

## FI7005 Mecánica Estadística Avanzada

Fernando Lund

### 9 Créditos

**REQUISITOS:** Mecánica Cuántica; Mecánica Estadística

**CARÁCTER:** Electivo Doctorado y Magíster en Física.

**DESCRIPCIÓN:** El curso explora la frontera de la Mecánica Estadística, desde el punto de vista de los fenómenos asociados a los materiales amorfos que ella *no* es capaz de explicar. Se desarrollará sobre la base de exposiciones de los alumnos acerca de lecturas asignadas y guiadas, luego de introducciones a cargo del profesor.

Cada uno de los temas (2 al 6) indicados más abajo está pensado para ocupar a un(a) estudiante durante todo el semestre.

### **CONTENIDOS:**

- 1. INTRODUCCIÓN: Perspectiva de la fenomenología de los amorfos (REFS: R. Zallen, “The Physics of Amorphous Solids, Wiley 2004; J. P. Sethna, “Entropy, Order Parameters and Complexity”, Oxford, 2020).**
  - a. Estructura y función correlación de pares
  - b. Técnicas de caracterización estructural
  - c. La viscosidad cerca de la transición vítrea
  - d. Densidad de estados de vibración
  - e. Atenuación de ultrasonidos
  - f. Propiedades eléctricas y ópticas
- 2. TEMA: Propiedades térmicas de los materiales amorfos a bajas temperaturas y el modelo de los “sistemas de dos niveles” (“Two Level Systems”---TLS).** Este tema comienza con tres artículos clásicos: las medidas de calor específico y conductividad térmica de R. C. Zeller y R. O. Pohl, “Thermal Conductivity and Specific Heat of Noncrystalline Solids”, Phys. Rev. B 4, 2029 (1971), las propuestas teóricas de P. W. Anderson, B. I. Halperin and C. M. Varma, “Anomalous lowtemperature thermal properties of glasses and spin glasses, Philos. Mag. 25, 1 (1972) y W. A. Phillips, “Tunneling states in amorphous solids”, para culminar con las proposiciones recientes de H. V. Caruzzo and C. C. Yu, “Why Phonon Scattering in Glasses is Universally Small at Low Temperatures”, Phys. Rev. Lett. 124, 075902 (2020).
- 3. TEMA: Vidrios de espin.**

Aquí el comienzo es también un artículo clásico: S. F. Edwards and P. W. Anderson, “Theory of Spin Glasses”, *J. of Phys. F: Met. Phys.* 5, 965 (1975), continúa con el modelo de D. Sherrington and S. Kirkpatrick, “Solvable Model of a Spin Glass”, *Phys. Rev. Lett.* 35, 1792 (1975), y los artículos de Parisi acerca del rompimiento de la simetría de réplicas (reproducidos en el libro de M. Mezard, G. Parisi and M.A. Virasoro, “Spin Glass Theory and Beyond”, World Scientific, 1993). Dependiendo del interés del estudiante, este tema puede ramificar hacia el estudio de los problemas de redes neuronales, o de optimización. Dos perspectivas recientes son los artículos de G. Parisi, “Spin glasses and fragile glasses: Statics, dynamics, and complexity”, *PNAS* 103, 7948 (2006), y de D. Sherrington, “Physics and Complexity”, *Phil. Trans. R. Soc. A* 368, 1175 (2010).

**4. TEMA: La transición vítrea y la teoría de la transición aleatoria de primer orden (Random First Order Transition---RFOT)**

Este tema comienza con el artículo clásico de G. Adam and J.H. Gibbs, “On the Temperature Dependence of Cooperative Relaxation Properties in Glass-Forming Liquids”, *J. Chem. Phys.* 43, 139 (1965) y explora la evolución del tema siguiendo el artículo de revisión de V. Lubchenko y P. G. Wolynes, “Theory of Structural Glasses and Supercooled Liquids”, *Annu. Rev. Phys. Chem.* 58, 235 (2007). Culmina con las interpretaciones recientes en términos de “cuerdas”, enfatizadas por J. D. Stevenson, J. Schmalian and P. G. Wolynes, “The shapes of cooperatively rearranging regions in glass-forming liquids”, *Nature Phys.* 2, 268 (2006) y por W. H. Wang, “Dynamic relaxations and relaxation-property relationships in metallic glasses”, *Prog. Mater. Sci.* 106, 100561 (2019).

**5. TEMA: Propiedades mecánicas de los vidrios metálicos.**

Este tema se enfoca principalmente en el estudio numérico de la deformación plástica de los vidrios metálicos, y supone familiaridad con el estudio numérico de sistemas de partículas usando dinámica molecular. Comienza con un clásico, el artículo de A. S. Argon and H. Y. Kuo, “Plastic Flow in a Disordered Bubble Raft (an Analog of a Metallic Glass)”, *Mater. Sci. Eng.* 39, 101 (1979), sigue con M. L. Falk and J. S. Langer, “Dynamics of viscoplastic deformation in amorphous solids”, *Phys. Rev. E* 57, 7192 (1998), y con D. Rodney, A. Tanguy and D. Vandembroucq, “Modeling the mechanics of amorphous solids at different length scales and time scales”, *Modell. Simul. Mater. Sci. Eng.* 19, 082001 (2011) y culmina con M. Sepúlveda-Macías, G. Gutierrez and F. Lund, “Precursors to plastic failure in a numerical simulation of CuZr metallic glass”, *J. Phys.: Condens Matter* 32, 174003 (2020).

**6. TEMA: Teoría de acoplamiento de modos (Mode coupling theory---MCT).** Este tema comienza con el formalismo de Mori-Zwanzig (expuesto en el Cap. 8 del libro de R. Zwanzig, “Nonequilibrium Statistical Mechanics”, Oxford, 2001) y luego sigue el artículo de revisión de D. R. Reichman and P. Charbonneau, “Mode Coupling theory”, *J. Stat. Mech.* P05013 (20025) para culminar con la monografía de W. Schirmacher, “Theory of Liquids and Other Disordered Media”, (Springer, 2015).