

MATERIALES CUÁNTICOS

Contenido Programático

Nombre del curso:	Materiales Cuánticos (posgrado); Introducción a Materiales Cuánticos (pregrado - ciclo 1); Tópicos en Materiales Cuánticos (pregrado – ciclo 2)
Código del curso:	FISI-4740; FISI-3740; FISI-3750
Profesor:	Paula Giraldo Gallo
Unidad Académica:	Departamento de Física
Prerrequisitos:	Mecánica Cuántica 1, Física del Estado Sólido
Créditos:	4 créditos (posgrado); 2 créditos cada ciclo (pregrado)

I. Introducción

“Materiales Cuánticos” es un término que actualmente cobija a materiales cuyas propiedades surgen, ya sea de correlaciones electrónicas fuertes, o de características geométricas particulares de las funciones de onda electrónicas. Esta categoría incluye a los materiales magnéticos, superconductores, superfluidos, aislantes y semimetales topológicos, entre otros, cuya física no puede ser entendida a partir de modelos semiclásicos. Este curso busca realizar una descripción asequible, pero basada en principios físicos fundamentales, de una variedad de fenomenologías relevantes y de actual interés en la física de los materiales cuánticos. Para realizar estas descripciones se realizará inicialmente una definición de conceptos básicos, para luego identificar cómo estos se manifiestan en materiales específicos y de interés actual donde estas fenomenologías están presentes.

II. Objetivos de aprendizaje

El curso tiene como objetivos:

- Describir fenomenologías presentes en materiales cuánticos de interés actual basados en principios básicos de la física del estado sólido, la mecánica cuántica y la física estadística, tales como:
 - Superconductividad
 - Magnetismo
 - Ondas de densidad de carga
 - Fases topológicas en la materia
 - Termoelectricidad
 - Optoelectrónica
 - Presentar la forma en la que dichas fenomenologías se manifiestan en materiales concretos y de alto interés en la investigación actual en materia condensada.
 - Introducir algunos de los materiales cuánticos más enigmáticos en la actualidad, y presentar algunas de las preguntas abiertas más importantes relacionadas a los estados base que estos presentan.
 - Fomentar la búsqueda de tópicos actuales en materia condensada, ampliando las posibilidades de los estudiantes en la escogencia de sus temas de investigación afines a esta área.
-

III. Competencias a desarrollar

Al finalizar el curso, se espera que el estudiante esté en capacidad de:

- Identificar y describir las características que definen los estados base de materiales superconductores, magnéticos, con ondas de densidad de carga, topológicos, termoeléctricos, y los usados en optoelectrónica.
 - Describir las cantidades físicas que se miden experimentalmente para identificar dichos estados base en materiales cuánticos.
 - Identificar a los materiales más representativos que presentan dichas fenomenologías.
 - Enumerar una variedad de preguntas abiertas relacionadas a las fenomenologías mencionadas, y a los materiales que las presentan.
 - Identificar posibles aplicaciones tecnológicas que exploten la existencia de estos estados base novedosos en los materiales cuánticos.
 - Continuar alimentando su curiosidad por temas relacionados con los materiales cuánticos a través de la lectura de artículos científicos recientes.
-

IV. Contenido por semanas

<i>Semana 1:</i>	Introducción al curso, motivación. Repaso de vibraciones en sólidos, fonones.
<i>Semana 2:</i>	Repaso de electrones en metales: Estructura de bandas, semiconductores.
<i>Semana 3:</i>	Estructura electrónica: efectos Shubnikov-de Haas y de Haas- Van Alphen
<i>Semana 4:</i>	Transiciones de fase clásicas: tratamiento de Landau, campo medio.
<i>Semana 5:</i>	Transiciones de fase cuánticas: puntos críticos cuánticos, transiciones metal-aislante
<i>Semana 6:</i>	Transiciones de fase cuánticas; Magnetismo: Origen, tipos de orden magnético.
<i>Semana 7:</i>	Magnetismo: teoría de campo medio, onda de densidad de espín, temas avanzados
<i>Semana 8:</i>	Artículos/Presentaciones de la primera mitad del semestre
<i>Semana de Receso</i>	
<i>Semana 9:</i>	Superconductividad: Fenomenología, Teoría BCS
<i>Semana 10:</i>	Superconductores de alta temperatura crítica: Cupratos, pnicturos.
<i>Semana 11:</i>	Onda de densidad de carga
<i>Semana 12:</i>	Fases topológicas de la materia: introducción, aislantes topológicos
<i>Semana 13:</i>	Fases topológicas de la materia: semimetales de Weyl
<i>Semana 14:</i>	Materiales termoeléctricos
<i>Semana 15:</i>	Dispositivos optoelectrónicos
<i>Semana 16:</i>	Artículos/Presentaciones de la segunda mitad del semestre.

V. Metodología

El curso se desarrollará a través de clases teóricas, en las cuales se presentarán las definiciones de los conceptos básicos asociados a cada tema, para luego enfocarse a identificar las manifestaciones experimentales de cada fenómeno en materiales específicos y de interés actual. A lo largo del semestre cada estudiante escogerá dos materiales diferentes que presenten las fenomenologías expuestas, escribirán un artículo tipo “review” sobre los materiales escogidos, y realizarán una presentación oral sobre el tema.

VI. Evaluación

Posgrado:

- 30% Tareas teóricas.
- 15% Artículo de la primera mitad del semestre.
- 15% Presentación oral de la primera mitad del semestre.
- 15% Artículo de la segunda mitad del semestre.
- 15% Presentación oral de la segunda mitad del semestre.
- 10% Quices.

Pregrado:

- 30% Tareas teóricas.
 - 30% Artículo.
 - 30% Presentación oral.
 - 10% Quices.
-

VII. Bibliografía

No existe un libro que cubra todos los temas de este curso. Los temas introductorios pueden encontrarse en:

1. N. W. Ashcroft y N. D. Mermin. “*Solid State Physics*”, Editorial Brooks/Cole, 1976.
2. C. Kittel. “*Introduction to Solid State Physics*”, Editorial Wiley, 8va edición
3. J. R. Hook and H. E. Hall, “*Solid State Physics*”. Editorial Wiley, 2da edición.
4. S.H. Simon. “*The Oxford Solid State Basics*”, Oxford University Press, 2013.

Para los temas más avanzados y específicos a algunas de las fenomenologías que estudiaremos, se recomienda:

5. S. Blundell. “*Magnetism in Condensed Matter*”, Oxford University Press, 2001.
6. J. F. Annett. “*Superconductivity, Superfluids and Condensates*”, Oxford University Press, 2004.
7. G. Grüner. “*Density Waves in Solids*”, Taylor and Francis, 2018.
8. D. Shoenberg. “*Magnetic Oscillations in Metals*”, Cambridge University press, 1984.

Además de diversos artículos de “review”, y capítulos de libros, que iremos recomendando a lo largo del semestre, como por ejemplo:

9. M. Votja. “*Quantum Phase Transitions*”. *Rep. Prog. Phys.* **66** (2003) 2069–2110.
 10. B. Keimer et al. “*From quantum matter to high-temperature superconductivity in copper oxides*”. *Nature* **518** (2015) 179.
 11. M. Z. Hasan and C. L. Kane. “*Colloquium: Topological Insulators*”. *Rev. Mod. Phys.* **82** (2010) 3045.
 12. N. P. Armitage et al. “*Weyl and Dirac semimetals in three-dimensional solids*”. *Rev. Mod. Phys.* **90** (2018) 015001.
 13. M. Buscema et al. “*Photocurrent generation with two-dimensional van der Waals semiconductors*”. *Chem. Soc. Rev.* **44** (2015) 3691-3718.
-