



PROGRAMA DE LA ASIGNATURA  
**MECÁNICA CUÁNTICA**

CARRERA: LICENCIATURA EN ASTRONOMÍA

CARGA HORARIA SEMANAL: 4 HORAS DE TEORÍA Y 5 HORAS DE PRÁCTICA

CARÁCTER: SEMESTRAL

PROFESOR A CARGO: EDUARDO BAUER

OBJETIVOS

Introducir las herramientas básicas de Mecánica Cuántica necesarias para comprender fenómenos astrofísicos.

CONTENIDO TEMÁTICO

**1. MECÁNICA ONDULATORIA.** Introducción a la Mecánica Ondulatoria. Postulados de la Mecánica Ondulatoria. La ecuación de Schrödinger. La Ecuación de Continuidad. Ecuación estacionaria de Schrödinger. Función de onda mezcla. Condiciones de contorno para la función de onda. Paridad de la función de onda. Valor medio de una magnitud física.

**2. EL EXPERIMENTO DE LA DOBLE RENDIJA.** Motivación del problema. El experimento de la doble rendija para partículas. El experimento de la doble rendija para ondas. El experimento de la doble rendija para partículas cuánticas. El llamado experimento del gato de Schrödinger.

**3. SISTEMAS CUÁNTICOS SIMPLES.** Partícula libre. Paquete de ondas. Discusión sobre las funciones de onda en el continuo. Potencial constante a trozos. Ejemplos de potenciales constantes a trozos: el pozo infinito de potencial, el potencial escalón, la barrera de potencial y el efecto túnel.

**4. EL OSCILADOR ARMÓNICO EN UNA DIMENSIÓN.** Solución de la ecuación de Schrödinger para el oscilador. Análisis numérico del oscilador.

**5. POSTULADOS DE LA MECÁNICA CUÁNTICA.** Postulados a tiempo fijo. Estados cuánticos y el principio de superposición. Observables y medida de una cantidad física. Postulados dependientes del tiempo. Evolución temporal. Valor medio y autovalores. Relaciones de Incertidumbre de Heisenberg. Ortogonalidad de los estados cuánticos. Demostración de la desigualdad de Schwartz. Operadores canónicos conjugados. Cálculo del conmutador  $[\hat{X}, \hat{P}_x]$ . Teorema de Ehrenfest: evolución temporal del valor medio. El límite clásico.

**6. TEORÍA DE PERTURBACIONES INDEPENDIENTE DEL TIEMPO.** Sistema no degenerado. Primera corrección a la energía. Primera corrección a la función de onda. Segunda corrección a la energía. Evaluación de  $\langle n/N^{(1)} \rangle$ . Sistema degenerado. Aplicabilidad de la Teoría de Perturbaciones.

**7. LA ECUACIÓN DE SCHRÖDINGER PARA UN POTENCIAL CENTRAL.** Potencial Central. La ecuación angular. Un caso interesante: el oscilador armónico.

**8. MOMENTO ANGULAR.** Definición del Momento Angular en Mecánica Cuántica. Relaciones de Conmutación para el Momento Angular. Unidades. El Momento Angular en coordenadas esféricas. Acción de los operadores  $\hat{L}_+$  y  $\hat{L}_-$ . Cálculo de los valores medios  $\langle \hat{L}_x \rangle$  y  $\langle \hat{L}_y \rangle$ .



**9. EL ÁTOMO DE HIDRÓGENO.** El problema de dos cuerpos. Un modelo simple para el átomo de hidrógeno. Solución de la ecuación de Schrödinger para el potencial Coulombiano. Paridad de la función de onda. Análisis de los resultados. Números cuánticos y degeneración. Espectros y comparación con el experimento. Funciones de onda y  $\langle r \rangle$  para el estado fundamental.

**10. SPIN.** Elementos de electromagnetismo para el tema. Spin 1/2. Matrices de Pauli. Propiedades de las matrices de Pauli. Función de onda con spin. Interacción de una partícula con spin con el campo magnético externo.

**11. SUMA DE MOMENTOS ANGULARES.** El momento angular total. Spin total para dos partículas. Conjunto completo de operadores que conmutan.

**12. EL ÁTOMO DE HIDRÓGENO MÁS ALLÁ DEL POTENCIAL COULOMBIANO.** Interacción fina: el acoplamiento  $L \cdot S$ . Interacción hiperfina: la línea de 21cm del hidrógeno. Interacciones externas al átomo: efecto Zeeman y efecto Stark.

**13. TEORÍA DE PERTURBACIONES DEPENDIENTE DEL TIEMPO I.** La ecuación de Schrödinger con un potencial dependiente del tiempo. Ansatz para resolver la ecuación de Schrödinger. Teoría de Perturbaciones dependiente del tiempo. Probabilidad de transición. Perturbación periódica en el tiempo. Perturbación constante que se enciende en  $t = 0$ . Degeneración de niveles y transiciones al continuo. Niveles degenerados. Transiciones al continuo. La densidad de estados  $\rho(E)$ . La Regla de Oro de Fermi.

**14. TEORÍA DE PERTURBACIONES DEPENDIENTE DEL TIEMPO II.** Formulación alternativa. Anchos de decaimiento y vida media. La llamada relación de incertidumbre tiempo-energía. Sección eficaz de dispersión: la aproximación de Born.

**15. ENTRELAZAMIENTO CUÁNTICO E INFORMACIÓN CUÁNTICA.** El problema de muchos cuerpos. Simetría en la función de onda total. El principio de exclusión de Pauli. Entrelazamiento cuántico. Discusión del entrelazamiento cuántico. La paradoja EPR. Noción de Sistema Cuántico. Elementos de información cuántica. Qubit y estados de Bell. Notación para dos o más qubits. Puertas cuánticas. Teletransportación cuántica. Computación cuántica.

## BIBLIOGRAFÍA

- E. BAUER. *Mecánica Cuántica para Alumnos de Astronomía*. Colección de libros de cátedra de la UNLP. Edulp, 2023. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/155200>
- G. BAYM. *Lectures on Quantum Mechanics*, (Westview Press, 1990).
- D. BES. *Quantum Mechanics* (Springer-Verlag, Berlín, 2012).
- C. COHEN -TANNOUJJI, B. DIU y F. LALOË, *Quantum Mechanics* (Hermann and John Wiley & Sons, 1977).
- R. P. FEYNMAN, R. B. LEIGHTON y M. SANDS, *The Feynman Lectures on Physics, Quantum Mechanics*, (Basic Books, 2011).
- L. D. LANDAU y E. M. LIFSHITZ, *Mecánica Cuántica no-relativista*, (Editorial Reverté, 1978).
- E. MERZBACHER, *Quantum Mechanics (Second Edition)* (John Wiley & Sons, 1970).
- A. MESSIAH, *Quantum Mechanics*, (North-Holland, 1967).



- E. RIEFFEL y W. POLAK, *Quantum Computing, a gentle introduction*, (Massachusetts Institute of Technology, 2011).
- R. SHANKAR, *Principles of Quantum Mechanics (second edition)*, (Springer, 1994).
- F. SCHAPOSNIK, *Mecánica Cuántica I*. <https://sites.google.com/site/schaposnik/home>