

PROGRAMA DE ASIGNATURA

ASIGNATURA: Introducción a la Teoría de los Fenómenos Críticos.	AÑO: 2023
CARACTER: Especialidad	UBICACIÓN EN LA CARRERA: 5° año 1° cuatrimestre
CARRERA: Licenciatura en Física	
REGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 horas

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

La teoría de fenómenos críticos y transiciones de fase es una de las áreas más relevantes de la Mecánica Estadística. Resulta de vital importancia para toda/o física/o que investigue en temas de materia condensada, tanto teóricos como experimentales.

La/el estudiante adquirirá familiaridad con importantes conceptos de fenómenos críticos y transiciones de fase y de herramientas fundamentales para la comprensión de estos fenómenos de la materia condensada. Se desarrollarán importantes métodos analíticos tanto para soluciones exactas como aproximadas, utilizando principalmente el modelo de Ising para estudiar soluciones exactas en dimensión uno y dos, teorías fenomenológicas y de campo medio, desarrollos en serie, culminando con el estudio de grupo de renormalización, cuya importancia excede el área de la materia condensada.

CONTENIDO
Termodinámica de Sistemas Cooperativos

Fenomenología de las transiciones de fase. 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. Definición de exponentes críticos, caracterización de transiciones de fase continuas por exponentes críticos. Desigualdades termodinámicas entre exponentes críticos. Descripción cualitativa de puntos multicríticos.

Modelos y Soluciones Exactas en dimensiones 1 y 2

El rol de los modelos. Modelos continuos: generalidades. El gas de Tonks, deducción de Orstein 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.

El modelo de Ising: magnetización espontánea y quiebre de simetría. Existencia del límite termodinámico. Diagramas de fase a temperatura nula, generalidades. Función correlación de pares, longitud de correlación. La matriz de transferencia, solución exacta del modelo de Ising unidimensional con campo externo para diferentes condiciones de contorno, la magnetización y la función correlación de pares. No existencia de transición de fase en sistemas unidimensionales. Generalización de la matriz de transferencia a sistemas quasi-bidimensionales. Uso de simetrías en el cálculo de los autovalores de la matriz de transferencia, ejemplo: sistemas invariantes ante inversión de spins y rotación discreta. Análisis de la solución exacta del modelo de Ising bidimensional a campo nulo. Escaleo para sistemas finitos. Ausencia de fase ferromagnética en el modelo X-Y en dimensión dos, el teorema de Mermin y Wagner; la transición de Kosterlitz-Thouless-Berezinskii.

Expansiones en Serie

Generalidades. Expansiones de alta temperatura, ejemplo: el modelo de Ising en la red cuadrada. Evaluación de la temperatura y exponentes críticos: el método de la razón. Expansiones para bajas temperaturas, transformación de dualidad, temperatura crítica exacta del modelo de Ising en

la red cuadrada (autodual). Relación triángulo-estrella, la temperatura crítica exacta del modelo de Ising en las redes triangular y hexagonal. Relación de la expansión de altas temperaturas de la función partición del modelo ($n \rightarrow 0$)-vectorial con la función gran-partición del modelo de polímeros lineales.

Teorías Clásicas de Fenómenos Críticos

Comentarios generales sobre soluciones tipo campo medio. Fundamentación microscópica de la ecuación de Curie-Weiss. La aproximación de Bethe-Peierls. El principio variacional de Gibbs, métodos variacionales: la desigualdad de Bogoliubov; aplicaciones: el modelo de Ising. Aproximación variacional para el modelo de Blume-Capel, diagrama de fases, el punto tricrítico. El modelo de Curie-Weiss. El árbol de Cayley, la red de Bethe. Solución del modelo de Ising ferromagnético como estudio de estabilidad de una relación de recurrencia; obtención de la ecuación de Curie-Weiss como límite de coordinación infinita; exponentes críticos. Teoría fenomenológica de Landau para puntos críticos, generalidades, modelos de Van der Waals y Curie-Weiss como expansiones en potencias del parámetro de orden. Exponentes críticos. Teoría fenomenológica de Landau para puntos tricríticos, exponentes tricríticos clásicos. El criterio de Ginzburg para validez de teorías tipo campo medio, exponentes ν , ν' y $\nu\eta$ clásicos.

Hipótesis de Escala y el Grupo de Renormalización

Funciones homogéneas generalizadas. La energía libre de Landau como Función homogénea generalizada, exponentes críticos clásicos a partir de la forma de escala. 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. Estudio de estabilidad de puntos fijos, cálculo de exponentes críticos. Casos particulares: regla de la mayoría y decimación. Aplicaciones al modelo de Ising: decimación en la cadena lineal. Decimación en la red cuadrada. Método de Niemeyer y Van Leeuwen (regla de la mayoría + expansión en cumulantes): el modelo de Ising en la red triangular. Discusión cualitativa de modelos que presentan más de un punto crítico o puntos multicríticos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- H. Nishimori y G. Ortiz, "Elements of Phase Transition and Critical Phenomena", Oxford University Press (2010). Hay copia en biblioteca.
- E. Stanley, "Introduction to Phase Transition and Critical Phenomena", Oxford University Press (1971).
- K. Huang, "Statistical Mechanics", second edition, John Wiley & Sons (1987). Hay copia en biblioteca.
- N. Goldenfeld, "Lectures on Phase Transitions and the Renormalization Group", Addison Wesley (1992). Hay copia en biblioteca.
- S. Salinas, "Introduction to Statistical Physics", Springer-Verlag (2001). Hay copia en biblioteca.
- C.J. Thompson, "Classical Equilibrium Statistical Mechanics", Clarendon Press (1988). Hay copia en biblioteca.
- Publicaciones y apuntes de clase.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- R. Baxter, "Exactly Solved Models in Statistical Mechanics", Academic Press, London, (1982).

EVALUACIÓN

FORMAS DE EVALUACIÓN

La materia tendrá régimen de regularidad y de promoción

REGULARIDAD

Para regularizar la materia se deberán cumplir los siguientes requisitos :

1. cumplir un mínimo de 70% de asistencia a clases teóricas.
2. aprobar 2 (dos) evaluaciones parciales con una nota no menor a 4. Cada parcial tendrá su recuperatorio.

PROMOCIÓN

Para promocionar la materia se deberán cumplir los siguientes requisitos :

1. cumplir un mínimo de 80% de asistencia a clases teóricas.
2. aprobar 3 (tres) evaluaciones parciales con una nota no menor a 6 (seis), y obteniendo un promedio no menor a 7 (siete).

CORRELATIVIDADES

Mecánica Cuántica I

Termodinámica y Mecánica Estadística II