

la hipótesis de Louis de Broglie

Relatividad $\Rightarrow E = pc$ (luz)

Planck $\cdot E = h\nu$

$$pc = h\nu \Rightarrow p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

$$\therefore \boxed{p = \frac{h}{\lambda}} \quad \text{para la luz}$$

1924: Broglie $\rightarrow p = \frac{h}{\lambda}$ válida también para partículas de materia.

$$\Rightarrow \boxed{\lambda = \frac{h}{p}}$$

1925: Davisson & Germer descubren efectos de difracción de electrones, cuando e^- de 40 (ev) inciden sobre un monocristal de níquel.

1937: Stein & Frisch obs. difracción de átomos de He sobre cristales de fluoruro de Litio.

Más sobre de Broglie

Luz: $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$
 $E = pc$

$$\Rightarrow pc = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \boxed{\lambda = \frac{h}{p}}$$

matéria: por ex, $\lambda = \frac{hc}{E}$ que é igual a $\frac{h}{p}$ só
para a luz.

$\downarrow$
 $mc^2 = h\nu \leftarrow \text{internal frequency of "algo"}$

"deslocamento" proc. a esta "vibração" é

$$\psi = A \sin(2\pi\nu t)$$

Em outro sist. coord. donde a partícula se move a
veloc. v :

$$t = \frac{t' - x'v/c^2}{(1 - (v/c)^2)^{1/2}}$$

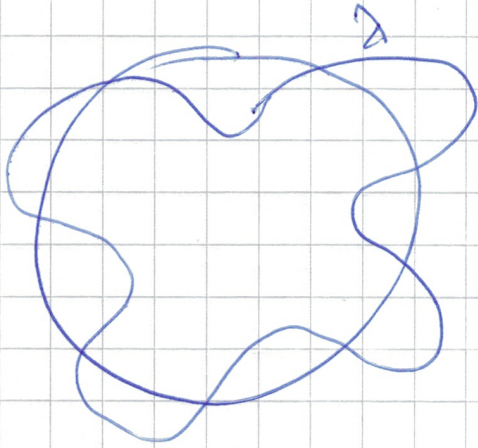
$$\psi = A \sin\left(2\pi\nu\left(\frac{t' - x'v/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}\right)\right)$$

pero queremos $\psi = A \sin\left[2\pi\left(\frac{t'}{T} - \frac{x'}{\lambda}\right)\right]$ $\leftarrow$ onde sinusoidal
viaja

$$\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi\nu v/c^2}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}, \text{ pero } \nu = mc^2/h$$

$$\Rightarrow \frac{h}{\lambda} = \frac{mv}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} = p \Rightarrow \boxed{\lambda = \frac{h}{p}} \text{ es consistente con la relatividad}$$

El Atomo de H segun De Broglie



Interferencia constructiva:

$$2\pi R = n\lambda \quad , \quad \text{con } \lambda = h/p$$

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{eZe}{R^2} \Rightarrow (mv)^2 = \frac{Ze^2m}{R} \quad (1)$$

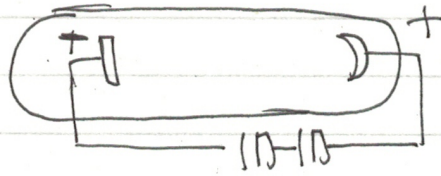
$$\text{de } 2\pi R = n\lambda = \frac{nh}{p} = \frac{nh}{mv} \Rightarrow R = \frac{n\hbar}{mv} \quad (2)$$

$$\Rightarrow R^2 = \frac{n^2\hbar^2}{(mv)^2} = \frac{n^2\hbar^2}{mZe^2} R \Rightarrow R = \frac{n^2\hbar^2}{mZe^2} \quad (3)$$

$$\text{Por otro lado, } E = -\frac{Ze^2}{2R} \Rightarrow E_n = -\frac{mZe^4}{2\hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad (4)$$

onda estacionaria se auto-interfiere constructivamente

Rayos X : Descubiertos por W.K. Röntgen en 1895



- (a) los rayos X se producen cuando los rayos catódicos chocan contra una superficie sólida
- (b) los rayos X no son deflectados por campos $\vec{B}$.
- (c) El paso de rayos X a través de un gas, incrementa la conductividad eléctrica del gas.
- (d) las emulsiones fotográficas son sensibles a los rayos
- (e) los rayos no son refractados apreciablemente por un poco a través de la materia.

Aplicación [inspección] : Fotografía de los huesos del cuerpo humano

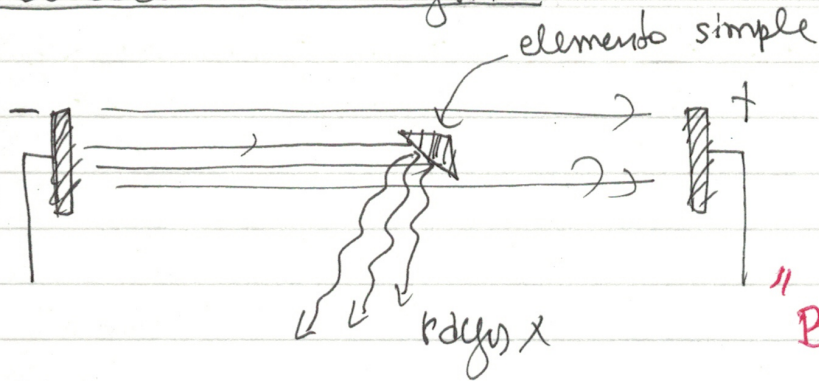
Ver base = rayos X son difractados por cristales

→ **caracter ondulatorio**

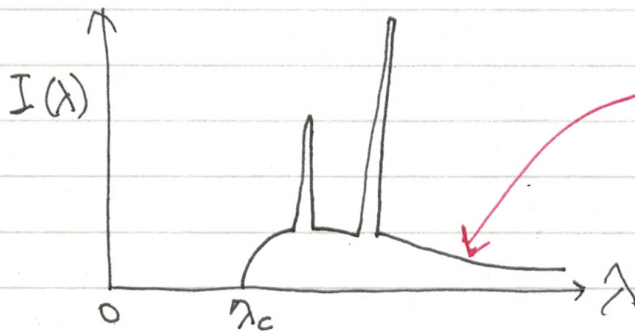


Figura 3. Radiografía de la mano de Anna Roentgen.

Producción de rayos X:



Espectro:



BREMSSTRAHLUNG

Espectro continuo (radiación de frenado)

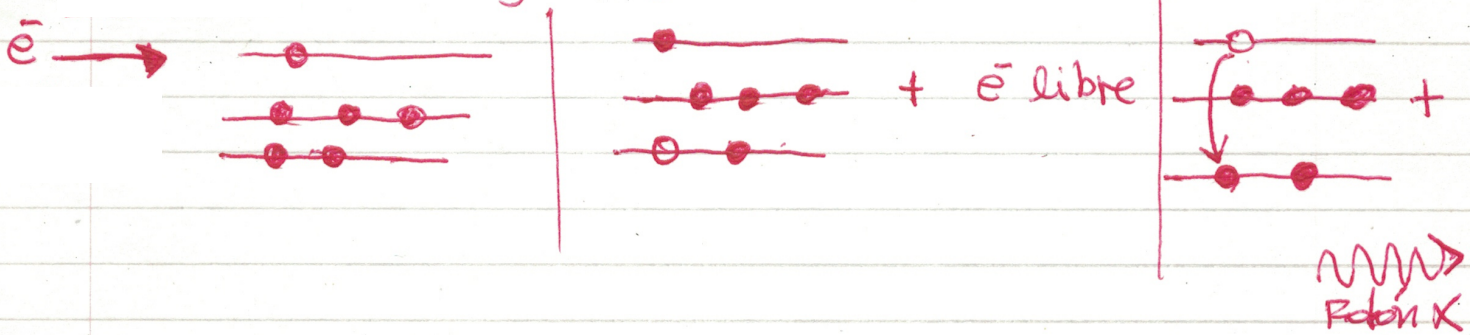
aspecto clásico del fenómeno

Max. energía fotón: $E_{\max} = h\nu_c = \frac{hc}{\lambda_c} = eV$

$$\Rightarrow \lambda_c = \frac{hc}{eV}$$

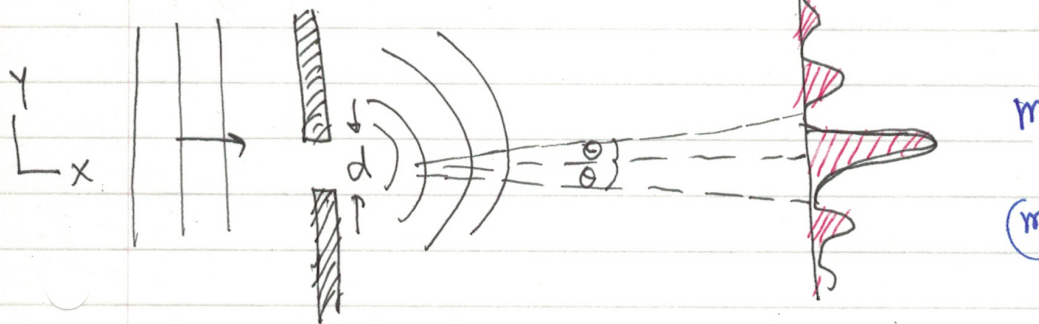
para $V = 12.400 \text{ [V]} \Rightarrow \lambda_c \approx 1 \text{ \AA}$

modelo cuantico (Moseley, 1913) (usando teor. de Bohr)



Principio de incertidumbre

Ej: fotón con momento p incidido sobre rendija de diámetro d .



se cumple:

$$m \frac{\lambda}{d} = \sin \theta_m (+)$$

$$(m + \frac{1}{2}) \frac{\lambda}{d} = \sin \theta_m (-)$$

Fotón cruza rendija $\Rightarrow$ medición coord y del fotón, con error $\Delta y = d/2$

Antes de cruzar $P_y = 0$; después adquiere $\Delta P_y \approx p \sin \theta$

$$\Rightarrow \Delta y \Delta P_y \approx \frac{d}{2} \cdot p \sin \theta = \frac{d h \sin \theta}{2 \lambda} = \frac{h}{2} \quad (2)$$

Ej2: e^- localizada en una zona de dimensiones atómicas $\Delta x \sim a_0 = 0.5 \text{ \AA}$

$$\Delta v = \frac{\Delta p}{m_e} = \mathcal{O} \left(\frac{h}{m_e \Delta x} \right) = \frac{1.054 \times 10^{-27}}{9.1 \times 10^{-28} \times 0.5 \times 10^{-8}} = 2000 \text{ [km/s]}$$

del orden de la veloc. promedio de un e^- atómico

Protón localizado en una zona de dim. atómicas = $\Delta v_p = \mathcal{O} \left(\frac{1}{2000} \Delta v_e \right) = 1 \text{ [km/s]}$

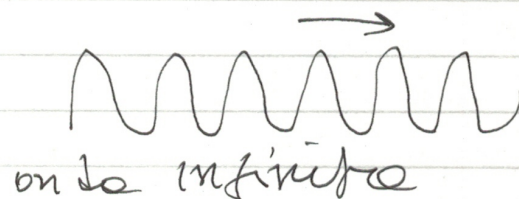
e^- loc. en zona de dim. nucleares. $\Delta x \sim 10^{-12} \text{ cm}$

de De Broglie, para el partícula con momento bien def. p , $\lambda = \frac{h}{p}$

$$\psi = A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{2\pi}{T}t\right) = A \sin(kx - \omega t)$$

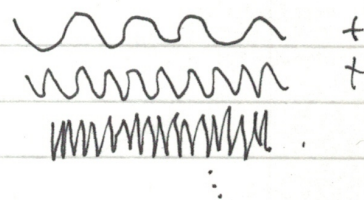
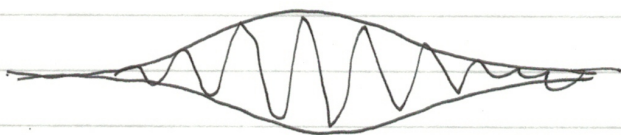
$$E = \hbar\omega = \frac{h}{2\pi}\omega = \hbar\nu \quad \omega = \frac{E2\pi}{h}$$

$$\psi(x,t) = A \sin\left[\frac{p}{\hbar}x - \frac{E}{\hbar}t\right]$$



claro / no representa una partícula "razonable"

→ necesitamos ondas más localizadas.



→ se necesitan superponer un # de ondas planas ∞ , cubriendo diferentes p .

si el "tamaño" espacial del pulso es Δx , el orden de p s necesarios será Δp , donde

$$\Delta x \Delta p \gg \text{cte.}$$

$$\hbar/2$$

de la teoría general
de Fourier