

## FI-7005 MECÁNICA ESTADÍSTICA: MATERIALES AMORFOS (Advanced Statistical Mechanics: Amorphous Materials)

Profesor: Fernando Lund P.

15 U.D.

**REQUISITOS:** FI-4001 Mecánica Cuántica y FI-4104 Mecánica Estadística

**CARÁCTER:** Electivo para la Licenciatura y el Postgrado 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.

### **CONTENIDOS:**

#### **1. Perspectiva de la fenomenología de los amorfos**

- a. Estructura y función correlación de pares
- b. Técnicas de caracterización estructural
- c. La estructura de los cuasi-cristales: ¿Estado intermedio entre cristal y amorfo?
- d. La viscosidad cerca de la transición vítrea
- e. Densidad de estados de vibración
- f. Atenuación de ultrasonidos

#### **2. Termodinámica y transiciones en materiales amorfos**

- a. Transiciones de fase de primer y segundo orden
- b. Fenómenos críticos
- c. Teorías de campo promedio
- d. Teorías de campo promedio que dependen de la escala
- e. El grupo de renormalización.
- f. La transición vítrea: fenomenología.
- g. Teoría de acoplamiento de modos
- h. Materiales con memoria de forma
- i. Transición martensita-austenita
- j. Vidrios calcogénidos y la transición cristal-amorfo con memoria.

#### **3. Fenómenos de transporte en los amorfos**

- a. Conductividad eléctrica
  - i. Localización de estados electrónicos
- b. Conductividad térmica
  - i. Bajas temperaturas: sistemas de dos niveles
- c. Transporte de momentum: viscosidad cerca de la transición vítrea (bis)

#### 4. Respuesta en los amorfos

- a. Teoría de la respuesta lineal
- b. Fluctuación-disipación
- c. Propiedades mecánicas
  - i. Deformación plástica
- d. Propiedades dieléctricas
- e. Respuesta dinámica

#### 5. Cinética

- a. Teoría de la nucleación
- b. Transiciones activadas térmicamente: teoría de Arrhenius

### **BIBLIOGRAFIA.**

- Apuntes y Textos:
  - A. Tanguy, Lectures at the “Dynamics of Disordered and Heterogeneous Media” School held in Santiago, December 2010.
  - S. M. Allen and E. L. Thomas “The Structure of Materials”, Wiley (1999).
  - C. Domb, “The Critical Point”, Taylor and Francis (1996).
  - J. P. Sethna, “Statistical Mechanics, Entropy, Order Parameters, and Complexity”, Oxford (2011).
  - R. Zallen, “The Physics of Amorphous Solids”, Wiley (1998).
  - C. Janot, “Quasicrystals, A primer”, 2<sup>nd</sup> Ed., Oxford (1998).
  - J J Binney, N J Dowrick, A J Fisher and M E J Newman, “The Theory of Critical Phenomena, An Introduction to the Renormalization Group”, Oxford (1999).
- Artículos de revisión:
  - F. H. Stillinger and P G DeBenedetti, “Glass Transition Thermodynamics and Kinetics”, Annu. Rev. Condens. Matter Phys. 4, 263-285 (2013).
  - J C Mauro, “Grand challenges in glass science”, Frontiers in Materials 1, 1 (2014).
  - M D Ediger and P Harrowell, “Perspective: Supercooled liquids and glasses”, J. Chem Phys 137,080901 (2012).
  - M Nardone, M Simon, I V Karpov and V G Karpov, “Electrical conductivity in chalcogenide glasses of phase change memory”, J Appl Phys 112, 071101 (2013).
  - C A Angell, “Amorphous Water”, Annu. Rev. Phys. Chem. 55, 559-583 (2004).
  - J S Langer, “Theories of Glass Formation and the Glass Transition”, arXiv:1308.6544v2
  - L. Berthier and G Biroli, “Theoretical perspective on the glass transition and amorphous materials”, Rev Mod Phys, 83, 587 (2011).
  - G Szamel, “Mode-coupling theory and beyond: A diagrammatic approach”, Prog Theor Exp Phys 012J01 DOI: 10.1093/ptep/pts036 (2013).
- Estructura:
  - Z. H. Stachurski, “On structure and properties of Amorphous Materials”, Materials 4, 1564-1598 (2011)



Física  
FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

- C P Goodrich, A J Liu and S R Nagel, “Solids between the mechanical extremes of order and disorder”, *Nature Phys.* 10, 578-581 (2014)
- Transiciones:
  - G Bruns et al., “Nanosecond switching in GeTe phase change memory cells”, *App. Phys. Lett.* 95, 043108 (2009)
  - S Roux, D. Ielmini, M Wuttig and I Karpov, “Phase Change Materials”, *MRS Bulletin* 37, 118 (2012).
  - A Baldi, T C Narayan, A L Koh and J A Dionne, “In situ detection of hydrogen-induced phase transitions in individual palladium nanocrystals”, *Nature Mater.* 13, 1143 (2014).
  - J Hegedüs and S R Elliot, “Microscopic origin of the fast crystallization ability of Ge-Sb-Te phase-change memory materials”, *Nature Mater.* 7, 399 (2008).
- Cinética:
  - M M Aziz and C D Wright, “A transfer function approach to reaction rate analysis with applications to phase-change materials and devices”, *App. Phys Lett* 103, 113501 (2013).
- Transporte:
  - Y M Beltukov, V I Kozub and D A Parshin, “Ioffe-Regel criterion and diffusion of vibrations in random lattices”, *Phys Rev B* 87, 134203 (2013).
  - J Robertson, “Physics of amorphous semiconductors”, *J Non-Cryst. Sol.* 354, 2791-2795 (2008).
- Respuesta mecánica:
  - Y Yang et al., “Probing Stochastic Nano-Scale Inelastic Events in Stressed Amorphous Metal”, *Nature Sci. Rep.*, 4 : 6699 DOI: 10.1038/srep06699 (2014).
  - A I Chumakov et al., “Role of disorder in the thermodynamics and atomic dynamics of glasses”, *Phys Rev Lett*, 112, 025502 (2014).

Semestre Primavera, Año 2015.-