

Dualidad onda-partícula de la luz y la materia

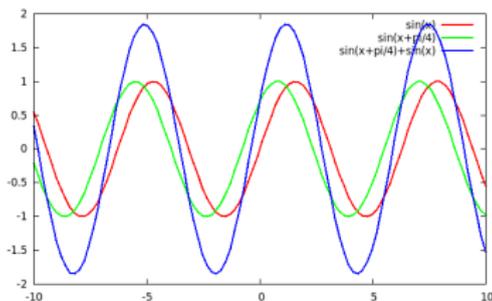
Hipótesis de De Broglie

- 1 En muchos experimentos la luz muestra un carácter de onda definido, pero en muchos otros la luz parece comportarse como una corriente de fotones. La dispersión de la luz blanca en su espectro por un prisma es un ejemplo del primer tipo de experimento, y el efecto fotoeléctrico es un ejemplo del segundo. Debido a que la luz aparece como una onda en algunos casos y como partículas en otros esta disparidad se conoce como la dualidad onda-partícula de la luz.
- 2 Louis de Broglie, razonó que si la luz puede mostrar esta dualidad onda-partícula, la materia, que ciertamente se comporta como partícula, también podía mostrarse en forma de onda bajo ciertas condiciones. Esta propuesta sugiere una simetría agradable en la naturaleza.
- 3 Einstein demostró que la longitud de onda y el momento lineal de un fotón están relacionados: $\lambda = \frac{h}{p}$
- 4 La principal Hipótesis de De Broglie es que tanto la luz como la materia obedecen esta ecuación. Como el momento lineal de una partícula es mv , esta ecuación predice que una partícula de masa m con una velocidad v tendrá una longitud de onda $\lambda = \frac{h}{mv}$

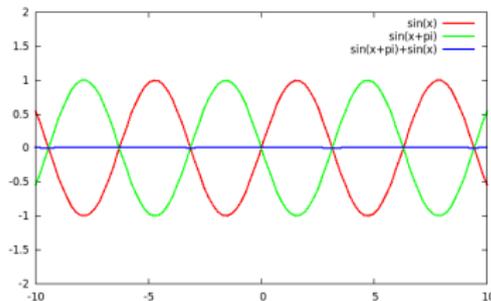
Partícula	m (Kg)	v ($m \cdot s^{-1}$)	λ (μm)
electrón acelerado por 100V	$9.11 \cdot 10^{-31}$	$5.9 \cdot 10^6$	120
electrón acelerado por 10000V	$9.39 \cdot 10^{-31}$	$5.9 \cdot 10^7$	12
partícula α	$6.68 \cdot 10^{-27}$	$1.5 \cdot 10^7$	$6.6 \cdot 10^{-3}$
bala de rifle (cal. 22mm)	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$3.2 \cdot 10^2$	$1.1 \cdot 10^{-21}$
pelota de golf	0.045	30	$4.9 \cdot 10^{-22}$

Dualidad onda-partícula de la luz y la materia

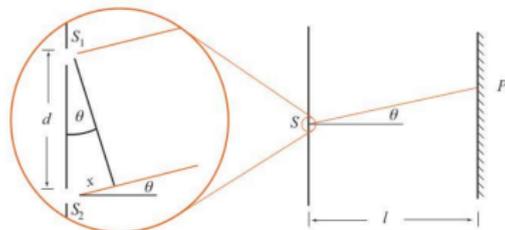
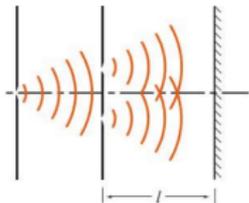
Fenómenos de interferencia



Interferencia constructiva



Interferencia destructiva

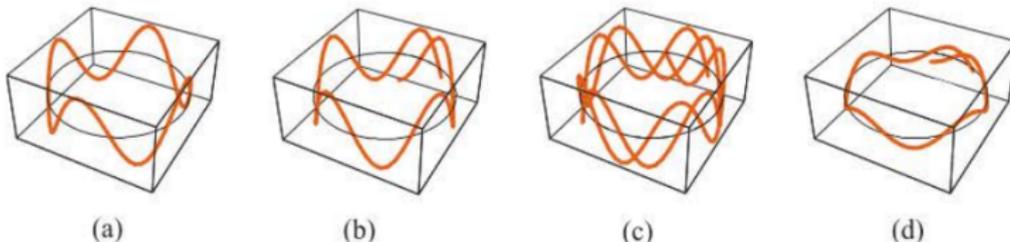


- La luz que alcanza un punto P de la pantalla, que está muy lejos ($l \gg d$), viene de dos caminos diferentes S_1P y S_2P según la rendija de donde procede.
- La diferencia en la distancia recorrida por las dos ondas de luz es $x = S_2P - S_1P$ o $x = d \cdot \cos(90 - \theta) = d \cdot \text{sen}\theta$
- Si la diferencia es igual a un número entero de longitudes de onda, la interferencia será constructiva y se verá con mayor intensidad en la pantalla, $d \cdot \text{sen}\theta = n \cdot \lambda$

Dualidad onda-partícula de la luz y la materia

Consecuencias I

Hipótesis de Bohr sobre la cuantización del momento angular



- Como puede verse en la figura para que una órbita de un electrón en un átomo sea estable, es necesario que se cumpla: $2\pi r = n\lambda$
- Sustituyendo en la ecuación anterior λ por la expresión de De Broglie se obtiene:

$$2\pi r = n \frac{h}{mv}$$

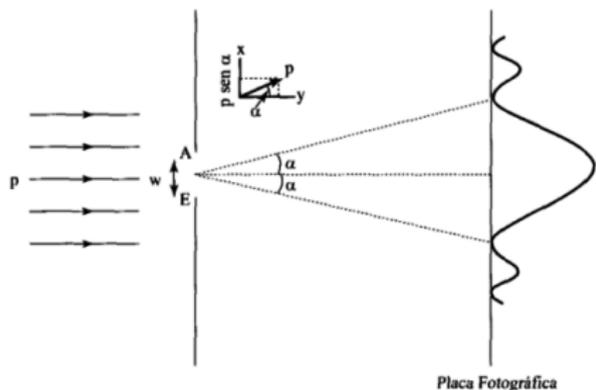
$$mvr = n \frac{h}{2\pi}$$

$$\ell = n\hbar$$

Dualidad onda-partícula de la luz y la materia

Consecuencias II

Principio de incertidumbre de Heisenberg



La dualidad onda-corpúsculo de la materia y la radiación tienen como consecuencia una limitación de la información que puede obtenerse de un sistema.

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

- La condición para el primer mínimo de difracción es la interferencia destructiva de forma que: $\overline{EP} - \overline{AP} = \frac{1}{2}\lambda$ siendo P el punto del primer mínimo de difracción
- Este mínimo aparece cuando las distancias recorridas de las partículas que atraviesan la rendija por el centro y por un extremo es media longitud de onda. Luego:
 $\Delta x \cdot \Delta p_x = w \cdot p \sin \alpha = p \lambda = h$
- Es decir, el producto de las incertidumbres en x y p_x es del orden de la constante de Planck
- otra formulación alternativa del principio de incertidumbre está relacionada con el tiempo y energía