

Evolución de una función de Wigner de un amplificador paramétrico

TESIS PROFESIONAL

Carlos Eduardo González Anguiano

Departamento de Física ESFM-IPN

1 de junio de 2024

Índice

- 1 *Introducción*
- 2 *Cuantización campo EM*
- 3 *Compresión y desplazamiento*
- 4 *Función de Wigner*
- 5 *Amplificador paramétrico*

Índice

- 1 *Introducción*
- 2 *Cuantización campo EM*
- 3 *Compresión y desplazamiento*
- 4 *Función de Wigner*
- 5 *Amplificador paramétrico*

Índice

- 1 *Introducción*
- 2 *Cuantización campo EM*
- 3 *Compresión y desplazamiento*
- 4 *Función de Wigner*
- 5 *Amplificador paramétrico*

Índice

- 1 *Introducción*
- 2 *Cuantización campo EM*
- 3 *Compresión y desplazamiento*
- 4 *Función de Wigner*
- 5 *Amplificador paramétrico*

Índice

- 1 *Introducción*
- 2 *Cuantización campo EM*
- 3 *Compresión y desplazamiento*
- 4 *Función de Wigner*
- 5 *Amplificador paramétrico*

Introducción: Mecánica Cuántica (MC)

Max Planck y la catástrofe ultravioleta

Densidad espectral de energía: Energía por unidad de volumen de ondas electromagnéticas de frecuencia ν .

$$u(T) = \int_0^{\infty} \rho(\nu, T) d\nu. \quad (1)$$

La densidad de *cuerpo negro* dado por termodinámica clásica difiere de datos experimentales. Planck propone estados de energía de osciladores discretos

$$E_n = nh\nu. \quad (2)$$

La cuantización lleva a la *distribución de Planck*

$$\rho(\nu, T) = \frac{\hbar\nu^3}{\pi^2 c^3} \frac{1}{e^{\hbar\nu/kT} - 1}. \quad (3)$$

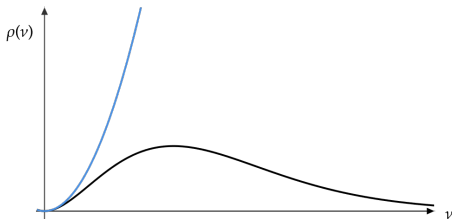


Figura 1: Distribución de Planck (negro) y distribución de Rayleigh-Jeans (azul)

Describe el efecto de la luz incidente sobre un metal, y como este emite electrones.

- Sugiere que la luz puede estar dados por paquetes de energía, llamados después *fotones*. Con ello resuelve dificultades teóricas del experimento. La energía tiene que ser mayor que la función de trabajo W para liberarlo, es decir $\hbar\nu \geq W$.

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ 🔍 ↺



◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡ ≡ ↺ 🔍 ↻

Experimento de Stern-Gerlach

Muestra de manera didáctica las características de los sistemas de dos estados y la MC.

- Usando el esquema experimental (Fig. 3) se lanza un rayo de átomos de plata a través de un campo magnético no homogéneo
- El átomo de plata tiene 57 electrones, y el electrón en el nivel $5s$ no tiene contraparte simétrica, por lo que su espín contribuye y es proporcional al momento angular intrínseco
- Clásica: Predice una distribución Gaussiana para la posición de colisiones en la pantalla.
- Cuántica: Se forman dos conjuntos de puntos correspondientes a espín arriba y abajo exclusivamente, denotados como S_z^+ y S_z^- respectivamente.

Experimento de Stern-Gerlach

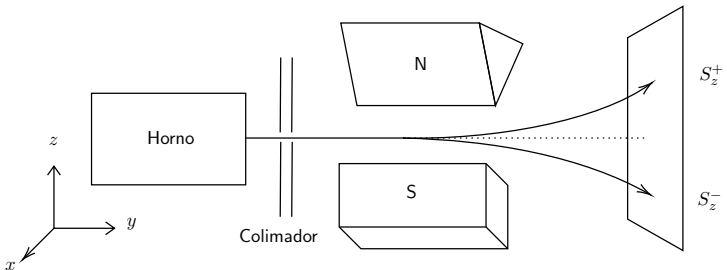


Figura 3: Esquema experimental de Stern-Gerlach. Átomos de plata son evaporados utilizando un horno y son disparados a través de un colimador a lo largo de un campo magnético no homogéneo, y colisionan en una pantalla

Experimentos sucesivos de Stern-Gerlach

Consideremos ahora un **segundo** experimento que direcciona el campo magnético a lo largo del eje x colocado en sucesión al primer experimento en z , bloqueando con una pantalla S_z^- .

Hipótesis: Los electrones están en las configuraciones S_z^+ , S_x^+ o S_z^+ , S_x^- .

Tercer experimento sucesivo en la dirección z (como el primero)

- Clásica: Se espera que solo haya electrones S_z^-
- Resultados: La pantalla muestra los mismos resultados que el experimento individual en z , electrones en estados S_z^+ y S_z^-

Conclusión: La medición del segundo experimento destruye la información del primer experimento.

Kets y Bras

En notación de **Dirac**, los resultados del experimento anterior se pueden describir por Kets

$$|S_x; \pm\rangle = \pm \frac{1}{\sqrt{2}} |S_z; +\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |S_z; -\rangle .$$

Si se orienta el segundo experimento en y se debe usar la misma base, por lo que se necesita de coeficientes complejos:

$$|S_y; \pm\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} |S_z; +\rangle \pm \frac{i}{\sqrt{2}} |S_z; -\rangle .$$

A un estado cuántico en **estado** ψ se le denota por $|\psi\rangle$, elemento de un espacio vectorial complejo de Hilbert.

Operadores

Función sobre un espacio de estados con contradominio en otro espacio de estados. Se representan por \hat{A} .

Observable: Operador hermitiano que representa una cantidad medible por experimento, y tiene eigenvalores reales.

Dos observables se dicen compatibles si conmutan, es decir $[\hat{A}, \hat{B}] = 0$ y el orden de las mediciones no afecta el resultado. Si el conmutador es distinto de cero se dicen no compatibles.

Principio de incertidumbre

text

Cambio de base

text

Matriz de densidad

text

Ecuación de Schödinger

text

Evolución temporal

text

Imágenes de la MC

text

Oscilador armónico cuántico (OAC)

text

Operadores escalera

text

Estados número del OAC

text

Operadores cuadratura

text

Óptica cuántica

text

Ecuaciones de Maxwell

text

Ecuación de onda

text

Solución a la ecuación de onda

Repasar teoría de EDP's, EDO's, solución particular y homogénea

Condiciones de la función de onda

text

Condiciones de la función de onda

text

Soluciones a los campos

text

Energía electromagnética

text

Cuantización del campo

text

Propiedades de los estados número

text

Fasores

text

Estados coherentes

text

Propiedades de los estados coherentes

text

Simetrías y grupos

text

Grupos de Lie

text

Álgebra de Lie

text

Operador desplazamiento

text

Propiedades del operador desplazamiento

text

Operador compresión

text

Estado comprimido ideal

text

Teoría de función de Wigner

text

Función de Wigner para estados coherentes

text

Óptica no lineal

text

Parametric down conversion

text

Amplificador paramétrico (AP)

text

Diagonalización del AP

text

Estado inicial

text

Función de Wigner del campo

text

Expresión paramétrica de la función de Wigner

text

Resultados

text

Conclusiones

text

¡Gracias por su atención!