

Asignatura: **Elementos de Mecánica Estadística**
Carrera: Licenciatura en Astronomía
Curso: Quinto
Crédito horario: 7 (siete) horas semanales
Profesor: René D. Rohrmann
Año: 2020

Programa Analítico

Unidad 1.- Teoría de Probabilidad

Probabilidad. Diagramas de Venn. Probabilidad: bases. Probabilidad conjunta. Operaciones Booleanas. Booleanas en diagramas de Venn. Equiprobabilidad. Probabilidad condicional. Ejemplo. Probabilidades independientes. Ejercicios. Sumario. Cálculo de probabilidades. Reglas de conteo. Permutación. Factorial: aproximaciones. Permutación P_R^N . Combinación C_R^N . Permutación con subclases. Números combinatorios. Ejemplos. Ejercicios.

Unidad 2.- Variables aleatorias

Variable aleatoria. Variable aleatoria discreta. Distribución de probabilidad binomial. Distribución de probabilidad geométrica. Distribución de Poisson. Notas y ejercicios. Variable aleatoria continua. Función de distribución. Ejemplo. Ejercicios. Transformación a otras variables. Ejemplo. Función característica. Desarrollo en cumulantes. Distribución de probabilidad conjunta. Propiedades. Correlación. Independencia. Ejemplo. Convolución. Distribución *lattice*. Distribución binomial en el continuo. Distribución de Gauss. Caminata aleatoria. Teorema del límite central.

Unidad 3.- Termodinámica (revisión)

Variables de estado. Variables conjugadas. Procesos. Ecuaciones Paff. Diferenciales exactos y relaciones de Schwarz. Propiedades. Ejemplo. Leyes de la termodinámica, ley cero. Primera Ley. Ciclo de Carnot. Eficiencia y reversibilidad. Segunda ley. Teorema de Carnot. Temperatura absoluta. Ciclo general. Entropía y reversibilidad. Tercera ley, observación de Gibbs. Ejemplo de procesos y cambios de entropía. Representación entropía. Ecuaciones de Euler. Relaciones de Gibbs-Duhem. Representación energía interna. Relaciones de Maxwell. El gas perfecto, bases experimentales. Ecuación fundamental. Radiación electromagnética. Ley de Stefan-Boltzmann. Transformada de Legendre. Representación energía libre de Helmholtz. Energía libre de Gibbs. Entalpía. Gran potencial. Mezcla de gases ideales. Ley de Dalton. Experimento de Gibbs. Entropía de mezcla.

Unidad 4.- Fundamentos de Mecánica Estadística

Mecánica clásica Lagrangeana y Hamiltoniana. Oscilador armónico. Incertidumbre del estado inicial. Ensamblados. Ejemplo. Postulado fundamental de la mecánica estadística. Observables. Dinámica de la distribución F . Teorema de Liouville. Derivada convectiva. Descripciones de

Euler y Lagrange. Jacobiano en el espacio de fases. Conservación del hiper-volumen de regiones dinámicas. Superficie de energía en el espacio de fases. Ensamble microcanónico. Teorema de recurrencia de Poincaré. Ejemplo: Partículas en una caja. Ergodicidad. Teorema de Birkhoff. Ensamble canónico.

Unidad 5.- Fundamentos de Mecánica Estadística Cuántica

Mecánica cuántica. Estados y observables. Valores medios de observables. Operador densidad. Traza y evolución en el tiempo. Estados puros y mezclas en la autobase del operador densidad. Composición de subsistemas: espacio producto. Ejemplo: dos subespacios finitos. Operadores extendidos al espacio producto. Operador densidad en un sistema compuesto. Operador densidad reducido: traza parcial. Sumario.

Unidad 6.- Observables mecánicos y térmicos

Funciones distribución reducidas. Funciones distribución generalizadas. Funciones de correlación. Función de distribución radial. Observables en sistemas simples. Energía media. Teorema del Virial. Virial de un fluido. Ecuación estadística para la presión. Ecuaciones de estado obtenidas en un ensamble. Observables mecánicos y térmicos. Gas mono-componente. Ecuación de transporte. Transporte sin colisiones. Colisiones. Tasas colisionales. Ecuación de transporte de Boltzmann. Función H . Teorema H . Entropía estadística. Entropía de Gibbs.

Unidad 7.- Ensamble microcanónico

Entropía del ensamble microcanónico. Entropía en el límite termodinámico. Superficie de energía para sistemas con acople débil. Aditividad de la entropía. Gas de partículas sin interacciones. Termodinámica del gas. Sólido clásico. Termodinámica del sólido clásico. Teorema de equipartición de energía. Entropía según Clausius, Boltzmann y Gibbs. Sólido de Einstein Ecuación fundamental del sólido. Termodinámica del sólido.

Unidad 8.- Ensamble canónico

Método Variacional. Distribución canónica clásica. Energía libre de Helmholtz. Integral de configuración y longitud de onda térmica. Gases ideales y reales. Fluctuación de la energía. Ensamble canónico cuántico. Material paramagnético. Ley de Curie. Sólido de Debye. Calor específico del sólido. Modos internos de un gas. Aproximación de Born-Oppenheimer. Separación del centro de masa. Hamiltoniano reducido para núcleos. Dinámica de los núcleos en la molécula. Modos de energía en una molécula. Función partición traslacional. Función partición vibracional. Función partición rotacional. Energía libre de Helmholtz del gas.

Unidad 9.- Ensamble gran canónico

Sistema abierto: Número de partículas no fijo. Estado de equilibrio. Distribución gran-canónica. Termodinámica del gran-canónico. Fluctuación en el número de partículas. Gran-canónico de fluidos clásicos. Funciones de Ursell. Función de Mayer. Desarrollos en densidades bajas: expansión del virial. Cálculo de coeficientes del virial. Desarrollo de la fugacidad. Fugacidad en términos del factor de configuración. Función de Ursell modificada. Función de correlación. Expansión de

la distribución de pares. Ensamble gran-canónico cuántico. Estado cuántico en equilibrio termodinámico.

Unidad 10.- Estadística de bosones y fermiones

Sistema de partículas idénticas. Indistinguibilidad de partículas idénticas. Bosones y fermiones. Estados simétricos. Estados anti-simétricos. Gran partición en representaciones energía y número. Gran potencial para bosones. Distribución de Bose. Gran potencial para fermiones y distribución de Fermi. Estados de una partícula elemental. Gas ideal de partículas elementales. Ecuaciones de estado. Límite clásico. Recuperación de la distribución de Maxwell. Gas de fermiones a temperatura cero. Condensación de Bose. Radiación de cuerpo negro. Distribución de Planck.

Unidad 11.- Mezclas de gases fuera y en equilibrio

Microestados y macroestados. Estadísticas. Entropías. Representaciones química y física. Mezclas de partículas de diferentes especies. Cantidad de microestados en mezclas gaseosas. Entropía fuera o en equilibrio. Energías interna y libre de Helmholtz. Métodos de minimización de la energía libre. Balance detallado de colisiones. Equilibrio cinético. Equilibrio de excitaciones internas. Equilibrio de disociación/recombinación. Equilibrio de ionización. Gas con degeneración electrónica. Gas de bosones.

Bibliografía

- L. E. Reichl, *A Modern Course in Statistical Physics*, 4ta. ed. (Wiley, NY, 2016)
- R. Balian, *From Microphysics to Macrophysics*, Vol. I (Springer, 1991)
- K. Huang, *Statistical Mechanics* (John Wiley & Sons, NY, 1987).
- D. A. McQuarrie, *Statistical Mechanics* (Harper & Row, NY, 1976).
- R. Balescu, *Equilibrium and Non-Equilibrium Statistical Mechanics* (Wiley-Interscience, NY, 1975).
- G. E. Uhlenbeck and G. W. Ford, *Lectures in Statistical Mechanics* (American Mathematical Society, 1963).
- P. & T. Ehrenfest, *The Conceptual Foundations of the Statistical Approach to Mechanics* (Cornell University Press, Ithaca, NY, 1959).
- L. D. Landau & E. M. Lifshitz, *Statistical Physics* (Pergamon Press, Oxford, 1958).
- T. K. Hill, *Statistical Mechanics* (McGraw-Hill, NY, 1956).
- J. O. Hirschfelder, C. F. Curtiss, and R. B. Bird, *Molecular Theory of Gases and Liquids* (John Wiley & Sons, NY, 1954).
- A. I. Khintchine, *Mathematical Foundations of Statistical Mechanics* (Dover, NY, 1949).
- J. W. Gibbs, *Elementary Principles in Statistical Mechanics* (Dover, NY, 1960).