



## Máster en Física y Tecnologías Físicas 60031 - Física de bajas temperaturas y tecnologías cuánticas

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 5.0

---

### Información básica

---

#### Profesores

- **Marco Evangelisti Crespo** evange@unizar.es
- **Agustin Hispanico Camón Lasheras** acamon@unizar.es
- **Juan José Mazo Torres** juanjo@unizar.es
- **Fernando Luis Vitalla** fluis@unizar.es
- **David Zueco Lainez** zueco@unizar.es

#### Recomendaciones para cursar esta asignatura

El curso describe fenómenos y métodos experimentales asociados con la región de bajas temperaturas. Hace especial énfasis en fenómenos cuánticos que se hacen patentes en estas condiciones y en cómo éstos determinan las propiedades de diversos materiales y sus aplicaciones. El curso es especialmente recomendado para estudiantes que tienen una formación previa en física cuántica, física estadística y física del estado sólido. Se espera que los estudiantes sigan las clases de manera presencial durante todo el curso. Asimismo, se recomienda a los estudiantes que cursen la asignatura "Teoría cuántica de la materia condensada" del primer semestre.

#### Actividades y fechas clave de la asignatura

Las clases comenzarán y finalizarán en la fecha designada por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

Habrán tres sesiones de clase por semana. Las fechas y horas se harán públicas al comienzo del curso.

Las sesiones de prácticas en el laboratorio serán anunciadas por el profesor competente al comienzo del curso.

Las sesiones de evaluación se anunciarán a comienzo del curso.

---

### Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

## **El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** El estudiante conoce conceptos básicos necesarios para la investigación en física de bajas temperaturas, superconductividad, y gases y líquidos cuánticos.
- 2:** El estudiante conoce conceptos básicos relacionados con la teoría cuántica de la información, su implementación en sistemas físicos y el campo de las tecnologías cuánticas.
- 3:** El estudiante es capaz de resolver problemas concretos relacionados con estos fenómenos.
- 4:** El estudiante es capaz de diseñar y realizar experimentos para medir las propiedades físicas de materiales en la región de bajas y muy bajas temperaturas.

## **Introducción**

### **Breve presentación de la asignatura**

Las últimas dos décadas han sido testigo de un renovado interés en fenómenos relacionados con la naturaleza cuántica de la materia que ocurren casi exclusivamente en la región de bajas temperaturas. Estos fenómenos forman también la base conceptual para el desarrollo de nuevas tecnologías, con prometedoras aplicaciones en áreas muy diversas. El curso describe los fenómenos y técnicas experimentales asociados con la región de bajas temperaturas, haciendo énfasis en la aparición de fenómenos cuánticos, su influencia en las propiedades de materiales y sus posibles aplicaciones.

---

## **Contexto y competencias**

---

### **Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura**

#### **La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

La asignatura Física de bajas temperaturas y tecnologías cuánticas es adecuada para cualquier estudiante interesado en adquirir conocimientos sobre fenómenos físicos fascinantes, como la superconductividad, superfluidez y la condensación de Bose-Einstein, sobre las propiedades de líquidos criogénicos y materiales a bajas temperaturas y sobre campos emergentes como el de la información cuántica, todos ellos relacionados con la región de bajas temperaturas. El objetivo es que el estudiante se familiarice con los conceptos teóricos y las técnicas experimentales que se emplean en un área de investigación puntera, en rápida y constante evolución, situada en la frontera del conocimiento de la física y las tecnologías físicas. Al final del curso, el estudiante ha de ser capaz de aplicar los conceptos y técnicas adquiridas durante el mismo para resolver problemas científicos e incluso prácticos de su interés.

#### **Contexto y sentido de la asignatura en la titulación**

Esta asignatura forma, junto con "Ciencia de Materiales", "Teoría Cuántica de la Materia Condensada", "Nanociencia y Nanotecnología" (primer semestre), "Física Estadística de Transiciones de Fase y Sistemas Complejos" y "Física de Materiales Magnéticos" (segundo semestre), una profunda introducción a los conceptos, técnicas experimentales y aplicaciones de la investigación moderna en física de la materia condensada y nuevos materiales.

#### **Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...**

- 1:** Consolidar los conocimientos avanzados y la interrelación entre los diversos campos de la Física y las Tecnología Físicas (CE3).
- 2:**

Integrar conocimientos, enfrentarse a la complejidad y formular juicios con información limitada en el ámbito de la Física y de sus Tecnologías (CE4).

- 3:** Profundizar en el análisis, tratamiento e interpretación de datos experimentales (CE5).
- 4:** Comprender y describir conceptos básicos necesarios para la investigación en campos como la física de bajas temperaturas, la superconductividad y las propiedades de gases y líquidos cuánticos.
- 5:** Comprender y describir conceptos básicos relacionados con la teoría cuántica de la información, su implementación en sistemas físicos y el campo de las tecnologías cuánticas.
- 6:** Comprender y describir las propiedades físicas y la respuesta de materiales y líquidos criogénicos a bajas temperaturas.
- 7:** Ser capaz de manejar de líquidos criogénicos y técnicas experimentales auxiliares, como equipos de vacío, detección de fugas, etc.
- 8:** Ser capaz de realizar medidas físicas en la región de bajas y muy bajas temperaturas.

### **Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:**

En las últimas dos décadas, la comunidad científica ha vivido un resurgir del interés por fenómenos físicos de naturaleza cuántica que ocurren, casi exclusivamente, en la región de bajas temperaturas. Algunos de estos fenómenos forman la base conceptual para el desarrollo de nuevas tecnologías de la información (información y comunicación cuánticas), sensores criogénicos con aplicación en Medicina y Astronomía, y nuevas técnicas, más eficientes y respetuosas con el medio ambiente. El conocimiento profundo de estos fenómenos y técnicas proporcionará al estudiante la posibilidad de aplicarlos para resolver problemas científicos y tecnológicos concretos. Por otra parte, el curso ayudará al estudiante a desarrollar sus capacidades de análisis y de toma de decisiones ante cuestiones relacionadas con su actividad científica o profesional. La asignatura contribuirá, por tanto, a completar su formación en aspectos que van más allá del ámbito puramente académico.

---

## **Evaluación**

---

### **Actividades de evaluación**

#### **El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación**

- 1:** La evaluación continua del alumno a lo largo de todo el curso tendrá en cuenta el grado de trabajo personal del alumno, reflejado en la resolución de cuestionarios de problemas sobre las diferentes materias relacionadas con la asignatura. La evaluación tendrá en cuenta la calidad de las soluciones dadas a estos cuestionarios y supondrá un 75% de la nota final.
- 2:** Durante las clases prácticas se llevará a cabo una evaluación continua de la adquisición de competencias en técnicas de laboratorio, teniendo en cuenta el trabajo realizado por el alumno durante dichas clases. Este apartado supondrá un 10% de la nota final. El 15% restante reflejará el análisis de los resultados experimentales obtenidos en el laboratorio mediante la elaboración de informes escritos.

### **Superación de la asignatura mediante una prueba global única**

La asignatura está diseñada para estudiantes que puedan asistir de manera presencial a las clases y prácticas de laboratorio. Sin embargo, existirá la posibilidad de realizar una prueba final de evaluación para aquellos estudiantes que no puedan asistir a dichas clases o hayan suspendido en la primera evaluación. La prueba consistirá en la resolución de un cuestionario relacionado con los resultados de aprendizaje esperables del curso y constará de dos partes:

1. La primera parte constará de 7 cuestiones relacionadas con los conceptos de la asignatura. El estudiante dispondrá de tres horas para resolver esta parte. Esta parte se evaluará con una nota de 0 a 10 que supondrá un 75% de la nota final.
2. Un ejercicio práctico en el que el estudiante deberá describir los elementos y la configuración experimental necesarios para medir a baja temperatura una propiedad física determinada. El estudiante deberá montar el equipo experimental en el laboratorio, para lo que dispondrá de un plazo de tres horas. Esta parte se evaluará con una nota de 0 a 10 que supondrá un 25% de la nota final.

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

Los resultados previstos para esta asignatura incluyen el aprendizaje de conocimientos teóricos y experimentales en el campo de la física de bajas temperaturas y de las tecnologías cuánticas. Para alcanzar estos resultados, se han programado actividades que fomenten una implicación activa y continuada del alumno en los diferentes temas del curso. El curso consta de tres actividades de aprendizaje: clases teóricas sobre los contenidos de la asignatura (4 ECTS); clases de discusión y resolución de problemas (0.4 ECTS); explicación y trabajo en el laboratorio y elaboración de informes sobre dicho trabajo (0.6 ECTS). Estas actividades permitirán al estudiante adquirir el conocimiento requerido sobre los diferentes contenidos de la asignatura, así como competencia en el manejo de técnicas físicas de bajas temperaturas y en la resolución de problemas.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

- 1:**

Clases teóricas sobre los siguientes contenidos:

  1. Métodos criogénicos (evolución primitiva de la física de bajas temperaturas y sus métodos, propiedades de la materia a bajas temperaturas, contacto y aislamiento térmico, técnicas de refrigeración, termometría),
  2. Gases y líquidos cuánticos (técnicas de enfriamiento por láser, átomos e iones fríos atrapados, condensados de Bose-Einstein en gases diluidos, superfluidez).
  3. Superconductividad (nociones generales y modelos teóricos, efecto Josephson y circuitos superconductores basados en uniones Josephson, aplicaciones de la superconductividad).
  4. Tecnologías cuánticas (introducción, iones, átomos y espines como realizaciones de qubits, circuitos cuánticos superconductores, interacción luz-materia en un chip, decoherencia y disipación, computación e información cuánticas, simulación cuántica).
- 2:**

Laboratorio de física de bajas temperaturas. Los estudiantes aprenderán en el laboratorio aspectos clave de la física de bajas temperaturas experimental. Las clases consistirán de explicaciones teóricas, demostraciones y práctica en el laboratorio sobre los siguientes aspectos: propiedades de la materia a bajas temperaturas, contacto y aislamiento térmico, técnicas de refrigeración hasta temperaturas del orden de mK, termometría, manejo de un sensor SQUID, medida de un circuito cuántico.
- 3:**

Trabajo individual del estudiante para resolver cuestionarios sobre los diferentes contenidos de la asignatura y discusión de éstos con el profesor y otros estudiantes en las sesiones de evaluación programadas.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

El calendario definitivo será fijado y anunciado con suficiente anterioridad al comienzo del curso.

### **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**