

## MECANICA CLÁSICA

1. **Principios Básicos:** Leyes de Newton y leyes de conservación.
2. **Sistemas de partículas:** Ecuaciones de movimiento de un sistema de partículas. Movimiento del centro de masas. Momentum lineal y angular total. Energía total.
3. **Fuerzas centrales:** Leyes de conservación. Potencial efectivo. El problema de dos cuerpos con un potencial central. Movimiento planetario y leyes de Kepler.
4. **Dispersión:** Colisiones elásticas e inelásticas. Cinemática de colisiones elásticas entre dos cuerpos. Orbitas hiperbólicas en los potenciales gravitacional y coulombiano. Orbitas de dispersión en general. Sección de dispersión. Dispersión de Rutherford. Dispersión por una esfera dura.
5. **Movimiento en sistema de coordenadas acelerado:** Las leyes de Newton en un sistema acelerado. Movimiento sobre la superficie de la tierra; caída libre y movimiento horizontal. Péndulo de Foucault.
6. **Dinámica Lagrangiana:** Restricciones. Coordenadas generalizadas. Desplazamientos virtuales. Principio de D'Alembert. Ecuaciones de Lagrange. Ejemplos ilustrativos.
7. **Principio de mínima acción de Hamilton:** Deducción de las Ecs. de Lagrange a partir del principio de Hamilton. Leyes de conservación. Momento generalizado y Ecuaciones de Hamilton. Ejemplos ilustrativos.
8. **Oscilaciones pequeñas:** Péndulos acoplados. Modos normales y coordenadas normales. Moléculas lineales simétricas. Problemas con muchos grados de libertad. Molécula triatómica lineal. Cadenas lineales de átomos.
9. **Movimiento de cuerpos rígidos:** Grados de libertad de un cuerpo rígido. Ángulos de Euler. Energía cinética y momento angular de un cuerpo rígido. Tensor de inercia y ejes principales. Ecuaciones de Euler. Movimiento libre de un trompo simétrico. Movimiento libre de un trompo asimétrico. Trompo simétrico con un punto fijo en un campo gravitacional. Ecuaciones de movimiento. Potencial efectivo. Pequeñas oscilaciones alrededor del movimiento estacionario.
10. **Teoría de Hamilton-Jacobi:** Transformaciones canónicas. Funciones que generan transformaciones canónicas. Ecuación de Hamilton-Jacobi. Variables ángulo-acción. Corchetes de Poisson. La ec. de Hamilton-Jacobi como un límite geométrico de la ec. de Schroedinger. El teorema de Liouville.

### Bibliografía:

- A.L. Fetter and J.D. Walecka, *Theoretical Mechanics of Particles and Continua* (McGraw-Hill Book Company, NY, 1980).
- H. Goldstein, *Classical Mechanics* (Addison Wesley, 1993)
- L.D. Landau and E.M. Lifshitz, *Mechanics* (Addison Wesley, 1970)

## MECÁNICA CUÁNTICA I

- 1. Revisión de radiación de cuerpo negro e Hipótesis de Planck:** El efecto fotoeléctrico. Naturaleza ondulatoria de la materia: difracción de electrones. El átomo de Bohr. Longitud de onda de Broglie.
- 2. Paquetes de onda y partícula libre:** Relaciones de incertidumbre. La ecuación de Schroedinger y su justificación. Interpretación probabilística de la función de onda y la conservación de probabilidad. Valores esperados de variables dinámicas.
- 3. Problemas en una dimensión:** Oscilador armónico. Barreras y pozos de potencial. Potencial de dos mínimos como modelo de una molécula. Potenciales periódicos (modelo de Kronig-Penney).
- 4. La aproximación WKB:** Aplicaciones a estados ligados, tunelamiento a través de barreras de potencial y decaimiento alfa.
- 5. Notación de Dirac:** Espectros continuos y discretos. Conmutación de operadores y mediciones simultáneas.
- 6. Problemas en tres dimensiones:** Partícula libre en una caja rígida. Partícula libre dentro de una esfera rígida. El problema de eigenvalores para el cuadrado del momento angular y la componente-z del momento angular. El átomo de hidrógeno.
- 7. Dispersión:** Ecuación integral de dispersión. Función de Green. Aproximación de Born. Análisis de los corrimientos de fases. Corrimientos de fase y resonancias.
- 8. El espín.** Experimento de Stern-Gehrlach. Matrices de espín de Pauli. Rotaciones y SU(2). Matriz de densidad. Polarización y dispersión. Acoplamiento espín-momento angular orbital.

### Bibliografía:

- E. Merzbacher, *Quantum Mechanics* (John Wiley & Sons, 1970).
- L.I. Schiff, *Quantum Mechanics* (Mc.Graw-Hill, 1968).
- G. Baym, *Lectures on Quantum Mechanics* (Addison-Weley, 1967).
- Luis de la Peña, *Introducción a la Mecánica Cuántica* (Fondo de Cultura Económica, México, 1991).

## ELECTRODINÁMICA I

1. **Electrostática:** Leyes de Coulomb y Gauss. Potencial electrostático. Ecs. de Poisson y Laplace. Distribuciones de carga con simetría esférica. Conductores y aislantes. Función delta de Dirac. Soluciones de Green para la ec. de Laplace. Multipolos lineales. Expansión multipolar.
2. **Ecuación de Laplace y condiciones de contorno:** Condiciones de frontera. Método de imágenes y función de Green. Separación de variables en coordenadas cartesianas. Coordenadas esféricas y polinomios de Legendre. Coordenadas cilíndricas y funciones de Bessel. Soluciones especiales en dos dimensiones.
3. **Electrostática de dieléctricos:** Dieléctricos y conductores. Potencial de polarización y vector desplazamiento. Condiciones de frontera y soluciones de la ec. de Laplace. Polarizabilidad molecular y modelos de polarizabilidad.
4. **Energía del campo electrostático:** Energía para cargas puntuales y distribuciones de carga. Energía del campo eléctrico. Capacidad e inducción. Energía en dieléctricos. Teorema de Thompson. Cambios de energía; fuerzas sobre cargas o potencial fijos.
5. **Magnetostática:** Ley de Biot-Savart. Fuerzas y torques sobre un circuito. Ley de Ampere. Ecuaciones estáticas de Maxwell. Potencial vectorial; potencial de una distribución localizada de corriente.
6. **Magnetismo en materiales:** Magnetización y potencial vectorial asociado. Campo magnético e inducción magnética. Condiciones de contorno. Diamagnetismo, paramagnetismo y ferromagnetismo. Ferromagnetos: potencial escalar y densidades "monopolares".
7. **Ecuaciones de Maxwell:** Ley de Faraday; inducción electromagnética. Energía en campos magnéticos; coeficientes de inducción. Corriente de desplazamiento; ecs. dinámicas de Maxwell. Potenciales y normas. Función de Green para la ec. de onda. Energía y momentum: vector de Poynting. Monopolos magnéticos y cuantización de la carga eléctrica.
8. **Ondas electromagnéticas planas:** Ecuación de onda. Ondas planas monocromáticas. Polarización. Flujos de energía y momentum. Reflección y refracción en interfases dieléctricas: ecs. de Fresnel. Ondas en conductores.
9. **Guías de onda y cavidades resonantes:** Ecuación de onda en guías: modos TE y TM. Modos TEM. Cavidades resonantes.

### Bibliografía:

- J.D. Jackson, *Classical Electrodynamics* (Segunda ed., John Wiley & Sons, NY, 1975)
- W.H.K. Panofsky and M. Phillips, *Classical Electricity and Magnetism* (Segunda ed., Addison-Wesley, NY, 1962)
- L. Eyges, *The Classical Electromagnetic Field* (Dover, NY, 1972)

## FÍSICA ESTADÍSTICA

1. **Mecánica estadística clásica:** Espacio fase, El concepto de ensamble estadístico, Densidad del ensamble, Promedios temporales y promedios sobre el ensamble, Hipótesis de igualdad de probabilidades a priori, Ensamble microcanónico, El concepto de equilibrio, El equilibrio según Boltzmann y Gibbs, Entropía, Variables termodinámicas intensivas y extensivas, Invariancia adiabática de la entropía, Procesos reversibles e irreversibles, Entropía de un gas ideal en el ensamble microcanónico, Paradoja de Gibbs. Cuantización del espacio fase, Sistema en interacción con un reservorio caliente (Ensamble canónico), Gas ideal, Valores promedios y más probable, Equipartición de la energía, condiciones de equilibrio para un sistema en contacto con un reservorio caliente, Contacto difusivo y el ensamble gran canónico, Gas ideal, Fluctuaciones. Condiciones de estabilidad para un sistema en contacto con un reservorio a temperatura y presión constantes.
2. **Mecánica estadística cuántica:** Función de onda de un sistema de  $N$  partículas idénticas, Simetría y antisimetría ante el intercambio de coordenadas, Estadísticas de Fermi y Bose, Gases ideales, Correlaciones en gases ideales cuánticos, Matriz de densidad, Ensamblajes en estadísticas cuánticas, Distribución canónica, Función de partición, Límite clásico, Entropía, Gas de Boltzmann con grados de libertad internos, Distribución gran canónica.
3. **Gases ideales con grados de libertad internos:** Moléculas diatómicas, Niveles electrónicos, Niveles vibracionales y rotacionales, Función de partición de una molécula diatómica, Propiedades termodinámicas de gases con grados de libertad internos, Moléculas diatómicas compuestas de átomos idénticos y su función de partición
4. **Gases ideales cuánticos:** El Gas ideal en el ensamble gran canónico, Función de partición gran canónica, distribución Fermi-Dirac, Entropía de un gas de Fermi ideal, Gas de Bose ideal, Gases de Fermi y Bose de partículas con grados de libertad internos y su ecuación de estado, Gases de Fermi y Bose degenerados, Aplicaciones.
5. **Gases reales y Transiciones de fase.** Expansión de Mayer, expansión del virial, Transiciones fase, Modelo de Ising, Aplicaciones.

### Bibliografía:

- K. Huang, *Statistical Mechanics* (John Wiley, NY, 1980).
- F. Reif, *Statistical and Thermal Physics* (McGraw-Hill, NY, 1980).
- W. Greiner, L. Neise and H. Stöcker, *Thermodynamics and statistical mechanics* (Springer, 1997).

## MECÁNICA CUÁNTICA II

1. **Métodos aproximados I:** El método variacional para la determinación de la energía del estado base. Aplicación al cálculo de la interacción de Van der Waals y a estados excitados.
2. **Métodos aproximados II:** Teoría de perturbaciones independiente del tiempo (i) caso no degenerado: corrección a primer orden, efecto isotópico del estado base en el átomo de hidrógeno. Teoría de perturbaciones de segundo orden. Efecto Stark cuadrático, (ii) teoría de perturbaciones para estados degenerados, efecto Stark lineal.
3. **Formalismos de Schroedinger, Heisenberg y de interacción:** Teoría de perturbaciones dependiente del tiempo. Teoría de perturbaciones de primer orden. Perturbaciones armónicas. Probabilidad de transición. Regla de oro de Fermi. Transiciones de segundo orden. Aproximaciones adiabática y repentina.
4. **Rotaciones y operaciones tensoriales:** Adición de momentos angulares. Coeficientes de Clebsch-Gordon. Teorema de Wigner-Eckart. Elementos de matriz de operadores vectoriales. Paridad e inversión temporal.
5. **Partículas idénticas:** Funciones de onda simétrica y antisimétrica. Principio de exclusión de Pauli. Determinante de Slater. Colisiones de partículas idénticas. Oscilador armónico. Segunda cuantización. Operadores de creación y aniquilación. Estadísticas de Bose y de Fermi. Espacio de Hilbert de un sistema de partículas idénticas. Operadores en segunda cuantización.
6. **Átomos:** Aproximación del campo central (aproximación de Hartree). Aproximación de Thomas-Fermi. Ecuaciones de Hartree-Fock. La tabla periódica. Correcciones a la aproximación del campo central. Interacción espín-órbita. Acoplamiento LS. Acoplamiento JJ. Átomos alcalinos. Efectos Zeeman y Paschen-Beck. Átomos con dos electrones.
7. **Átomo en un campo de radiación:** Hamiltoniano de interacción. Absorción de luz. Transición dipolar eléctrica. Efecto fotoeléctrico.
8. **Moléculas:** Aproximación de Born-Oppenheimer. Cálculo variacional de la energía de enlace de hidrógeno molecular. Solución aproximada por el método de Heitler-London para la molécula de hidrógeno.

**Bibliografía:**

- E. Merzbacher, *Quantum Mechanics* (John Wiley & Sons, 1970).
- L.I. Schiff, *Quantum Mechanics* (Mc.Graw-Hill, 1968).
- G. Baym, *Lectures on Quantum Mechanics* (Addison-Wesley, 1967).
- Luis de la Peña, *Introducción a la Mecánica Cuántica* (Fondo de Cultura Económica, México, 1991).