

Introducción a la Teoría de Fenómenos Críticos

Curso de Doctorado para Estudiantes de Ciencias

Profesor : Dr. Pablo Serra - FaMAF - UNC

2º semestre 2008

Objetivos

El curso estará dirigido a alumnos del Doctorado en Química, Biología, Ingenierías u otras disciplinas que precisen profundizar sus conocimientos en aspectos teóricos de fenómenos críticos y transiciones de fase. El curso cubrirá desde teorías fenomenológicas y campo medio hasta las modernas ideas de *scaling* y grupo de renormalización. En todos los temas se darán conceptos teóricos ejemplificados con aplicaciones concretas a sistemas como gases, modelos magnéticos, modelos de polímeros en redes, etc, utilizando particularmente el paradigmático modelo de Ising.

Las clases teóricas serán complementadas con guías de problemas. Para la aprobación del curso se requerirá una evaluación obligatoria que incluirá la entrega individual por parte de los alumnos de problemas seleccionados de las guías y una exposición oral de un tema específico una vez finalizado el dictado del curso.

- **Requisitos** : Nociones de termodinámica y mecánica clásica a un nivel de cursos de grado.
- **Carga Horaria** : 60 hs.
- **Inscripción y Dictado** : FaMAF - UNC
- **Horario** : 2 clases semanales de 2 horas cada una, por la tarde (se realizará una reunión para compatibilizar horarios antes de comenzar el curso).

Programa

1. Termodinámica de sistemas cooperativos

Fenomenología de las transiciones de fase. Repaso de Nociones generales de Termodinámica. Termodinámica de las transiciones de fase, el modelo fenomenológico de Van der Waals para gases no ideales. Termodinámica de sistemas magnéticos, el modelo fenomenológico de Curie-Weiss. Caracterización de transiciones de fase continuas por exponentes críticos.

2. Breve repaso de la Mecánica Clásica de muchos cuerpos

El formalismo de Hamilton. El espacio de las fases y la función densidad. El teorema de Liouville. Reversibilidad microscópica-irreversibilidad macroscópica.

3. Repaso de Mecánica Estadística

La hipótesis ergódica, conexión con la mecánica clásica, la hipótesis de igual probabilidad a priori, el ensamble microcanónico, conexión con la termodinámica: el principio de Boltzmann. Ejemplos: partículas no interactuantes: el gas ideal; spines no interactuantes: el paramagneto ideal. El ensamble canónico, conexión con la termodinámica. Ejemplos: partículas no interactuantes: el gas ideal; spines no interactuantes: el paramagneto ideal. El ensamble Gran-canónico.

4. Modelos y Soluciones Exactas en $d = 1, 2$

El rol de los modelos. Modelos continuos: el gas de Tonks, deducción de Ornstein de la ecuación de Van der Waals. Modelos definidos sobre redes: el modelo de Heisenberg de Ferromagnetismo, origen electrostático del Hamiltoniano de Heisenberg. El modelo de Heisenberg anisotrópico, casos particulares: $X-Y$ e Ising. Modelos equivalentes al modelo de Ising: el gas de red y la aleación binaria. Otros modelos de interés: el modelo de Blume-Emery-Griffiths y de Blume-Capel, el modelo n -vectorial y su relación con otros modelos. Solución exacta del modelo de Ising unidimensional a campo externo nulo y condiciones de contorno libres. La matriz de transferencia, solución exacta del modelo de Ising unidimensional con campo externo y condiciones periódicas de contorno. Simetrías y diagonalización por bloque de la matriz de transferencia. No existencia de transición de fase en sistemas unidimensionales. Planteo y análisis de resultados del modelo de Ising bidimensional a campo nulo. Orden de largo alcance, correlaciones de largo alcance; la función correlación, la longitud de correlación, exponentes críticos ν, ν' y η .

5. Teorías Clásicas de Fenómenos Críticos

Fundamentación microscópica de la ecuación de Curie-Weiss. Comentarios generales sobre soluciones *tipo* campo medio. El principio variacional de Gibbs, métodos variacionales: la desigualdad de Bogoliubov; aplicaciones: el modelo de Ising; el modelo de Blume-Capel: diagrama de fase, el punto tricrítico. Teoría fenomenológica de Landau para puntos críticos. Teoría fenomenológica de Landau para puntos tricríticos, exponentes tricríticos clásicos.

6. Teorías de Escala y el Grupo de Renormalización

Funciones homogéneas generalizadas. La energía libre de Landau como Función homogénea generalizada, exponentes críticos clásicos. La hipótesis de escala para la energía libre, obtención de las leyes de escala. La hipótesis de escala para la magnetización; hipótesis de escala para las correlaciones: exponentes ν y η . La construcción de Kadanoff. El grupo de renormalización, generalidades, puntos fijos y superficies críticas; exponentes críticos. Ejemplos: Modelo de Ising, decimación en $d=1$ y $d=2$.

Bibliografía

1. E. Stanley, *Introduction to Phase Transition and Critical Phenomena*, Oxford University Press (1971).
2. K. Huang, *Statistical Mechanics*, 2nd ed., John Wiley & Sons (1987).

3. N. Goldenfeld, *Lectures on Phase Transitions and the Renormalization Group*, Addison-Wesley (1992).
4. S. Salinas, *Introdução à Física Estatística*, Edusp (1997).