



**CURSO DE POSGRADO**

<b>TÍTULO:</b> Introducción a la Teoría de Fenómenos Críticos	
<b>AÑO:</b> 2023	<b>CUATRIMESTRE:</b> PRIMERO
<b>CARGA HORARIA:</b> 60 HS. de teóricos	<b>NÚMERO DE CRÉDITOS:</b> 3
<b>CARRERA:</b> Doctorado en Física	
<b>DOCENTE ENCARGADO:</b> Pablo Serra	

<b>TEMAS DADOS (2023)</b>
<p><b>Unidad I: Termodinámica de Sistemas Cooperativos</b></p> <p>Fenomenología de las transiciones de fase. Termodinámica de las transiciones de fase, el modelo fenomenológico de Van der Waals para gases no ideales [14/03]. Termodinámica de sistemas magnéticos. El modelo fenomenológico de Curie-Weiss: diagramas de fase y exponentes críticos. Comparación con aspectos críticos del gas de Van der Waals [16/03]. Definición de exponentes críticos, caracterización de transiciones de fase continuas por exponentes críticos, las clases de universalidad [21/03]. [23/03 sin clases por corte de agua]. Desigualdades termodinámicas entre exponentes críticos. Descripción cualitativa de puntos multicríticos.</p> <p><b>Unidad II: Modelos y Soluciones Exactas en <math>d = 1</math></b></p> <p>Que esperamos de la mecánica estadística como teoría para explicar y calcular transiciones de fase. El rol de los modelos. Modelos continuos: generalidades. El gas de esferas rígidas en <math>d = 1</math> (gas de Tonk) [28/03]. 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: <math>X - Y</math> 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 <math>n</math>-vectorial y su relación con otros modelos.</p> <p>El modelo de Ising: magnetización espontánea y quiebre de simetría [30/03].</p> <p>El modelo en dimensión uno: Condiciones para la existencia del límite termodinámico. Diagrama de fase a temperatura nula. Solución exacta por el método de la matriz de transferencia para el caso con campo externo y condiciones periódicas de contorno [04/04]. Función correlación de pares y longitud de correlación: definiciones y propiedades generales. Cálculo de la magnetización y la función correlación de pares utilizando matriz de transferencia. Uso de simetrías en el cálculo de los autovalores de la matriz de transferencia, ejemplo: sistemas invariantes ante inversión de spines [11/04].</p> <p>Solución exacta del modelo <math>n</math>-vectorial en <math>d = 1</math>. No existencia de transición de fase en sistemas unidimensionales: por argumento de Landau y como corolario del teorema de Perron-Frobenius.</p>



### **Unidad III: Modelo de Ising en $d = 2$ - Soluciones Exactas**

Argumento de Peierls para la existencia de fase ferromagnética para el modelo de Ising en  $d = 2$  [13/04]. Modelos equivalentes al modelo de Ising: el gas de red. Generalización de la matriz de transferencia a sistemas quasi-bidimensionales [18/04]. [20/04 no hubo clases, 25/04 primer parcial]. Solución exacta del modelo de Ising en la red cuadrada a campo nulo; análisis de su energía libre y exponentes críticos [27/04]. El modelo de Ising antiferromagnético: su relación con el modelo ferromagnético en redes bipartitas. La red triangular: frustración, entropía finita a  $T = 0$ . Frustración producida por interacciones competitivas.

### **Unidad IV: Expansiones en Serie**

Generalidades. Expansiones de alta temperatura, ejemplo: el modelo de Ising en la red cuadrada [02/05]. Evaluación de  $T_c$  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 [04/05].

Relación de la expansión de altas temperaturas de la función partición del modelo ( $n \rightarrow 0$ )—vectorial con la función gran-partición de un modelo gas de red para polímeros lineales.

Modelos con simetría continua: El teorema de Mermin y Wagner. El modelo  $x - y$ : demostración del teorema para este modelo [09/05]; la transición de Kosterlitz y Thouless [11/05].

### **Unidad V: 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 [16/05], su diagrama de fases, el punto tricrítico. El Hamiltoniano de Curie-Weiss [18/05]. 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. Teoría fenomenológica de Landau para puntos críticos, generalidades [30/05]. Modelos de Van der Waals y Curie-Weiss como expansiones en potencias del parámetro de orden. Exponentes críticos de la teoría de Landau. El caso de puntos tricríticos, diagrama de fases y exponentes tricríticos clásicos [01/06]. Exponentes  $\nu$ ,  $\nu'$  y  $\eta$  clásicos, El criterio de Ginzburg para validez de teorías tipo campo medio.

### **Unidad V: 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 [06/06]. 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  $\nu$  y  $\eta$  [08/06].



La construcción de Kadanoff. El grupo de renormalización en el espacio real, generalidades, puntos fijos y superficies críticas [13/06] 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 [15/06]. Método de Niemeyer y Van Leeuwen (regla de la mayoría + expansión en cumulantes): el modelo de Ising en la red triangular. *Scaling* para el fenómeno de *crossover*. Discusión cualitativa de modelos que presentan mas de un punto crítico incluyendo un punto tricrítico. RG y *Scaling* para sistemas finitos (*finite-size scaling*) [22/06].