



Asignatura: Física de bajas temperaturas  
Código: 32674  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

## ASIGNATURA / COURSE TITLE

Física de bajas temperaturas / [Low temperature Physics](#)

### 1.1. Código / [Course number](#)

32674

### 1.2. Materia / [Content area](#)

Módulo de especialidad: Nanophysics / [Specialization module: Nanophysics](#)

### 1.3. Tipo / [Course type](#)

Formación optativa / [elective subject](#)

### 1.4. Nivel / [Course level](#)

Máster / [Master](#)

### 1.5. Curso/ [Year](#)

1 / [1st](#)

### 1.6. Semestre / [Semester](#)

2 trimester - [2<sup>nd</sup> trimester](#)

### 1.7. Idioma / [Language](#)

English

### 1.8. Requisitos previos / [Prerequisites](#)

Los correspondientes a la inscripción en el máster y las obligatorias del Master. /  
Compulsory subjects of the Master degree.



Asignatura: Física de bajas temperaturas  
Código: 32674  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

## 1.9. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales / **Minimum attendance requirement**

La asistencia es obligatoria / Attendance is mandatory

## 1.10. Datos del equipo docente / **Faculty data**

Coordinador / **Coordinator** Isabel Guillamón Gómez  
Departamento de Department of Física de la Materia Condensada / **Department of Condensed Matter Physics**  
Facultad Ciencias / **Faculty of Science**  
Despacho 512- Módulo 03 / **Office 615- Module 03**  
Teléfono 914976197 / **Phone:914973757**  
Correo electrónico Isabel.guillamon@uam.es/**Email: Isabel.guillamon@uam.es**  
Página web <http://www.uam.es/isabel.guillamon> /**Website: http://www.uam.es/isabel.guillamon**  
Horario de atención al alumnado /**Office hours: 8h30-16h45**

## 1.11. Objetivos del curso / **Course objectives**

El objetivo de esta asignatura es conseguir, a través de la metodología docente empleada y las actividades formativas desarrolladas a lo largo del curso, que el estudiante, al finalizar el mismo sea capaz de:

- Adquirir conocimientos sobre fenómenos cuánticos macroscópicos (superconductividad, superfluidos y condensados de gases de átomos diluidos).
- Adquirir destrezas experimentales y teóricas para trabajar en el campo.

Estos resultados de aprendizaje contribuyen a la adquisición de las siguientes competencias del título:

- CG1 - Desarrollar destrezas teóricas y experimentales que permitan aplicar a entornos nuevos o poco conocidos, dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares), los conceptos, principios, teorías o modelos adquiridos y relacionados con los retos que actualmente plantea la sociedad en lo referente a la Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos.
- CG2 - Saber trabajar en equipo y comunicarse con la comunidad académica en su conjunto y con la sociedad en general acerca de la Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos y sus implicaciones académicas, productivas o sociales.
- CG3 - Manejar las principales fuentes de información científica, siendo capaces de buscar información relevante a través de internet, de las bases de datos bibliográficas y de la lectura crítica de trabajos científicos, conociendo

la bibliografía especializada en Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos.

- CG4 - Ser capaz de elaborar documentos escritos con datos bibliográficos, teóricos y/o experimentales, escribiendo un resumen o articulado en extenso - tal y como se realizan los artículos científicos-, formulando hipótesis razonables, composiciones originales y conclusiones motivadas.
- CG5 - Presentar públicamente los resultados de una investigación o un informe técnico, comunicar las conclusiones a un tribunal especializado, personas u organizaciones interesadas, y debatir con sus miembros cualquier aspecto relativo a los mismos.
- CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación.
- CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.
- CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios.
- CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades.
- CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- CE6 - La adquisición de conocimientos avanzados, tanto desde el punto de vista teórico como experimental, en Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos.
- CE7 - La adquisición de conocimientos en la vanguardia de la investigación en las áreas de Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos: teorías y experimentos actualmente en desarrollo, problemas abiertos, aplicaciones novedosas y nuevas áreas de investigación resultantes de la interconexión de diferentes disciplinas.
- CE8 - La capacidad para realizar un análisis crítico de una teoría o experimento reciente o de vanguardia en las áreas de Física de Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos, basándose en la consistencia lógica del desarrollo formal, la rigurosidad de las técnicas (teóricas o experimentales) empleadas, y la consistencia con los conocimientos previos.



Asignatura: Física de bajas temperaturas  
Código: 32674  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

- CE9 - La capacidad para abordar y resolver un problema avanzado en Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos, mediante: la elección adecuada del contexto, la identificación de los conceptos relevantes y el uso de las técnicas teóricas, experimentales y/o computacionales previamente adquiridas que constituyen la mejor aproximación para así llegar a la solución.
- CE10 - La capacidad de síntesis y de transferencia de conocimientos de nuevas ideas y técnicas (tanto teóricas como experimentales) para abordar nuevos problemas y/o fomentar la integración interdisciplinar en áreas tales como medicina, medio ambiente, química, biología y nanotecnología.

The aim of this course is to obtain, through the teaching methodology and training activities developed throughout the course, that the student, at the end of the course, is able to:

- Acquire knowledge about macroscopic quantum phenomena (superconductivity, superfluidity and condensates of diluted gases).
- Acquire experimental and theoretical knowledge to be able to perform research work in the field.

These learning outcomes contribute to the acquisition of the following competences:

- CG1 - Develop theoretical and experimental skills necessary to implement in new or unfamiliar environments, within broader (or multidisciplinary) contexts, the concepts, principles, theories or models acquired and related to challenges currently facing society in connection to Condensed Matter Physics and Biological Systems.
- CG2 - Teamwork capabilities and skills to communicate about Condensed Matter Physics and Biological Systems and their academic, productive or social implications with the academic community as a whole and society in general.
- CG3 - Manage the main sources of scientific information, being able to find relevant information via the Internet, bibliographic databases and critical reading of scientific papers, knowing specialized bibliography in Condensed Matter Physics and Biological systems.
- CG4 - Be able to produce written documents including experimental and/or theoretical bibliographic data, writing an extended summary - as in scientific papers- by formulating reasonable assumptions, original compositions and motivated conclusions.
- CG5 - Public presentation of the results from an investigation or a technical report, communicate findings to a specialized panel, individuals or organizations, and discuss with its members any aspect thereof.
- CB6 - Obtaining knowledge and understanding to provide a basis or opportunity for being original in developing and/or applying ideas, often in a research context.



Asignatura: Física de bajas temperaturas  
Código: 32674  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

- CB7 - The students will apply their knowledge and their ability to solve problems in new or unfamiliar environments within broader (or multidisciplinary) contexts related to their field of study.
- CB8 - The students will be able to integrate knowledge and handle complexity of formulating judgments based on information, that being incomplete or limited, includes reflections on social and ethical responsibilities linked to the application of their knowledge and judgments.
- CB9 - The students will know how communicate their conclusions and knowledge to specialists and non- specialists in a clear and unambiguous manner.
- CB10 - Students must acquire the learning skills that enable them to continue studying in a way that will be largely self-directed.
- EC6 - The acquisition of advanced knowledge, from both a theoretical and experimental point of view, in Condensed Matter Physics and Biological Systems.
- EC7 - The acquisition of knowledge at the forefront of research in the areas of Condensed Matter Physics and Biological Systems: theories and current experiments developments, open problems, new applications and new research areas resulting from the interconnection between different disciplines.
- EC8 - The ability to perform a critical analysis of a recent theory or experiment in the areas of Condensed Matter Physics and Biological Systems, through the logical consistency of formal development, the stringency of the used (theoretical or experimental) techniques, and consistency with previous knowledge.
- EC9 - The ability to address and solve advanced problems in Condensed Matter Physics and Biological Systems through: the appropriate choice of context, identification of relevant concepts and the use of theoretical, experimental and/or computational techniques previously acquired and that constitute the best approach in order to reach the solution.
- CE10 - The ability of synthesis and knowledge transfer of new ideas and techniques (both theoretical and experimental) to address new problems and/or encourage interdisciplinary integration in areas such as medicine, environmental science, chemistry, biology and nanotechnology.

## 1.12. Contenidos del programa / Course contents

### 1. Introducción

Termodinámica, líquidos criogénicos y sólidos a bajas temperaturas.

### 2. Superfluidos y gases de átomos diluidos



Asignatura: Física de bajas temperaturas  
Código: 32674  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

Condensación de Bose-Einstein. Coherencia de fase. Excitaciones. Propiedades termodinámicas. Modelos de dos fluidos. Propagación de ondas. Vórtices.

### **3. Helio 3 y mezclas de helio 3 en helio 4**

Helio 3 superfluido. Criogenia de dilución de helio 3 en helio 4.

### **4. Superconductividad**

Fenomenología de superconductores. Propiedades electrodinámicas. Vórtices. Efecto Josephson. SQUID.

Las clases se acompañarán de seminarios avanzados y sesiones prácticas de trabajo. En estas sesiones, se discutirán, con aportaciones prácticas del alumno, fenómenos cuánticos macroscópicos en helio, el crecimiento de monocristales de superconductores, la criogenia de dilución de helio 3 en helio 4 y los vórtices en superconductores.

#### **1. Introduction**

Thermodynamics, cryogenic liquids and solids at low temperatures.

#### **2. Superfluids and diluted gases**

Bose-Einstein condensation. Phase coherence. Excitations. Thermodynamics. Two fluid models. Wave propagation. Vortices.

#### **3. Helium 3 and helium 3 helium 4 mixtures**

Superfluid helium 3. Cryogenics of the dilution of helium 3 in helium 4.

#### **4. Superconductivity**

Phenomenology of superconductors. Electrodynamic properties. Josephson effect. Vortices. SQUID.

Lectures will be complemented by advanced seminars and practical sessions where the students will work on some techniques. In these sessions, we intend to present macroscopic quantum phenomena in liquid helium, crystal growth and new materials, dilution refrigeration and vortex physics.

## **1.13. Referencias de consulta / Course bibliography**

- James F. Annett, "Superconductivity, superfluids and condensates" (Oxford University Press). ISBN 978-0-19-850756-7.
- Ch. Enss and S. Hunklinger, "Low Temperature Physics" (Springer). 978-3540231646.
- Lounasmaa, O.V. (1974). Experimental Principles and Methods Below 1 K. London: Academic Press. p. 316. ISBN 978-0124559509.



Asignatura: Física de bajas temperaturas  
Código: 32674  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

## 2. Métodos docentes / Teaching methodology

- Clase magistral en grupo / Standard group lectures.
- Seminarios / Seminars.
- Sesiones de trabajo en equipo en laboratorios/ Lab work.
- Página web / Web page.
- Problemas (trabajo personal y resolución conjunta en clase) / Problems (personal work and group work during lectures).
- Presentación (seminario) sobre un tema de investigación a escoger / Presentation (seminar) on one research subject to be chosen by the student.

## 3. Tiempo de trabajo del estudiante / Student workload

		Nº de horas	Porcentaje
Presencial	Clases teóricas / clases prácticas	20	40%
	Prácticas experimentales	8	
	Seminario	8	
	Presentación de trabajos	4	
No presencial	Estudio semanal	40	60%
	Preparación seminarios	20	
<b>Carga total de horas de trabajo</b>		<b>100</b>	

## 4. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final / Evaluation procedures and weight of components in the final grade

Los resultados de aprendizaje serán evaluados a lo largo del curso mediante diferentes métodos de evaluación, cuya contribución a la calificación final será la siguiente: presentación oral (seminario), 40%; resolución de problemas, 10%; participación en trabajo de laboratorio, 30%; participación en clase, 20%.

Learning outcomes will be assessed throughout the course by different evaluation methods, whose contribution to the final grade is as follows: oral presentation (seminar), 40%; problem solving, 10%; lab work, 30%; participation during lecture time, 20%.



Asignatura: Física de bajas temperaturas  
Código: 32674  
Centro: Facultad de Ciencias  
Titulación: Máster en Física de la Materia Condensada y de los Sistemas Biológicos  
Nivel: Máster  
Tipo: Optativa  
Nº de créditos: 4 ECTS

## 5. Cronograma\* / Course calendar

Semana aprox. Week	Contenido Contents	Horas presenciales Contact hours	Horas no presenciales Independent study time
1	Temas 1 y 2.	4	6
2,3	Tema 3 y 4	8	12
4,5	Prácticas y demostraciones	8	12
	Presentaciones orales	2	20

\*Este cronograma tiene carácter orientativo.