

FI6050 - Introducción a la Teoría Cinética

Departamento de Física, Universidad de Chile

1. Motivación

La Mecánica Estadística entrega las propiedades colectivas y macroscópicas de diferentes sistemas a partir de su descripción microscópica. La Teoría Cinética busca describir la dinámica de no equilibrio de estos sistemas considerando la dinámica elemental (movimiento libre e interacciones) de sus constituyentes fundamentales.

Algunas de las preguntas que la Teoría Cinética busca responder son:

- ¿Por qué los sistemas macroscópicos evolucionan irreversiblemente al equilibrio?
- ¿Qué mecanismos son los responsables de esta evolución?
- ¿Cómo se relacionan los coeficientes que determinan esta evolución con la dinámica microscópica del sistema?
- ¿Cómo se calcula el coef. de difusión, la viscosidad de los fluidos, la conductividad eléctrica en metales, etc?
- ¿Por qué, por ejemplo, la Ley de Ohm es válida en (casi) todos los sistemas?

2. Programa

■ Capítulo 1: Conceptos básicos

Función distribución de velocidades

Densidades y flujos

Frecuencia de colisiones y camino libre medio

Teoría de transporte de camino libre medio

Aplicaciones: teoría de Drude, salto térmico, transporte molecular, transporte de fonones

■ Capítulo 2: Funciones distribución

Descripción estadística del espacio de fase

Distribuciones de equilibrio

Distribuciones reducidas y observables

Ecuación de Liouville y jerarquía BBGKY

Ecuaciones maestras

Aplicaciones: interacciones magnéticas, función distribución de pares, teoría de líquidos

■ Capítulo 3: Modelo de Lorentz para el transporte eléctrico

Ecuación cinética

Soluciones de equilibrio

Leyes de conservación

Conductividad eléctrica

Dinámica de relajación

Aplicaciones: movimiento run-and-tumble de bacterias, dispersión de la luz, conductividad térmica, respuesta en frecuencia, equilibrio de ionización es medio interestelar

■ Capítulo 4: Teoría cinética de gases: la ecuación de Boltzmann

Hipótesis de caos molecular

Ecuación de Boltzmann

Propiedades genéricas: conservaciones, irreversibilidad

Operador lineal

Régimen hidrodinámico

Aplicaciones: gases densos, medios granulares, fragmentación–recombinación, enfriamiento del universo, reacciones químicas

■ Capítulo 5: Difusión y movimiento Browniano

La fenomenología del movimiento Browniano

Ecuación de Fokker–Planck

Solución de equilibrio y teorema fluctuación–disipación

Movilidad

Difusión

Difusión rotacional

Aplicaciones: dispersión de la luz, partículas autopropulsadas, ecuaciones de reacción–difusión, ecuación de Langevin

■ **Capítulo 6: Plasmas y sistemas autogravitantes**

Interacciones de largo alcance

Plasmas neutros: apantallamiento de Debye y ecuación de Vlasov

Teoría de Debye–Hückel

Ondas e inestabilidades en plasmas

Causalidad y el amortiguamiento de Landau

Ecuaciones magnetohidrodinámicas

Sistemas autogravitantes: ecuación de Vlasov, soluciones autoconsistentes

Aplicaciones: inestabilidad de Jeans, vórtices puntuales en 2D, plasmas de electrón–positrón, hamiltoniano de campo medio

■ **Capítulo 7: Gases cuánticos**

Descripción en segunda cuantización

Coefficientes de Einstein

Tasas de transición

Ecuación cinética

Soluciones de equilibrio

Fonones: transporte de calor en aisladores

Aplicaciones: lasers, plasma de quark–gluon, equilibrio electrón–positrón–fotones, ondas clásicas no lineales

■ **Capítulo 8: Transporte electrónico en sólidos**

Teoría de bandas

Distribución de Fermi–Dirac: conductores y aisladores

Ecuación de Boltzmann–Lorentz

Conductividad eléctrica: conductores y aisladores

Interacción electrón–fonón

Efectos térmicos: relaciones de Onsager

Teoría de Thomas–Fermi

Aplicaciones: grafeno, semiconductores, efecto Hall, fotoconductividad, hidrodinámica de electrones–huecos

3. Bibliografía

- *Kinetic theory and transport phenomena*, R. Soto, Oxford (2016).
- *Transport phenomena*, H. Smith & H. Hojgaard Jensen, Oxford (1989)
- *Theory of simple liquids*, I.R. McDonald & J.P. Hansen, Academic Press (1990)
- *Apuntes de teoría cinética*, P. Cordero (2005)
- *Stochastic processes in physics and chemistry*, N.G. Van Kampen, North-Holland (2001)
- *Classical kinetic theory of fluids*, P. Resibois and M. De Leneer, J. Wiley & Sons (1977)
- *Kinetic theory: classical, quantum, and relativistic descriptions* R. Liboff, Wiley (1998)
- *Quantum kinetic theory and applications: electrons, photons, phonons*, F. Vasko & O. Raichev, Springer (2005)
- *The mathematical theory of non-uniform gases*, S. Chapman & T. G. Cowling, Cambridge (1991)
- *Electrons and phonons: the theory of transport phenomena in solids*, J.M. Ziman, Oxford (2001)

4. Requisitos

Los requisitos del curso son flexibles, pero son recomendables: Mecánica Estadística, Mecánica Cuántica I, Métodos Matemáticos de la Física.

5. Evaluación

Tareas semanales donde se estudiarán las aplicaciones de los distintos capítulos.