópicos

Son aquellos métodos que **obtienen información** estudiando cambios de dirección de propagación o propiedades físicas (dispersión/refracción) de la radiación electromagnética - **propiedades de onda**.

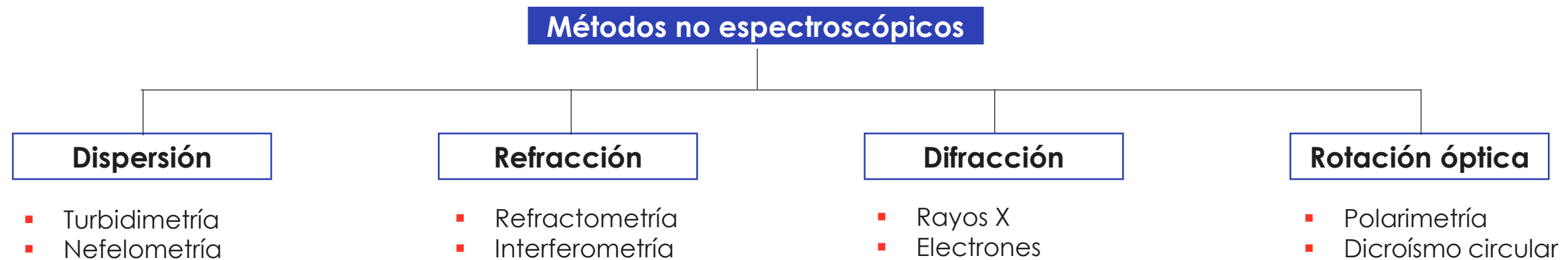


Figura 14. Nefelómetro.

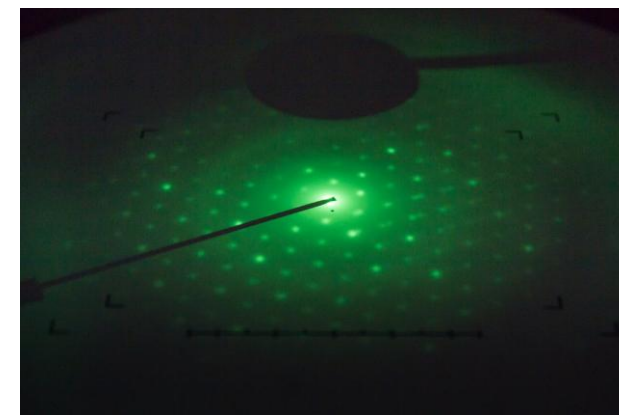


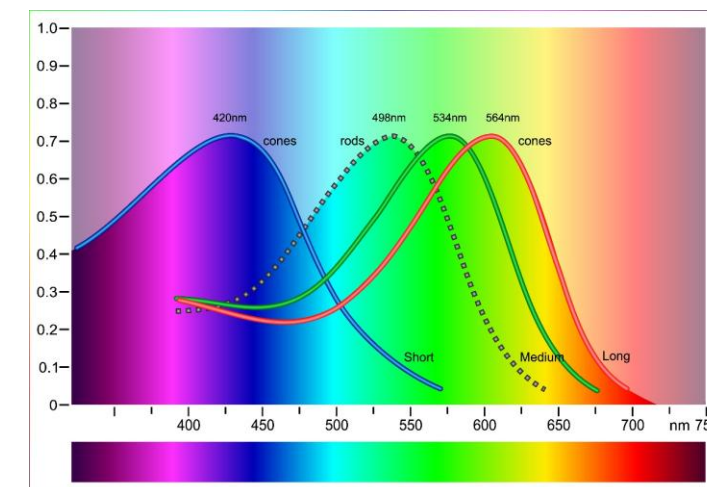
Figura 15. Difracción de electrones.

5. Espectro y espectroscopio

Como hemos mencionado previamente, los **métodos espectroscópicos** se basan en medir el **intercambio de energía de la radiación electromagnética y nuestra muestra** problema, para obtener información sobre la cantidad/concentración del analito estudiado.

Para aplicar un **método espectroscópico** necesitamos dos elementos fundamentales: **espectro y espectroscopio**.

- **Espectro** → Se trata de la **representación gráfica** de los datos obtenidos: intensidad de señal (absorción/emisión) vs. longitud de onda (λ) de la radiación. Vamos a estudiar dos tipos de espectro:
 - **De líneas** → las señales son originadas por átomos.
 - **De bandas** → las señales son originadas por moléculas.



5. Espectro y espectroscopio

- **Espectroscopio** → Utilizamos el espectroscopio para **obtener un espectro** de la región de radiación electromagnética que queramos. Veremos **dos tipos** de espectroscopio:

- **Espectrómetro** → Se emplea solo en análisis cualitativos. Da información sobre la longitud de onda (λ) o la frecuencia (ν) de la radiación absorbida/emitida. Ejemplo: espectrómetro de masas.

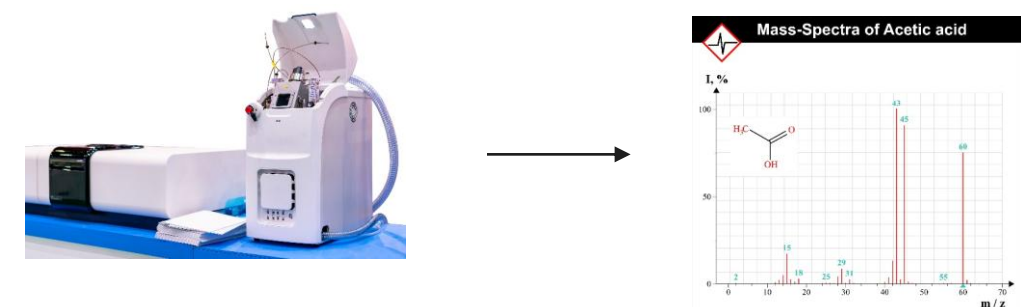


Figura 18. Espectrómetro de masas y espectro de masas.

- **Espectrofotómetro** → Se emplea en análisis cualitativos y cuantitativos. Da información sobre la longitud de onda (λ), la frecuencia (ν) y la intensidad de la radiación. Ejemplo: espectrofotómetro de absorción UV-Vis.

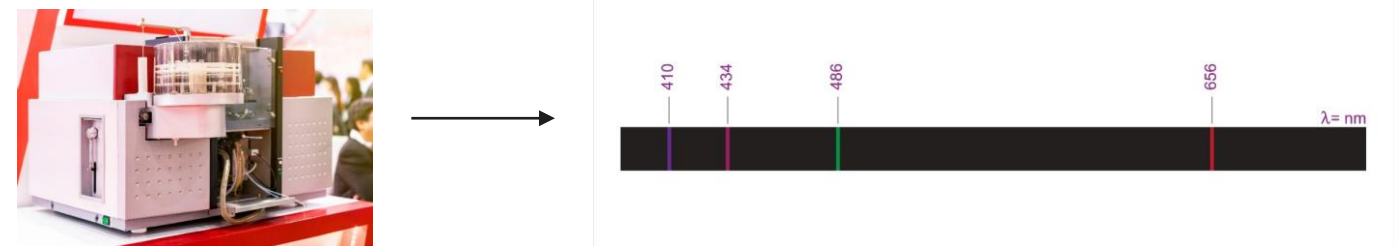


Figura 19. Espectrofotómetro de absorción atómica y espectro de absorción atómico.

6. Preguntas

1. El espectro electromagnético está formado por diversas ondas como ondas de radio, UV, luz visible, rayos gamma, infrarrojos o rayos X. Ordena estos tipos de ondas de menor a mayor frecuencia y pon un ejemplo de aplicación de cada uno.
2. Una onda está compuesta por un campo eléctrico y otro campo magnético perpendiculares entre sí. Haz un dibujo de una onda de 2D y explica las partes de la onda.
3. Hemos visto la ecuación de la energía de una onda en función de la frecuencia. Expresa la energía de la onda en función de la longitud de onda λ e indica cómo has relacionado ambas magnitudes.



6. Preguntas

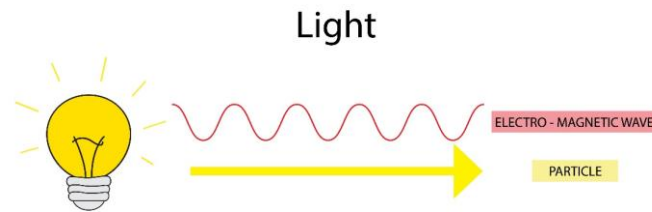
1. Tanto el experimento de Young como el experimento del efecto fotoeléctrico fueron momentos importantes a lo largo de la historia de debates sobre la naturaleza de la luz. ¿A qué avances contribuyen estos experimentos?
2. Indica las principales diferencias entre métodos espectroscópicos y no espectroscópicos.
3. Define espectro y espectroscopio. ¿Por qué hay espectros que solo tienen líneas? ¿Qué espectroscopio me permite realizar análisis cuantitativos?



Conclusiones

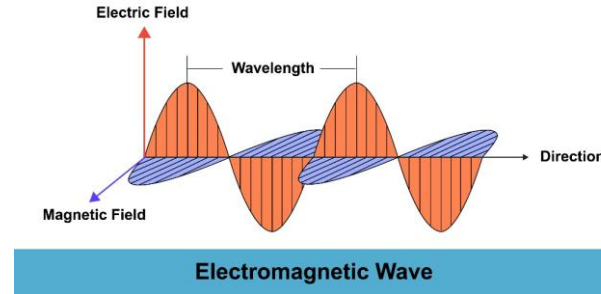
Radiación electromagnética:

Naturaleza dual onda-partícula.



Modelo de onda:

- E vs. B; λ , ν y c.
→ →



3

Modelo corpuscular

- Uds. discretas de energía: fotones.

$$E = h \cdot \nu$$

E → energía (J)

ν → frecuencia (s^{-1})

h → constante de Planck ($6.62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

Métodos espectroscópicos:

- Absorción: molecular y atómica
- Emisión: molecular y atómica
- Otros

4

Métodos no espectroscópicos:

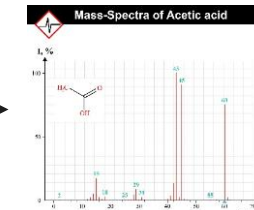
- Dispersión
- Refracción
- Difracción
- Rotación óptica

5

Espectro y espectroscopio:

Espectroscopio

Espectro



6

Referencias bibliográficas

Skoog, D. A., Holler, F. J. y Crouch, S. R. (2008). *Principios de análisis instrumental* (6.ª edición). Ed. Mc Graw Hill: ISBN: 978-6074813906.





**Universidad
Europea**

© Todos los derechos de propiedad intelectual de esta obra pertenecen en exclusiva a la Universidad Europea de Madrid, S.A.U. Queda terminantemente prohibida la reproducción, puesta a disposición del público y en general cualquier otra forma de explotación de toda o parte de la misma.

La utilización no autorizada de esta obra, así como los perjuicios ocasionados en los derechos de propiedad intelectual e industrial de la Universidad Europea de Madrid, S.A.U., darán lugar al ejercicio de las acciones que legalmente le correspondan y, en su caso, a las responsabilidades que de dicho ejercicio se deriven.

Ve más allá