

# Mecánica Cuántica

1. Introducción a la mecánica cuántica: Teoría cuántica y la naturaleza ondulatoria de la materia. La función de onda y su interpretación. La mecánica cuántica en Astrofísica.
2. Paquete de ondas y movimiento de la partícula libre: El principio de superposición. Paquetes de onda y relaciones de incerteza. El movimiento de un paquete de ondas. Relaciones de incerteza y la evolución de los paquetes de onda
3. La ecuación de onda: Justificación de la ecuación de onda.
4. La función de onda y la ecuación de Schrödinger: Interpretación de la función de onda. Operadores y valores de expectación de variables dinámicas. Soluciones estacionarias
5. El oscilador armónico lineal: Autovalores y autofunciones.
6. Potenciales constantes de a trozos: La “función” delta de Dirac. Escalón de potencial. Barrera de potencial rectangular. Potenciales periódicos. El pozo de potencial.
7. La aproximación semi-clásica WKB: Formulas de conexión. Detalles matemáticos. Aplicación a estados ligados. Efecto túnel a través de una barrera. El factor de Gamow y las reacciones nucleares en las estrellas.
8. Los principios de la mecánica de ondas: Representación de coordenadas y representación de impulso. Operadores Hermíticos: sus autovalores y autofunciones. Superposición de autoestados. El espectro continuo. Relaciones de incerteza de Heisenberg. Ecuaciones de movimiento. Álgebra de conmutadores. Teorema del Virial. Desigualdad de Schwarz.
9. Fuerzas centrales y el momento angular: Momento angular orbital. Energía cinética y momento angular. Reducción del problema de fuerzas centrales. Autoestados y autovalores de  $L^2$  y  $L_z$ . Armónicos esféricos.
10. El átomo de hidrógeno: Ecuación radial y condiciones de contorno. El potencial Coulombiano. Estudio de las autofunciones.
11. Partículas libres y pozos de potencial en tres dimensiones: La partícula libre en tres dimensiones. El caso de un potencial nulo como una fuerza central. Expansión de una onda plana en armónicos esféricos. El pozo de potencial en tres dimensiones.
12. Spin: Momento angular intrínseco. El spin como variable dinámica. Teoría del spin en forma matricial. Spin y rotaciones. Determinación de las matrices de Pauli. Spin

- y reflexiones. Ecuación de movimiento para un electrón con spin. Medidas y probabilidades. La matriz densidad y polarización.
13. Espacios lineales vectoriales en mecánica cuántica: Vectores y operadores. Cambios de base. Notación bra - ket de Dirac. El problema de autovalores para operadores. El espectro continuo. Aplicación a la mecánica ondulatoria en una dimensión.
  14. Dinámica cuántica: La ecuación de movimiento. Postulados de cuantificación. Cuantificación canónica. Constantes de movimiento y propiedades de invarianza. La representación de Heisenberg. El principio de relatividad euclideo y la transformación de vectores de estado. La relación entre los operadores de rotación y el momento angular. Propiedades de simetría y leyes de conservación. Reflexiones y paridades.
  15. Teoría de perturbaciones independiente del tiempo: El método perturbativo de Rayleigh-Schrödinger. Ecuaciones lineales inhomogéneas. Solución de las ecuaciones de perturbación. Teoría de perturbaciones para estados degenerados. Métodos perturbativos en general. Métodos variacionales.
  16. Aplicaciones de la teoría de perturbaciones independiente del tiempo: Interacción spin-orbita y estructura fina. Efecto Zeeman. Sistemas de dos partículas distinguibles. El positronio. Adición de momentos angulares. Estructura hiperfina y la línea de 21 cm en radioastronomía.
  17. Partículas idénticas: Partículas indistinguibles. El espacio vectorial de estados para partículas idénticas. El sistema de dos electrones. El átomo de helio. El principio de exclusión de Pauli y la estadística de las partículas. El Principio de Exclusión y la estructura de objetos colapsados en Astrofísica.
  18. Teoría de perturbaciones dependiente del tiempo: Transiciones de primer orden: la regla de oro de Fermi. Perturbaciones armónicas. Transiciones de segundo orden.
  19. Interacción de la radiación con la materia: Hamiltoniano de interacción. Absorción de la luz. Campos de radiación cuantificados. Los coeficientes A y B de Einstein. Detalles del proceso de emisión espontánea. Transiciones dipolares eléctricas. Transiciones dipolares magnéticas y cuadrupolares eléctricas. Reglas de selección y su impacto en la espectroscopia de objetos astronómicos.
  20. Átomos: Átomos con dos electrones. Aproximaciones de Thomas-Fermi y de Hartree-Fock. La tabla periódica.
  21. Moléculas: El método de Born-Oppenheimer. El ión  $H_2^+$ . La molécula de hidrógeno. Acoplamiento de los electrones.

## Bibliografía:

El la primera parte del curso (ítems 1. al 14) esta diseñado siguiendo el libro de E. Merzbacher, mientras que el resto será tomado del libro de G. Baym. He incluido puntos específicos relacionados a problemas astrofísicos, los cuales serán tomados del resto de la bibliografía abajo citada.

### Libros de Mecánica Cuántica:

G. Baym, 1977. Lectures on quantum mechanics. Benjamin  
A. S. Davydov , 1965. Quantum mechanics. Pergamon  
P. A. M. Dirac, 1935. Quantum mechanics. Oxford  
L. D. Landau, E. M. Lifshitz, 1983. Mecánica cuántica (Teoría no-relativista). Reverté  
E. Merzbacher, 1961. Quantum mechanics. Wiley  
A. Messiah, 1973 Mecánica cuántica (Tomos I y II). Tecnos

### Libros de Astrofísica que incluyen temas relevantes:

D. D. Clayton, 1968. Principles of stellar evolution and nucleosynthesis. Wiley  
D. Mihalas, 1978. Stellar atmospheres. Freeman  
G. B. Rybicki, A. P. Lightman, 1979. Radiative processes in astrophysics. Wiley