

## **Fenomenología de la Materia Condensada I: Espectroscopía / Termodinámica** (ambas partes con contenido de magnetismo).

### **Propiedades Espectroscópicas**

#### **Fundamentos:**

-Deducción de la estructura de niveles de energía en átomos. Aproximación de campo central. Interacción spin-órbita. Efectos del núcleo en la estructura atómica: estructura hiperfina. Reglas de selección. Efectos de la aplicación de un campo magnético: Interacción Zeeman, factor de Landé, efecto Paschen-Back, efecto Back-Goudsmit. Efecto del campo cristalino en sólidos. Desarrollo en serie para simetrías ortorrómbica, tetragonal y cúbica tetraédrica y octaédrica. Diagonalización del Hamiltoniano en presencia de un campo magnético.

-Excitaciones de cuasipartículas: fonones, plasmones, polaritones, polarones, excitones, magnones.

-Interacción de radiación con la materia: función dieléctrica, frecuencia de plasma, reflectividad, relaciones de Kramers-Kronig. Relación de Clausius-Mossotti.

Comparación de mecanismos espectroscópicos según la energía de excitación involucrada y sus tiempos característicos.

#### **Fenómenos de baja energía:**

-Resonancia Paramagnética Electrónica: Ecuaciones de Bloch, tiempos de relajación T1 y T2, susceptibilidad compleja. Formas de línea: ensanchamiento dipolar, motional narrowing, angostamiento por intercambio. Relajación a la red vía fonones (procesos directo, Raman, Orbach) y electrones (Korringa). Hamiltoniano de spin efectivo: interacciones Zeeman, campo cristalino, hiperfina, cuadrupolar.

-Resonancia Nuclear Magnética: corrimiento químico. NMR pulsado: secuencias 90° y spin-eco. Ángulo mágico de rotación para NMR. Knight Shift. Resonancia nuclear cuadrupolar.

-Espectroscopía con rayos gamma: Efecto Mössbauer. Tipos de fuentes, corrimiento isomérico, desdoblamiento cuadrupolar eléctrico, interacción Zeeman.

-Ejemplos experimentales

#### **Fenómenos de energía intermedia:**

-Efecto Raman: líneas Stokes y antiStokes, relación entre las intensidades, efecto de la simetría del cristal, tensor Raman, notación de Porto.

-Espectroscopía Infrarroja: NIR, MIR, FIR, modos vibracionales en moléculas. Espectroscopía Infrarroja por transformada de Fourier.

-Microscopía y Espectrometría por efecto túnel: corriente túnel, densidad de estados ocupados y desocupados.

-Microscopías de fuerza: atómica, magnética, eléctrica, etc.

-Generación y detección de neutrones. Scattering de neutrones elástico (coherente e incoherente), e inelástico. Relación de dispersión de fonones. Scattering magnético.

-Ejemplos experimentales

#### **Fenómenos de alta energía:**

-Fluorescencia de rayos-X, fotoionización, competencia entre recombinación radiativa (análisis EDX) y emisión de electrones Auger.

-Espectroscopía de fotoelectrones: Auger, XPS, UPS. Absorción de rayos X: técnicas de estudio del borde de absorción XANES, EXAFS.

-Espectrometría con electrones: EELS. Regiones de energías bajas, intermedias y altas. Estructura cerca del borde de absorción. ELNES, EXELFS.

- Espectroscopía con átomos y con iones de muy altas energías: Rutherford Back Scattering, Elastic Recoil Detection. Altas Energías: Secondary Ion Mass Spectroscopy.
- Ejemplos experimentales

## **Propiedades Termodinámicas**

### **I. - Conceptos Generales :**

Tipos de estados de equilibrio. Tiempos y longitudes características. Escalas de energía. Respuesta a excitaciones externas. Parámetros extensivos e intensivos, internos y de control externo. Definición a partir de la Energía libre. Partículas y quasipartículas: propiedades térmicas según su función de distribución.

### **II. - Materia condensada:**

Gas de electrones y líquido de Fermi. Formación de bandas, densidad de estados. . Paramagnetismo de Pauli. Diagrama de Slater-Pauling. Interacciones: electrón-fonón (fórmula de Mac Millan), electrón-magnón (factor de Stoner) y electrón-electrón (efecto Kondo, Fermiones Pesados).Electrones libres, localizados. Magnetorresistencia.

### **III. - Excitaciones Térmicas**

Estados electrónicos excitados: Metales de Transición y Tierras Raras. Interacción spín-órbita: aplicación de las Reglas de Hund. Susceptibilidad de Van Vleck. Simetrías cristalinas y efecto de Campo Cristalino. Anomalías de Schottky. Interacciones magnéticas: dipolar, intercambio o doble intercambio y RKKY. Vidrios de Spin y 'Clusters'. Fluctuaciones de Spin. Ejemplos experimentales.

### **IV. - Transiciones de fase:**

Energía Libre y parámetro de orden (Ginsburg-Landau). Orden de las transiciones. Relaciones de Ehrenfest. Transiciones Orden-Desorden, magnéticas y Superconducto-ras. Ruptura de simetría: Teoría de Landau del ferromagnetismo. Modelos de Heisenberg y de Ising. Frustración magnética y fases exóticas. Puntos críticos. Exponentes críticos.. Ejemplos experimentales.

### **V. - Fases ordenadas:**

Diagramas de Fase. Función de Brillouin y el calor específico. Tipos de Orden Magnético: ferro-, anti- y ferri-magnetismo. Modelo de Weiss. Efecto del campo magnético. Dimensionalidad y anisotropía. Orden helicoidal. Magnones: relaciones de dispersión, ley de Bloch. Ondas de densidad de spin. Formación de dominios. Superconductores no convencionales. Ejemplos experimentales.

## **Bibliografía**

- Solid State Spectroscopy, H. Kuzmany, *Springer*, 1998.
- Fundamentals of Nanoscale Film Analysis, T. Alford, L. Feldman, J. Mayer, Springer, 2007.
- Handbook of Applied Solid State Spectroscopy, D. R. Vij, *Springer*, 2006
- Encyclopedia of Material Characterization, Surfaces, Interfaces, Thin films, C. R. Brundle, *Ed. Butterworth-Heinemann*, 1992.
- Condensed Matter Physics, M. Marder, *Wiley*, 2000.
- Introduction to solid state physics, Charles Kittel. 7th ed. *New York:Wiley*, 1996.
- Quantum Theory of Magnetism, Robert M. White, 3<sup>rd</sup> edition *Springer*, 2007.
- B.D. Cullity: Introduction to Magnetic Materials . ADDISON- WESLEY, 1972
- C.M. Hurd: Varieties of Magnetic Order in Solids, *Contemp.Phys.* 23 (1982) 469
- L. J. de Jongh and A. R. Miedema: Experiments on simple magnetic model system. *Advances in Physics*, Volumen 50, N°8, 2001, p. 947.

- A. H. Morrish: The physical principles of magnetism. John Wiley & Sons, Inc. NY S.
  - Blundell: Magnetism in condensed matter. Oxford Ser. in Cond. Mat. Phys. I, 2004
  - J.A. Mydosh: Spin Glasses, Taylor & Francis, London 1993.
  - M.B. Mable: Magnetic impurities in Superconductors, Applied Physics 9 (1976) 179.
  - B. Barbara, D. Ginoux, C. Vettier: Lectures on Modern Magnetism, Science Press, Springer Verlag 1988.
-