Representación de estados: Superposición

Superposición:

Los objetos o sistemas macroscópicos están siempre en un estado bien definido, pero los sistemas cuánticos no. Pueden estar en la superposición de diferentes estados, es decir, un fotón puede estar en un estado superpuesto formado por muchos estados de polarización diferentes. Cuando se mide el sistema, se colapsa a uno de los estados de la superposición. Solo podemos conocer las probabilidades de que el sistema esté en cada estado en el momento de la medición.

Representación de estados

En la naturaleza, donde la interacción entre sistemas físicos es compleja, el estado de un sistema tiene mucha más incertidumbre que la incertidumbre que en general manejamos en nuestra vida diaria con el lanzamiento de las monedas, o la variabilidad del clima o la cantidad de dinero que podemos ganar o perder si invertimos en acciones.

Amplitudes complejas

Esta es la razón por la cual a nivel de mecánica cuantica y grandes números usamos amplitudes complejas en lugar de probabilidades simples como las del lanzamiento de los dados.

Representación de estados: Regla de Max Born

Uno de los principios más profundos y misteriosos de toda la física es la Regla de Max Born. En mecánica cuántica, las partículas no tienen propiedades clásicas como posición o momento; más bien, hay una función de onda que asigna un número (complejo), llamado amplitud, a cada resultado de medición posible.

La regla de Born

La probabilidad de obtener cualquier resultado de medición posible es igual al cuadrado de la amplitud correspondiente. (La función de onda es solo el conjunto de todas las amplitudes).
$\mathrm{Probability}(x) = |\mathrm{amplitude}(x)|^2$.

Representación de estados

¿Cuál es la probabilidad de encontrar un valor en QM?

$$p(a_i) = \left| \langle a_i | \psi_S(t) \rangle \right|^2 \quad \text{Born Rule,}$$

Figure: The Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics

https://www.thoughtco.com/copenhagen-interpretation-of-quantum-mechanics-2699346

Max Born (1882-1970)

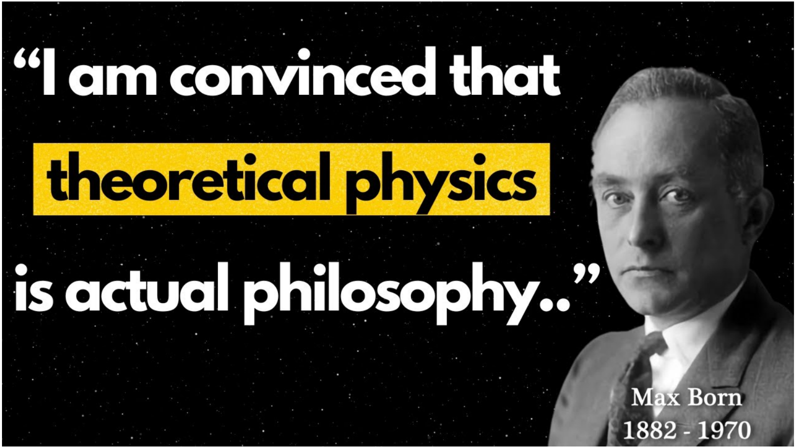
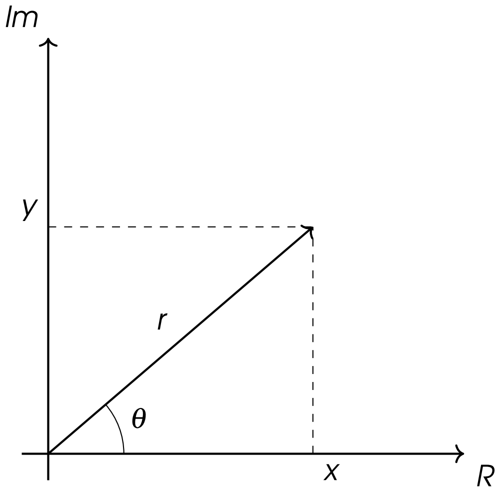


Figure: The Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics

Representación de estados: Números imaginarios



Representación de estados

$$z = x + iy \tag{4}$$

También se puede expresar en términos de sus coordenadas polares como:

$$z = r(\cos\theta + i\sin\theta)z = re^{i\theta} \tag{5}$$

Usando la identidad de Euler esta ecuación puede escribirse como:

$$z = re^{i\theta} \tag{6}$$

Representación de estados: Números complejos

- Suma y resta:

$$(a+ib)\pm(c+id)=(a\pm c)+i(b\pm d) \tag{7}$$

- Multiplicación:

$$(a+ib)(c+id)=(ac-bd)+i(ad+bc)=(re^{i\theta})(r'e^{i\theta'})=rr'e^{i(\theta+\theta')} \tag{8}$$

- Conjugado complejo: $z^*=\bar{z}=a-ib=re^{-i\theta}$
- Valor absoluto: $|z|=\sqrt{a^2+b^2}=r$, $|z_1z_2|=|z_1||z_2|$
- Valor absoluto al cuadrado: $|z|^2=a^2+b^2=r^2$, una relación importante: $|z|^2=z\bar{z}$
- Inverso: $\frac{1}{z}=\frac{\bar{z}}{|z|^2}$
- La identidad de Moivre: $z^n=|z|^n[cos(n\theta)+isin(n\theta)]$

Representación de estados

Amplitud de probabilidad

En mecánica cuántica, la amplitud de probabilidad es un número complejo utilizado para describir el comportamiento sistemas.

Densidad de probabilidad

El cuadrado del módulo de esta cantidad representa una densidad de probabilidad, La interpretación de los valores de una función de onda como la amplitud de probabilidad es un pilar de la interpretación de Copenhague de la mecánica cuántica.

Estado cuántico como vector $|\psi\rangle$

The Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics

Max Born fue un matemático y físico alemán, galardonado con el premio nobel de Física en 1954, en parte por esta explicación e interpretación en la mecánica cuántica.

Estado como vector $|\psi\rangle$

Cualquier sistema en mecánica cuántica está descrito por un estado, el cual es un vector $|\psi\rangle$ que reside en un espacio vectorial abstracto complejo, denominado espacio de Hilbert.

Representación de estados: Polarización de fotones

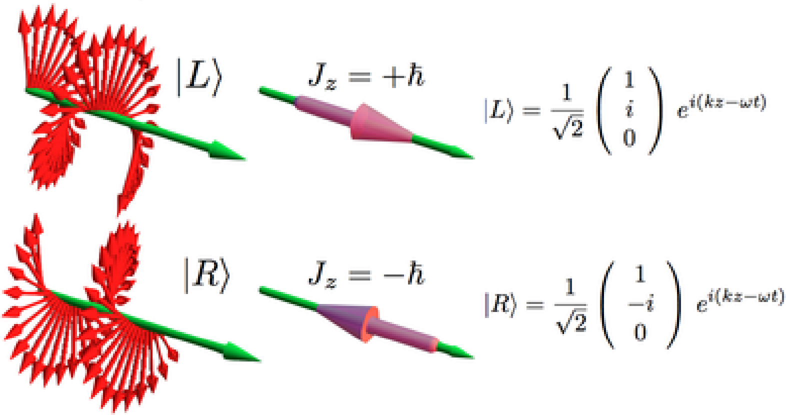


Figure: Left and right circular polarization and their associated angular momenta

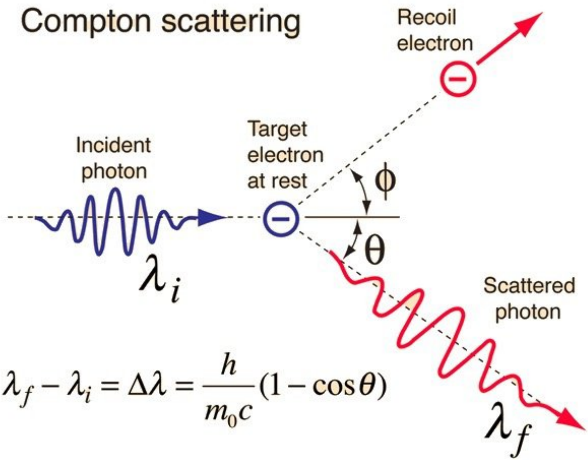


Figure: Left and right circular polarization and their associated angular momenta

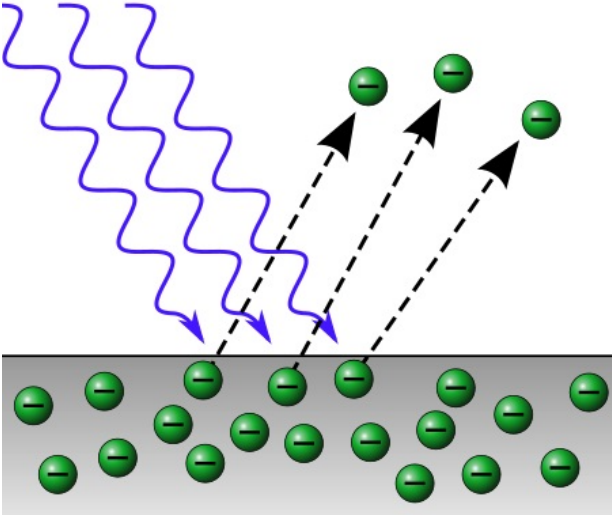


Figure: Understanding the Photoelectric Effect

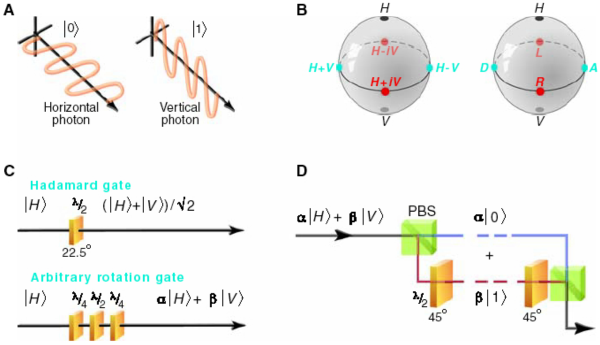


Figure: Single photon qubits.

https://www.arxiv-vanity.com/papers/0803.1554/