

# El Efecto Fotoeléctrico

## Ingeniería en Nanotecnología

[ruben.velazquez@uteq.edu.mx]

Universidad Tecnológica de Querétaro

Mayo - Agosto 2025

# El Enigma Cuántico



## Pregunta Inicial

Esta imagen se tomó con un **haz de electrones**, no de luz. ¿Qué propiedad de los electrones permite obtener imágenes con un nivel de detalle que la luz visible no puede alcanzar?

*Nota para el presentador: Hipótesis de De Broglie (p. 1350) y longitud de onda.*

# La Necesidad de una Nueva Física

## Más allá del modelo de Bohr

- ▶ El modelo de Bohr fue un gran avance, pero era inconsistente: mezclaba ideas clásicas y cuánticas.
- ▶ No podía explicar átomos más complejos que el hidrógeno.
- ▶ Como dice el texto: "*Se necesitaban desviaciones más drásticas respecto de los conceptos clásicos.*" (p. 1349)

# La Necesidad de una Nueva Física

## Más allá del modelo de Bohr

- ▶ El modelo de Bohr fue un gran avance, pero era inconsistente: mezclaba ideas clásicas y cuánticas.
- ▶ No podía explicar átomos más complejos que el hidrógeno.
- ▶ Como dice el texto: "*Se necesitaban desviaciones más drásticas respecto de los conceptos clásicos.*" (p. 1349)

La solución es la **Mecánica Cuántica**, una teoría que describe la materia no como partículas puntuales, sino como **ondas**.

# Recordando las Ondas Clásicas (Parte 1)

Antes de lo cuántico, recordemos lo clásico

Pensemos en una onda simple que todos conocemos: **una onda en una cuerda de guitarra.**

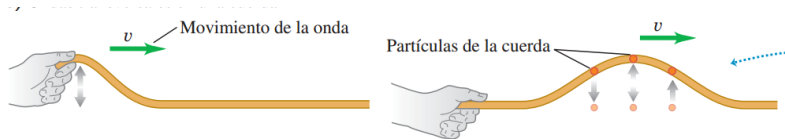


Figura: Onda en una cuerda

**Pregunta:** ¿Cómo describimos matemáticamente esta onda?

# Recordando las Ondas Clásicas (Parte 2)

## La Función de Onda Clásica

Usamos una **función de onda clásica** para describir el desplazamiento  $y$  de cada punto  $x$  de la cuerda en cualquier instante  $t$ :

$$y(x, t)$$

¿Qué información contiene  $y(x, t)$ ?

- ▶ La **forma** de la onda en el espacio.
- ▶ La **amplitud** (relacionada con la energía de la onda).
- ▶ La **velocidad** de cualquier punto de la cuerda.
- ▶ ¡Contiene **TODA la información** sobre el estado de la cuerda!

Esta idea de una función que describe completamente un sistema es clave.

# Analogía Visual: De lo Clásico a lo Cuántico

## Construyendo un Puente Conceptual

### Mundo Clásico (Cuerda)

**Objeto:** Partícula (ej. electrón)

**Descripción:** Desplazamiento  $y$

**Función:**  $y(x, t)$

**Propósito:** Describe la forma y movimiento de la cuerda.

### Mundo Cuántico (Electrón)

**Objeto:** Cuerda vibrante

**Descripción:** ???

**Función:**  $\Psi(x, y, z, t)$

**Propósito:** Describe el **estado cuántico** de la partícula.

Vamos a usar la misma idea de una "función de onda" para describir el electrón, pero su significado será diferente y más profundo.



# ¿Qué es la Función de Onda ( $\Psi$ )?

## El lenguaje de las ondas cuánticas

Así como una onda en una cuerda se describe por  $y(x, t)$ , una partícula en mecánica cuántica se describe por su **Función de Onda**:

$$\Psi(x, y, z, t)$$

- ▶ Es una función matemática que **contiene toda la información posible** sobre la partícula.
- ▶ **¡CUIDADO!** No es una onda física en un medio material. Es una **onda de probabilidad** (p. 1362).

# Un Caso Especial: Estados Estacionarios

## Simplificando el problema

Un **estado estacionario** es un estado donde la partícula tiene una **energía definida y constante** ( $E$ ). En este caso, la función de onda se puede separar:

$$\Psi(x, y, z, t) = \psi(x, y, z) \cdot e^{-iEt/\hbar}$$

(Ecuación 39.14, p. 1363)

- ▶  $\psi(x, y, z)$ : Parte espacial (independiente del tiempo).
- ▶  $e^{-iEt/\hbar}$ : Parte temporal (oscilatoria).

Nos enfocaremos en la parte espacial,  $\psi(x)$ , que describe la "forma" de la onda.

# La Gran Pregunta...

Si  $\Psi$  es un número complejo, ¿qué significa físicamente?

- ▶ No podemos medir  $\Psi$  directamente.
- ▶ ¿Cómo conectamos esta función matemática abstracta con los experimentos y el mundo real?



# La Interpretación de Born: Probabilidad

El significado físico no está en  $\Psi$ , sino en el **cuadrado de su valor absoluto**:

$$|\Psi|^2$$

- ▶  $|\Psi|^2$  se conoce como la **densidad de probabilidad**.
- ▶  $|\Psi|^2 dV$  es la **probabilidad** de encontrar la partícula en un pequeño volumen  $dV$ .

**En resumen: Donde  $|\Psi|^2$  es grande, es muy probable encontrar la partícula.**

*Sugerencia: Dibujar en pizarra  $\psi(x)$  vs  $|\psi(x)|^2$ .*