

## SUPERFLUIDOS, SUPERCONDUCTORES Y CONDENSADOS

Juan José Mendoza Arenas, Paula Giraldo Gallo

NOMBRE DEL CURSO: Superfluidos, superconductores y condensados

CÓDIGO DEL CURSO: FISI-3767 (Pregrado) y FISI-4767 (Posgrado)

UNIDAD ACADÉMICA: Departamento de Física

PERIODO ACADÉMICO: 2018-10

HORARIO: Mi y Vi, 12:30 - 1:50 pm

PRERREQUISITOS: Mecánica Cuántica 1 y Física Estadística

CORREQUISITOS: Física del Estado Sólido

---

NOMBRE PROFESOR PRINCIPAL: Juan José Mendoza Arenas

CORREO ELECTRÓNICO: [jj.mendoza@uniandes.edu.co](mailto:jj.mendoza@uniandes.edu.co)

HORARIO Y LUGAR DE ATENCIÓN: IP-304, en cualquier momento.

NOMBRE PROFESORA PRINCIPAL: Paula Giraldo Gallo

CORREO ELECTRÓNICO: [pl.giraldo136@uniandes.edu.co](mailto:pl.giraldo136@uniandes.edu.co)

HORARIO Y LUGAR DE ATENCIÓN: I-201, en cualquier momento.

---

### I Introducción

Este curso pretende formar a los estudiantes en la teoría básica de superfluidos y superconductores, en los modelos cuánticos más importantes para explicar sus propiedades, y en la observación de su surgimiento y características a nivel experimental. Dejando de lado métodos matemáticos avanzados, el curso se enfocará en el estudio de las propiedades más fundamentales de estos estados de la materia, a partir de conceptos de mecánica cuántica, estado sólido y física estadística. Los experimentos se desarrollarán en colaboración con los Laboratorios de Docencia, Superconductividad y Nanomagnetismo, como se indica en cada práctica.

### II Objetivos

Los objetivos principales del curso son:

- Estudiar la fenomenología más importante de estados superfluidos y superconductores, a nivel teórico y experimental.
- Presentar los modelos más básicos utilizados para explicar diversas propiedades de superfluidos y superconductores.
- Discutir áreas actuales de investigación teórica y experimental en superfluidos y superconductores.

### III Competencias a desarrollar

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

- Entender la teoría básica de condensación de gases bosónicos ideales y débilmente interactuantes.
- Explicar diferentes manifestaciones de superfluidez en Helio 4, y reconocerlas a nivel experimental.

- Describir las propiedades más importantes de sistemas superconductores, y reconocer su caracterización experimental.
- Entender las teorías básicas usadas para describir propiedades de superfluidos y superconductores (dos fluidos, London, Ginzburg-Landau).
- Conocer la teoría BCS para superconductores convencionales (singlete) y Helio 3 superfluido (tripleto).
- Reconocer las características más importantes de superconductores (no convencionales) de alta temperatura y fermiones pesados.

## IV Contenido por semanas

*Parte1: Estadísticas cuánticas y condensados de Bose-Einstein*

**Semana 1.** Introducción, Estadística de Bose-Einstein, Condensación de bosones, Estadística de Fermi-Dirac.

**Semana 2.** Condensados en átomos fríos, Ecuación de Gross-Pitaevskii.

*Parte2: Fenomenología de superfluidos y superconductores*

**Semana 3.** Observaciones experimentales de Helio 4 superfluido, Modelo de dos fluidos.

**Semana 4.** Vorticidad en superfluidos, Cuasipartículas. *Experimento: Resonancia y viscosidad en He-superfluido (Laboratorio de Nanomagnetismo).*

**Semana 5.** Conducción en metales, Observaciones experimentales de superconductividad, Resistividad cero, Efecto Meissner. *Experimentos: Efecto Meissner, y resistividad vs temperatura (Laboratorio de Nanomagnetismo).*

**Semana 6.** Superconductividad tipo I y II, Formalismo de London, Teoría de Ginzburg-Landau.

*Parte 3: Teoría de superfluidos y superconductores*

**Semana 7. Primer Examen - Experimento: Susceptibilidad magnética en superconductores tipo II (Laboratorio de Nanomagnetismo).**

**Semana 8.** Cuantización de flujo, Estados coherentes.

**Semana 9.** ODLRO, Efecto Josephson, Coherencia Macroscópica. Dinámica de vórtices. *Experimento: Corriente crítica en superconductores de alta temperatura crítica (Laboratorio de Nanomagnetismo).*

**Semana de trabajo individual**

**Semana 10.** Pares de Cooper, Introducción a teoría BCS.

**Semana 11.** Teoría BCS a temperatura finita, Predicciones de teoría BCS.

*Parte 4: Temas avanzados (Tentativo)*

**Semana 12.** Helio 3 superfluido.

**Semana 13.** Superconductividad de alta temperatura crítica (cupratos, pnicturos) y fermiones pesados. *Experimento: Medidas de temperatura de pseudogap ó de líquido marginal de Fermi en superconductores de alta temperatura crítica (Laboratorio de Nanomagnetismo).*

**Semana 14.** Superconductividad fuera del equilibrio.

**Semana 15.** Exposiciones finales de los estudiantes.

**Posibles temas de exposición final.** Supersólidos, superconductores a 200K, superfluidos de átomos fríos en redes ópticas, Crossover BEC-BCS, BEC en sistemas magnéticos, solitones en BECs, efecto Josephson en superfluidos, fase Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov, BEC a temperatura ambiente, criticalidad cuántica en HTSC, transición superconductor-aislante, aproximación Werthamer-Helfand-Hohenberg (WHH).

## V Metodología

La metodología que se seguirá en el curso corresponde a clases teóricas todas las semanas, y varias observaciones experimentales. Estas últimas se desarrollarán en colaboración con los Laboratorios de Superconductividad y Nanomagnetismo del Departamento, con el fin de afianzar temas previamente discutidos. Para ello se realizará un montaje experimental donde se llevarán a cabo las medidas requeridas frente a los estudiantes, se les brindarán los datos, y se les solicitará la redacción de un informe con el análisis de los resultados obtenidos (20%). Así mismo se realizarán talleres de ejercicios teóricos, para reforzar las habilidades de desarrollar cálculos analíticos (20%). En la mitad del curso se realizará un examen escrito sobre la teoría de condensados y la fenomenología de superconductores y superfluidos (30%). Al final del curso los estudiantes realizarán una presentación individual de un tema de interés actual, que podrán escoger de la lista de posibilidades entregada (30%).

## VI Criterios de evaluación

Examen semana 7: 30 %

Problemas teóricos ( 7 talleres): 20 %

Laboratorios ( 5 ó 6 informes): 20 %

Exposición final: 30 %

## VII Bibliografía

Bibliografía principal:

- James F. Annett, *Superconductivity, Superfluids and Condensates*, 2004. (Biblioteca General - 530.42 A552)

Bibliografía complementaria:

- D. R. Tilley and J. Tilley *Superfluidity and superconductivity*, 1990. (Biblioteca General - 537.623 T342)
- A. J. Leggett, *Quantum liquids: Bose condensation and Cooper pairing in condensed-matter systems*, 2006. (Biblioteca General - 530.42 L233)
- J. B. Ketterson and S. N. Song *Superconductivity*, 1999. (Biblioteca General - 621.35 K277)
- M. Tinkham, *Introduction to superconductivity*, 2004 (Biblioteca General - 537.623 T354)
- P. G. De Gennes, *Superconductivity of Metals and Alloys*, 1999 (Biblioteca General - 537.623 G255 Z363)
- C. Pethick and H. Smith. *Bose-Einstein condensation in dilute gases*, 2002. (Biblioteca General - 530.42 P273. También disponible como recurso electrónico)
- <https://arxiv.org/archive/cond-mat>
- Artículos de revistas indexadas (Nature, Science, revistas de la serie Physical Review, revistas de Elsevier, entre otras).