

Curso Académico: 2022/23

## 60042 - Teoría cuántica de la materia condensada

### Información del Plan Docente

**Año académico:** 2022/23

**Asignatura:** 60042 - Teoría cuántica de la materia condensada

**Centro académico:** 100 - Facultad de Ciencias

**Titulación:** 538 - Máster Universitario en Física y Tecnologías Físicas

589 - Máster Universitario en Física y Tecnologías Físicas

**Créditos:** 5.0

**Curso:** 1

**Periodo de impartición:** Primer semestre

**Clase de asignatura:** Optativa

**Materia:**

## 1. Información Básica

### 1.1. Objetivos de la asignatura

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

El curso de "Teoría Cuántica de la Materia Condensada" se puede recomendar a cualquier estudiante interesado en el comportamiento de la materia, sobre todo cuando la materia esta compuesta de partículas que interaccionan fuertemente. En el curso se discute la física de los electrones en los metales, la superconductividad y superfluidez, los sistemas de baja dimensionalidad (como el grafeno y los nanotubos de carbono), y otros sistemas fuertemente correlacionados. El objetivo es familiarizar al estudiante con conceptos teóricos y herramientas que puedan usarse tanto para analizar algunas propiedades conocidas de la materia como para explorar nuevas propiedades. Al finalizar el curso, el estudiante debe ser capaz de utilizar estas técnicas y debe saber cómo aplicarlas a problemas científicos reales.

Estos planteamientos y objetivos están alineados con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>), de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia para contribuir en cierta medida a su logro:

ODS 4 Educación de calidad.

ODS 9 Industria, innovación e infraestructura.

### 1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Junto con los cursos de "Nanociencia y Nanotecnología" e "Interacción de la Radiación y la Materia" del primer semestre, y los de "Física de Baja Temperatura y Tecnologías Cuánticas", "Física Estadística de los Fenómenos Críticos y Sistemas Complejos" y "Física de Materiales Magnéticos" del segundo semestre, el presente curso constituye una complementaria y profunda introducción a conceptos y herramientas experimentales y también a sus aplicaciones en la investigación en Física de la Materia Condensada y Nuevos Materiales.

### 1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

El curso describe el comportamiento de la materia condensada desde el punto de vista de la Mecánica Cuántica, centrándose en la formulación de la teoría de campos cuántica para los sistemas de muchos cuerpos. Se recomienda a estudiantes con una formación previa en Física Cuántica y Física Estadística. Este curso está muy relacionado con el de "Física de Bajas Temperaturas y Tecnologías Cuánticas" (segundo semestre).

## 2. Competencias y resultados de aprendizaje

### 2.1. Competencias

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

- Consolidar sus habilidades básicas y de interrelación entre los diferentes campos de la física y de las tecnologías físicas (CE3).

- Integrar sus conocimientos, manejar la complejidad y formular juicios con información limitada, en el ámbito de la Física y sus Tecnologías (CE4).
- Profundizar en el análisis, tratamiento e interpretación de los datos experimentales (CE5).
- El estudiante adquirirá competencias en la comprensión de los conceptos básicos y fenómenos físicos de la materia condensada a nivel microscópico y, más en general, de los sistemas de muchos cuerpos en interacción.
- Conocer las técnicas numéricas fundamentales aplicadas para el estudio de la estructura cuántica de la materia. El estudiante adquirirá competencias en el cálculo de las propiedades físicas de los materiales y de su respuesta a las perturbaciones.
- Estudiar diversos modelos cuánticos de la materia condensada y enfrentarse a las situaciones experimentales típicas de la materia condensada y de la Nanociencia tanto desde el punto de vista teórico como computacional.

## 2.2. Resultados de aprendizaje

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

- Ser capaz de analizar y comparar diversos modelos cuánticos de la materia. En particular será capaz de describir las propiedades cuánticas básicas de los metales, los superconductores y los superfluidos, así como las de los sistemas de baja dimensionalidad.
- Ser capaz de resolver problemas relacionados con estos fenómenos.
- Ser capaz de describir las propiedades vibracionales de moléculas y sólidos; estimar sus propiedades electrónicas y calcular estructuras electrónicas de moléculas.

## 2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

La materia condensada es uno de los terrenos de juego más importantes para entender las propiedades de los sistemas de muchos cuerpos. Esto es debido a la gran variedad de estados fundamentales con diferentes propiedades físicas (que, por lo general, tienen diferentes simetrías), lo que es relevante no sólo para comprender como se comportan los sólidos, líquidos, vidrios, etc., sino también para la física de la teoría de campos de las partículas elementales relativistas.

La capacidad para abordar y comprender los fenómenos cuánticos en materia condensada sirve tanto para resolver nuevos problemas como para dar una visión unificadora de campos diferentes de la física.

# 3. Evaluación

## 3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

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

La evaluación se fundamentará (hasta un 75%) en la resolución de una serie de problemas propuestos (teóricos y/o computacionales) relacionados con el curso.

El otro 25% se basará en el resultado de la realización de una prueba teórico-práctica.

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

El curso ha sido diseñado principalmente para los estudiantes que asistan a las clases. Sin embargo, también habrá una prueba de evaluación para los estudiantes que no puedan asistir a las clases o que fracasen en su primera evaluación. La prueba consistirá en la resolución de un cuestionario relacionado con los resultados esperados del curso.

El cuestionario tendrá 7 preguntas relacionadas con los principales conceptos tratados en el curso y el estudiante tendrá tres horas para resolverlo.

# 4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

## 4.1. Presentación metodológica general

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

El curso se basa en una serie de clases sobre los asuntos básicos de la asignatura y también en el trabajo personal de los estudiantes (principalmente en la ampliación de sus conocimientos a través del estudio de los textos seleccionados y en la resolución de los ejercicios propuestos). Estas clases se complementarán con seminarios de una hora, a cargo de investigadores de reconocido prestigio en el campo.

## 4.2. Actividades de aprendizaje

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

- Clases sobre los principales temas de la asignatura (3 ECTS).
- Resolución de problemas relacionados con los contenidos de la asignatura (1 ECTS).
- Conocimiento y manejo de herramientas computacionales en el ámbito de la asignatura (1 ECTS).

*Las actividades docentes y de evaluación se llevarán a cabo de modo presencial salvo que, debido a la situación sanitaria, las disposiciones emitidas por las autoridades competentes y por la Universidad de Zaragoza obliguen a realizarlas de forma telemática o semi-telemática con aforos reducidos rotatorios.*

## 4.3. Programa

Las clases tendrán los siguientes contenidos:

1. Introducción: Los problemas en el tratamiento de la física de muchos cuerpos. Desde las partículas a los campos. Cuasipartículas.
2. La segunda cuantificación. El espacio de Fock.
3. Sistemas de fermiones interaccionantes: metales. Gas de Fermi, líquido de Fermi, apantallamiento y la aproximación de fase aleatoria. Cristal de Wigner.
4. Teoría y aplicaciones del funcional de densidad (DFT).
5. Sistemas de bosones. La condensación de Bose-Einstein: gas ideal de bosones y bosones con interacción débil. Teorías microscópicas de la superconductividad y la superfluidez.
6. Sistemas de baja dimensionalidad. El grafeno. Sistemas unidimensionales que interactúan: líquido de Luttinger.
7. La teoría de la respuesta lineal: funciones de correlación.

## 4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

### Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

El calendario final aún tiene que ser establecido. Se anunciará con mucha antelación.

Las clases se iniciarán y terminarán en las fechas indicada por la Facultad de Ciencias.

Conferencias/clases : 4 sesiones / semana. Las fechas se decidirán más adelante

## 4.5. Bibliografía y recursos recomendados

LA BIBLIOGRAFÍA ACTUALIZADA DE LA ASIGNATURA SE CONSULTA A TRAVÉS DE LA PÁGINA WEB DE LA BIBLIOTECA [http://biblos.unizar.es/br/br\\_citas.php?codigo=60042&year=2019](http://biblos.unizar.es/br/br_citas.php?codigo=60042&year=2019)