

Curso

2022-2023

# Guía Docente del Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados



Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Complutense de Madrid

Versión 2.2 – 10/10/2022

APROBADA EN JUNTA DE FACULTAD EL 29 DE JUNIO DE 2022

## Tabla de contenidos

<b>Tabla de contenidos</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Estructura del Plan de Estudios</b> .....	<b>2</b>
1.1. Estructura general .....	2
1.2. Asignaturas del Plan de Estudios .....	3
<b>2. Listado de Competencias de las Asignaturas</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Fichas de las Asignaturas</b> .....	<b>6</b>
Nanomagnetismo .....	7
Nanomateriales semiconductores.....	11
Electrones en nanoestructuras .....	14
Métodos Experimentales Avanzados.....	17
Temas Avanzados en Física de la Materia Condensada .....	20
Efectos Cooperativos y de Dimensionalidad en Sólidos.....	23
Física de Superficies.....	26
Nanodispositivos .....	30
Espintrónica .....	33
Trabajo Fin de Máster .....	36
<b>4. Calendario Académico</b> .....	<b>38</b>
<b>Cuadros Horarios 2022-23</b> .....	<b>40</b>
<b>Calendario de Exámenes</b> .....	<b>41</b>
<b>Control de cambios</b> .....	<b>42</b>

# 1. Estructura del Plan de Estudios

## 1.1. Estructura general

El presente Plan de Estudios está estructurado en módulos (unidades organizativas que incluyen una o varias materias), materias (unidades disciplinares que incluyen una o varias asignaturas) y asignaturas.

El Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados se organiza en un curso académico, desglosado en 2 semestres. Cada semestre tiene 30 créditos ECTS para el estudiante (se ha supuesto que 1 ECTS equivale a 25 horas de trabajo del estudiante).

Las enseñanzas se estructuran en 2 módulos: un módulo obligatorio para todos los estudiantes (Trabajo Fin de Máster) y otro módulo integrado por asignaturas de 6 ECTS, todas ellas optativas. El estudiante tiene que cursar los 12 créditos obligatorios del Trabajo Fin de Máster y 48 créditos adicionales de asignaturas optativas (8 asignaturas) que podrá elegir libremente entre asignaturas de cualquier materia.

A continuación, se describen brevemente los diferentes módulos:

- **Trabajo Fin de Máster** (obligatorio, 12 ECTS).
- **Módulo de Nanofísica y Materiales Avanzados** Constituye el núcleo de la titulación y consta de las siguientes materias:
  - Materia Condensada, que versará sobre aquellas propiedades y fenómenos físicos de interés desde el punto de vista más fundamental, tales como las propiedades electrónicas de los sólidos a escala nanométrica, las transiciones de fase y los fenómenos de no equilibrio o todos los fenómenos cuánticos que aparecen a bajas temperaturas (superconductividad, superfluidez, condensación de Bose-Einstein...).
  - Nanomateriales y Nanotecnología, que enfocará el estudio de los materiales teniendo en cuenta como se modifican las propiedades físicas al reducir la dimensionalidad o trabajar en la en la escala del nanómetro, además de tener en cuenta tanto aplicaciones actuales como posibles aplicaciones futuras de sistemas nanométricos.
  - Métodos Experimentales Avanzados, que expondrá la importancia actual que tiene tanto el estudio de materiales avanzados como el análisis de sistemas nanométricos de disponer de un conjunto de técnicas experimentales altamente especializadas y adaptadas a las necesidades específicas de un campo que es singular en muchos aspectos.

## 1.2. Asignaturas del Plan de Estudios

Oferta de asignaturas del curso 2022-23

Se deben cursar el Trabajo Fin de Máster y solo **8 asignaturas** de las 9 que se ofertan independientemente del cuatrimestre (5 asignaturas en el 1<sup>er</sup> cuatrimestre y 3 en el 2<sup>o</sup> o bien 6 asignaturas en el 1<sup>er</sup> cuatrimestre y 2 en el 2<sup>o</sup>):

Código	Materia	Módulo	Tipo	Sem.	ECTS	
606842	Nanomagnetismo	Nanomateriales y Nanotecnología	OP	1º	6	
606843	Nanomateriales semiconductores		OP	1º	6	
606844	Física de Superficies		OP	2º	6	
606845	Nanodispositivos		OP	2º	6	
606848	Electrones en nanoestructuras	Materia Condensada	Nanofísica y Materiales Avanzados	OP	1º	6
606850	Temas Avanzados en Materia Condensada			OP	1º	6
606851	Espintrónica			OP	2º	6
606847	Efectos Cooperativos y de Dimensionalidad en Sólidos			OP	1º	6
606852	Métodos Experimentales Avanzados	Métodos Experimentales Avanzados	OP	1º	6	
606853	Trabajo Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster	OB	2º	12	

OB = Asignatura obligatoria

OP = Asignatura optativa

## 2. Listado de Competencias de las Asignaturas

Las asignaturas que forman parte de la Materia “Materia Condensada”, es decir:

- .- Efectos cooperativos y de dimensionalidad en solidos
- .- Electrones en nanoestructuras
- .- Espintrónica
- .- Temas avanzados de Física de la Materia Condensada

Desarrollan todas las competencias Básicas, Generales y Transversales, así como las Competencias específicas CE1, CE2 y CE3.

Las asignaturas que forman parte de la Materia “Nanomateriales y Nanotecnología” es decir:

- .- Nanomagnetismo
- .- Nanomateriales semiconductores
- .- Nanodispositivos

**.- Física de Superficies**

Desarrollan todas las competencias Básicas, Generales y Transversales, así como las Competencias específicas CE1, CE2 y CE3.

Las asignaturas que forman parte de la Materia “Métodos Experimentales Avanzados” es decir:

**.- Métodos experimentales avanzados**

Desarrollan todas las competencias Básicas, Generales y Transversales, así como las Competencias específicas CE1, CE2 y CE3.

El Trabajo Fin de Máster desarrolla todas las competencias Básicas, Generales y Transversales, así como las Competencias específicas CE3, CE4 y CE5.

**Tabla del Listado de Competencias**

**Competencias Básicas:**

<b>Código</b>	<b>Denominación</b>	<b>Tipo</b>
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.	Básicas
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	Básicas
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	Básicas
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	Básicas
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	Básicas

**Competencias Generales:**

<b>Código</b>	<b>Denominación</b>	<b>Tipo</b>
CG1	Adquirir conocimientos avanzados y demostrar, en un contexto de investigación científica, una comprensión detallada y fundamentada de	General

<b>Código</b>	<b>Denominación</b>	<b>Tipo</b>
	los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en nanofísica y materiales avanzados	
CG2	Saber integrar los conocimientos y la comprensión de estos, su fundamentación científica y la capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente cualificados.	General
CG3	Saber evaluar y seleccionar la teoría científica adecuada y la metodología precisa para formular juicios a partir de información incompleta o limitada incluyendo, cuando sea preciso y pertinente, una reflexión social y ética ligada a la solución que se proponga en cada caso.	General
CG4	Capacidad de predecir y controlar la evolución de situaciones complejas mediante el desarrollo de nuevas e innovadoras metodologías de trabajo adaptadas al ámbito científico/investigador, tecnológico o profesional concreto, en general multidisciplinar, en el que se desarrolle su actividad.	General
CG5	Saber transmitir de un modo claro y sin ambigüedades a un público especializado o no, los resultados procedentes de la investigación científica y tecnológica o del ámbito de la innovación más avanzada, así como los fundamentos más relevantes sobre los que se sustentan.	General
CG6	Haber desarrollado la autonomía suficiente para participar en proyectos de investigación y colaboraciones científicas o tecnológicas dentro del ámbito de la nanofísica y los materiales avanzados, en contextos interdisciplinares y, en su caso, con una alta componente de transferencia de conocimiento.	General
CG7	Ser capaces de asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.	General

**Competencias Transversales:**

<b>Código</b>	<b>Denominación</b>	<b>Tipo</b>
CT1	Desarrollar un pensamiento y un razonamiento crítico, la capacidad de análisis y de síntesis y el pensamiento científico y sistémico.	Transversal
CT2	Trabajar de forma autónoma y saber desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.	Transversal
CT3	Gestionar el tiempo y los recursos disponibles. Trabajar de forma organizada.	Transversal
CT4	Capacidad para prevenir y solucionar problemas, adaptándose a situaciones imprevistas y tomando decisiones propias.	Transversal

Código	Denominación	Tipo
CT5	Capacidad para trabajar en entornos complejos o inciertos y con recursos limitados.	Transversal
CT6	Evaluar de forma crítica el trabajo realizado.	Transversal
CT7	Capacidad para trabajar cooperativamente asumiendo y respetando el rol de los diversos miembros del equipo, así como los distintos niveles de dependencia del mismo.	Transversal
CT8	Adaptarse a entornos multidisciplinares e internacionales.	Transversal
CT9	Comunicar eficientemente de forma oral y/o escrita conocimientos, resultados y habilidades, tanto en entornos profesionales como ante públicos no expertos.	Transversal
CT10	Hacer un uso eficiente de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la comunicación y transmisión de ideas y resultados.	Transversal

**Competencias Específicas:**

Código	Denominación	Tipo
CE1	Establecer el efecto de la reducción de la dimensionalidad en las propiedades físicas de los sólidos, incorporando a su conocimiento los nuevos fenómenos físicos que aparecen en la nanoescala.	Específica
CE2	Aplicar los conocimientos sobre nanofísica y materiales avanzados para entender y desarrollar soluciones y aplicaciones en los distintos campos de la nanociencia y la nanotecnología.	Específica
CE3	Demostrar que se ha adquirido una formación sólida, avanzada y rigurosa en las teorías más recientes de la Física de la Materia Condensada y de Materiales Avanzados.	Específica
CE4	Realizar un trabajo de investigación en Nanofísica y Materiales Avanzados y presentar los resultados obtenidos de modo oral y escrito, utilizando el lenguaje y el formato propios de la investigación en estas áreas de la ciencia y la tecnología.	Específica
CE5	Desarrollar habilidades de aprendizaje en Nanofísica y Materiales Avanzados que permitan al alumno continuar estudiando y profundizando en la materia de un modo autónomo.	Específica

**Fichas de las Asignaturas**



# Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2022-23)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Nanomagnetismo</b>	<b>Código</b>	606842		
<b>Materia:</b>	Nanomateriales y Nanotecnología	<b>Módulo:</b>	Nanofísica y Materiales Avanzados		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Prácticos	Laboratorio
<b>Créditos ECTS:</b>	6	6	0	
<b>Horas presenciales</b>	45	45	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Elena Navarro Palma			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	02.119.0	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:enavarro@ucm.es">enavarro@ucm.es</a>	

Aula	Día	Horario	Profesor	Horas	Dpto.
Seminario 3.4	L	10:30 – 12:00	Elena Navarro Palma	22.5 (1ª mitad del cuatrimestre)	FM
	X	12:00 – 13:30	Zouhair Sefrioui Khamali	22.5 (2ª mitad del cuatrimestre)	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Elena Navarro Palma	M y J: 10.00 - 13:00	<a href="mailto:enavarro@ucm.es">enavarro@ucm.es</a>	Despacho 02.119.0 Depto. FM
Zouhair Sefrioui Khamali	L : 12:30 - 14:30 X: 10:00 – 12:00 (+3 h no presenciales)	<a href="mailto:sefrioui@fis.ucm.es">sefrioui@fis.ucm.es</a>	Despacho 03.116.0 Depto. FM

(X no pr.): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual,...

**Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)**

Conocimiento y comprensión del efecto de la reducción de la dimensionalidad en las propiedades magnéticas de los sólidos.

**Competencias de la asignatura**

Competencias Básicas: CB10, CB6, CB7, CB8, CB9

Competencias Generales: CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6 y CG7

Competencias Transversales: CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CT9, CT10

Competencias Específicas: CE1, CE2 y CE3.

**Breve descripción de contenidos**

Procesos de imanación, magnetismo en películas delgadas, superficies, intercaras y multicapas. Nanohilos y nanopartículas magnéticas. Superparamagnetismo. Magnetismo molecular. Aplicaciones de nanomateriales magnéticos.

**Conocimientos previos necesarios**

Conocimientos básicos de **Física del Estado Sólido**, Física Estadística, Física Cuántica y Electromagnetismo.

**Programa de la asignatura****Tema 1: Asentando el terreno para el Nanomagnetismo**

Introducción. Magnetismo atómico. Fenómenos magnéticos cooperativos y no cooperativos. Interacciones de canje. Magnetismo de bandas.

**Tema 2: Magnetismo de partículas pequeñas, skyrmiones y nanohilos**

Del multidominio al monodominio en la nanoescala. Coercitividad en partículas pequeñas. Superparamagnetismo. Interacciones entre partículas. Texturas de espín no colineales: Skyrmiones. Nanohilos.

**Tema 3: Magnetismo de películas delgadas, Multicapas**

Efectos de Interfase. Longitudes características. Ruptura de simetría. Dimensionalidad. Comportamiento magnético. Imanación y Densidad de estados.

**Tema 4: Aplicaciones**

Memorias Magnéticas Emergentes, Efecto campo, Exchange Bias, Magneto-hipertermia.

## Bibliografía

### Básica

- *Modern Magnetic Materials: Principles and applications*. R.C. O'Handley. John Willey and sons (2000).
- **MAGNETISM IN CONDENSED MATTER**, S. Blundell. Oxford University Press, (2001).
- *Magnetism and Magnetic Materials*, J.M.D. Coey, Cambridge University Press, N.York, (2010).
- *Introduction to Magnetic Materials*, [B. D. Cullity](#) y [C. D. Graham](#). Eds. John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, (2009).
- **THE PHYSICAL PRINCIPLES OF MAGNETISM**. A. H. Morrish , IEEE Press, (2001)
- **MAGNETISM. VOL. I- FUNDAMENTALS, VOL. II MATERIALS AND APPLICATIONS**. Edited by E. du Trémolet de Lacheisserie, D. Gignoux, M. Schelenker, Springer Science +Business Media Inc. (2005).
- **MAGNETIC MATERIALS**. N. A. Spaldin, Cambridge University Press, (2011).

### Avanzada/Complementaria:

- *Nanomagnetism*. Oliver Fruchart (2018)  
<http://fruchart.eu/olivier/lectures/nanomagnetism-2018-09-17.pdf>
- *Nanomagnetics*, R. Skomski, Journal of Physics: Condensed Mater 15 R841 (2003). Topical Review
- *Magnetic Characterization Techniques for Nanomaterials*, Challa S.S.R. Kumar Editor (2017)
- *Física de los Materiales Magnéticos*, A. Hernando y J.M. Rojo, Ed. Síntesis (2001)
- **MAGNETIC NANOSTRUCTURED MATERIALS: FROM LAB TO FAB**. A.A. El-Gendy, J.M. Barandiarán, R.L. Hadimani, **CHAPTER 1**, Elsevier, (2018).
- *Magnetic relaxation in fine-particle systems*. J.L. Dormann, D. Fiorani, E. Tronc, **ADVANCES IN CHEMICAL PHYSICS**, Vol.98, Chapter 4, Wiley&Sons, (1997).
- *Supermagnetism*. S. Bedanta, W. Kleemann. **J.PHYS. D: APPL. PHYS.** 42, 013001 (2002). Topical Review.
- *Fast micromagnetic simulations on graphical processing units (GPU)-recent advances made with mumax*, J. Leliaert, M. Dvornik, J de Clerq, M V Milosevic, B. Van Wayeenberge, **J. PHYS. D.** 81, 123002 (2018). Topical Review.
- *Magnetism: From Fundamentals to Nanoscale Dynamics*, J. Stöhr and H.C. Siegmann. Springer Series in solid-state sciences, Springer Berlin Heidelberg New York (2006). ISBN-13 978-3-540-30282-7.
- World Scientific Series in Nanoscience & Nanotechnology: Vol. 3. *Molecular Cluster Magnets* Edited by: R. Winpenny (U. of Manchester, UK) World Scientific, 2012. ISBN: 978-981-4464-02-4.

## Recursos en internet

## Metodología

Se desarrollarán clases de teoría en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.

Para estas clases se usará la proyección con ordenador. Se utilizará el Campus Virtual para suministrar toda la información a los alumnos con suficiente antelación.

Se propondrán seminarios sobre resultados de la investigación en nanomagnetismo donde se ponga en evidencia su relevancia y actualidad.

Se propondrá a los alumnos la realización de trabajos individuales sobre artículos de investigación que se expondrán en las clases a modo de seminarios fluidos con diálogo posterior.

Se propondrá a los alumnos la visita a centros de investigación y la participación en jornadas de formación.

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50 %
Los alumnos realizarán un examen final sobre los conceptos más relevantes de la asignatura.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50 %
Otras actividades de evaluación. Estas podrán incluir actividades de evaluación continua como: problemas entregados a lo largo del curso de forma individual, participación en clases, en las visitas y jornadas propuestas, en seminarios y tutorías, presentación, oral o por escrito, de trabajos.		
<b>Calificación final</b>		
La calificación final resultará de la media ponderada de las calificaciones de los exámenes y otras actividades.		
Para hacer la media la nota en el examen ha de ser mayor que 4.5.		



## Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2022-23)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Nanomateriales semiconductores</b>			<b>Código</b>	606843
<b>Materia:</b>	Nanomateriales y Nanotecnología	<b>Módulo:</b>	Nanofísica y Materiales Avanzados		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	6	0	
<b>Horas presenciales</b>	45	45	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Leonor Chico Gómez	<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b> 02.122.0	<b>e-mail</b>	leochico@ucm.es

Aula	Día	Horario	Profesor	Horas	Dpto.
Seminario 3.4	M	10:30-12:00	Leonor Chico Gómez	45	FM
	J	12:00-13:30			

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Leonor Chico	<u>1<sup>er</sup> Cuatrimestre:</u> L y X: 10:30 - 13:30 <u>2<sup>o</sup> Cuatrimestre:</u> L: 10:30 - 13:30 M y X: 15:00 - 16:30	leochico@ucm.es	Despacho 02.122.0 Depto. FM

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Conocimiento y comprensión de los métodos de síntesis y caracterización de nanomateriales.  
Conocimiento y comprensión de los fenómenos físicos que pueden aparecer en la nanoescala en los materiales funcionales.

### Competencias de la asignatura

Competencias Básicas: CB10, CB6, CB7, CB8, CB9  
Competencias Generales: CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7  
Competencias Transversales: CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CT9, CT10  
Competencias Específicas: CE1, CE2 y CE3.

### Breve descripción de contenidos

Síntesis y diseño de nuevos materiales. Ingeniería de band-gap. Nanohilos y nanotubos semiconductores. Confinamiento óptico, guías de onda y cristales fotónicos. Aplicaciones de nanomateriales semiconductores en optoelectrónica (LEDS, láseres, detectores...).

### Conocimientos previos necesarios

Conocimientos mínimos básicos de Física del Estado Sólido (bandas de energía), Física Cuántica (efectos cuánticos de tamaño) y Física de Materiales (estructura y defectos, propiedades ópticas de los materiales).

### Programa de la asignatura

1. Introducción a los nanomateriales semiconductores. Clasificación e interés.
2. Síntesis de nanomateriales semiconductores. Tecnologías de fabricación de lámina delgada, nanopartículas, nanohilos y nanotubos. Estructuras core-shell. Estructuras complejas y redes.
3. Diseño de nanomateriales. Ingeniería del band-gap.
4. Nanomateriales semiconductores. Nuevos materiales: más allá del silicio.
5. Nanofotónica I: Confinamiento óptico en nanomateriales. Guías de ondas. Cristales fotónicos. Microcavidades.
6. Nanofotónica II: Conceptos y materiales para nanoLEDs, nanolasers, nanodetectores y nanofotovoltaica.

### Bibliografía

#### *Básica:*

- G. Cao, Nanostructures and Nanomaterials, 2<sup>nd</sup> ed. Imperial College Press, 2011.
- T. Ihn, Semiconductor Nanostructures, Oxford University Press, 2010.
- P. N. Prasad, Nanophotonics, John Wiley and Sons, 2004.
- J. D. Joannopoulos et al., Photonic Crystals, 2<sup>nd</sup> ed. Princeton University Press, 2008.
- Artículos de investigación.

#### *Complementaria:*

- S. Kasap, P. Capper (Eds.), Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials, Springer, 2017.
- M. Grundmann, The Physics of Semiconductors, 4<sup>th</sup> ed. Springer, 2021.

### Recursos en internet

La asignatura dispone del Campus Virtual para acceder a las transparencias de clase, información adicional, propuesta de trabajos y su entrega, y anuncio de seminarios relacionados.

### Metodología

- . Se desarrollarán clases de teoría en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.
- . Se propondrán seminarios en los que se exponen resultados reales de investigación

relacionados directamente con la asignatura.

- . Realización de trabajos en grupo o individuales y exposición de los mismos por parte de los alumnos.
- . Actividades individuales en las que los alumnos deberán contestar a algunas preguntas o analizar algún artículo de investigación relacionados con los temas explicados y entregarlos a través del campus.
- . Tutorías individuales y en grupo que faciliten el progreso personal de cada alumno y permitan al profesor un seguimiento más individual y cercano.
- . Utilización del Campus Virtual para suministrar información adicional al alumno, que le permita completar su formación en temas en los que pueda estar interesado.

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	40%
Los alumnos realizarán un examen sobre los conceptos más relevantes de la asignatura.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	60%
<p>Los alumnos realizarán varios trabajos individuales en los que deberán contestar a algunas preguntas, analizar algún artículo de investigación y resumir algunos de los seminarios impartidos durante la asignatura. El peso de estas actividades individuales será un 60% de la calificación de Otras Actividades de Evaluación.</p> <p>Además se presentará un trabajo realizado en grupo cuyo peso será de un 40% en la calificación de Otras Actividades de Evaluación.</p>		
<b>Calificación final</b>		
<p>La calificación final se obtendrá como <math>0.4*NE+0.6*OA</math>, donde NE es la Nota del Examen y OA es la calificación obtenida en Otras Actividades. Para poder aplicarse esta fórmula, tanto la calificación del examen como la de "Otras Actividades" deberán ser mayor o igual a 5.</p>		



## Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2022-23)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Electrones en nanoestructuras</b>			<b>Código</b>	606848
<b>Materia:</b>	Materia Condensada	<b>Módulo:</b>	Nanofísica y Materiales Avanzados		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	6	0	
<b>Horas presenciales</b>	45	45	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Pedro Hidalgo Alcalde			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	02.121.0	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:phidalgo@ucm.es">phidalgo@ucm.es</a>	

Aula	Día	Horario	Profesor	Horas	Dpto.
Seminario 3.4	L	12:00 – 13:30	Pedro Hidalgo Alcalde	45	FM
	X	9:00 – 10:30			

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Pedro Hidalgo	L y X: 14:30 - 16:00 X y V.: 11:00 - 12:30	<a href="mailto:phidalgo@ucm.es">phidalgo@ucm.es</a>	Despacho 02.121.0 Depto. FM

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Conocer el efecto del confinamiento en los estados electrónicos de las nanoestructuras.

### Competencias de la asignatura

Competencias Básicas: CB10, CB6, CB7, CB8, CB9

Competencias Generales: CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7

Competencias Transversales: CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CT9, CT10

Competencias Específicas: CE1, CE2 y CE3.

### Breve descripción de contenidos

Dinámica cuántica de portadores de carga. Transporte túnel. Superredes, diodos túnel y láseres de cascada cuántica. Respuesta electrónica a campos externos. Estados asociados a defectos. Gas bidimensional de electrones. Termoelectricidad en sistemas nanométricos. Absorción óptica. Luminiscencia. Excitones. Interacción con fonones. Dispositivos electro-ópticos. Moduladores de luz.

### Conocimientos previos necesarios

Se requieren conocimientos de Física del Estado Sólido.

### Programa de la asignatura

- Repaso de estructura de bandas en semiconductores elementales y compuestos.
- Características generales de las nanoestructuras de semiconductores.
- Dinámica cuántica de portadores de carga. Aproximación de la función envolvente.
- Transporte túnel. Superredes. Resistencia diferencial negativa. Puntos cuánticos.
- Respuesta a los campos externos. Oscilaciones de Bloch. Niveles de Landau. Efecto Hall cuántico.
- Estados electrónicos asociados a defectos.
- Absorción óptica. Reglas de selección. Luminiscencia.
- Termoelectricidad en sistemas nanométricos.

### Bibliografía

#### Específica

- J. H. Davies, *The physics of low-dimensional semiconductors* (Cambridge University Press, Cambridge, 1998).
- G. Bastard, *Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures* (Les Éditions de Physique, París, 1988).
- F. T. Vasko y A. V. Kuznetsov, *Electronic states and optical transitions in semiconductor heterostructures* (Springer, Berlin, 1998).
- P. Harrison, *Quantum wells, wires and dots* (Wiley, West Sussex, 2005)
- M. I. Katsnelson, *Graphene. Carbon in two dimensions* (Cambridge University Press, Cambridge, 2012).

#### Complementaria

- H. Haug y S. W. Koch, *Quantum theory of the optical and electronic properties of semiconductors* (World Scientific, Singapur, 2004).
- E. Borovitskaya y M. S. Shur (editores), *Quantum dots* (World Scientific, Singapur, 2002).
- L. Bányai y S. W. Koch, *Semiconductor quantum dots* (World Scientific, Singapur, 1993).

### Recursos en internet

Las transparencias del curso se encuentran disponibles en el Campus Virtual. La asignatura cuenta con una web con información relevante que se indicará el primer día de clase. En esta página, además de noticias actuales con el contenido de la asignatura, se proporcionan enlaces a páginas de interés para completar conocimientos sobre ésta.

### Metodología

- Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.
- Actividades dirigidas y supervisadas por el profesor, en las que los alumnos, de manera individual, tendrán que realizar un trabajo sobre algún tema relacionado con los contenidos de la asignatura, elegido por ellos mismos. El trabajo se expondrá en el periodo docente durante 10 ó 15 minutos, antes de finalizar el curso.
- Tutorías individuales o en grupo que faciliten el progreso personal de cada alumno y permitan al profesor un seguimiento individualizado y más cercano.
- Utilización del Campus Virtual para proporcionar información adicional al alumno, que le permita completar su formación en temas en los que pueda estar interesado.

### Evaluación

#### Realización de exámenes

**Peso:**

40%

Los alumnos deberán superar una prueba escrita con cuestiones sobre las ideas y contenidos más relevantes de la asignatura. Las expresiones matemáticas que pudieran hacer falta serán proporcionadas en el enunciado de la cuestión.

#### Otras actividades de evaluación

**Peso:**

60%

Los alumnos deberán exponer en clase, de forma individual, un trabajo elegido por ellos sobre algún tema específico relacionado con la asignatura.

### Calificación final

La calificación final se obtendrá como  $0.4 \cdot NE + 0.6 \cdot OA$ , donde NE es la Nota del Examen y OA es la calificación obtenida en Otras Actividades.



# Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2022-23)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Métodos Experimentales Avanzados</b>			<b>Código</b>	606852
<b>Materia:</b>	Métodos Experimentales Avanzados	<b>Módulo:</b>	Nanofísica y Materiales Avanzados		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	6	0	
<b>Horas presenciales</b>	45	45	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Bianchi Méndez Martín			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	02.125.0	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:bianchi@ucm.es">bianchi@ucm.es</a>	

Aula	Día	Horario	Profesor	Horas	Dpto.
Seminario 3.4	L	9:00– 10.30	Bianchi Méndez Martín	45	FM
	X	10:30-12:00			

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Bianchi Méndez Martín	L y M: 10:30 - 13.30	bianchi@ucm.es	Despacho 02.125.0 Dpto. FM

## Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Conocer los métodos avanzados en caracterización de nanomateriales.

## Breve descripción de contenidos

Espectroscopía y microscopías ópticas: técnicas de absorción, de luminiscencia y de scattering.  
 Microscopía electrónica de barrido y modos asociados avanzados (CL, EBIC, ESD).  
 Microscopía electrónica de transmisión y modos asociados avanzados (HREM. STEM, EELS).  
 Microscopías de campo cercano: microscopios de efecto túnel y de fuerzas atómicas.  
 Técnicas que hacen uso de grandes instalaciones: sincrotrones y aceleradores de partículas.

### Competencias de la asignatura

Competencias Básicas: CB6, CB7, CB8, CB9, CB10.  
 Competencias Generales: CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7.  
 Competencias Específicas: CE1, CE2, CE3.  
 Competencias Transversales: CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CT9, CT10.

### Conocimientos previos necesarios

Conocimientos generales de Física del Estado Sólido. Serán de utilidad, pero no imprescindibles, conocimientos sobre Física de materiales y técnicas básicas de caracterización de materiales.

### Programa de la asignatura

1. Los métodos experimentales y la Física de la Materia Condensada. Procesos de interacción radiación-materia (UV-vis-IR, rayos X y partículas).
2. Métodos basados en sondas ópticas. Espectroscopías y microscopías ópticas. Microscopia confocal. Absorción óptica. Técnicas de luminiscencia. Espectroscopia y microscopia Raman. Aplicaciones en materiales electrónicos y optoelectrónicos.
3. Métodos basados en haces de electrones. Microscopía electrónica de barrido y modos asociados (CL, EBIC, EBSD). Microscopía electrónica de transmisión y técnicas asociadas (HREM, STEM, EELS). Aplicaciones en nanomateriales.
4. Métodos basados en la aproximación de campo cercano. Microscopía y espectroscopía de efecto túnel (STM, STS). Microscopio de fuerza atómica y sus familias (MFM, EFM, KPM, SNOM). Aplicaciones en nanomateriales.
5. Técnicas de caracterización en grandes instalaciones. Técnicas asociadas a la radiación sincrotrón. Espectroscopía de fotoemisión de electrones. Espectroscopías de absorción de rayos X. Técnicas experimentales basadas en haces de neutrones. Difracción de neutrones: aplicación para el análisis de las propiedades estructurales y magnéticas.

### Bibliografía

- Physical Methods for materials characterisation, Peter E. J. Flewitt, Robert K. Wild, CRC Press, Taylor & Francis Group (2017).
- Handbook of Applied Solid State Spectroscopy. D.R. Vij, Springer (2006).
- Solid State Spectroscopy. H. Kuzmany, Springer (1998).
- Science of Microscopy. P.W. Hawkes & C.H. Spence (Edit.), Springer (2007).
- Raman Scattering in Materials Science. W.H. Weber & R. Melin (Edit.) Springer (2000).
- Electron Microscopy and Analysis. P. J. Goodhew, J. Humphreys, R. Beanland, Taylor & Francis (2001).
- SEM microcharacterization of semiconductors. D.B. Holt & D.C. Joy, Academic Press (1989).
- Microstructural Characterization of Materials. David Brandon & Wayne D. Kaplan, Wiley (2008).
- Scanning Probe Microscopy and Spectroscopy: methods and applications. R. Wiesendanger, Cambridge University Press (1994).
- Handbook of Microscopy for Nanotechnology. Nan Yao & Zhong Lin Wang (Edit.), Kluwer Academic Publishers (2005).

### Recursos en internet

*Campus virtual*, donde se incluirán las transparencias de clase, los enlaces a páginas *web* y cualquier otro material de interés para la asignatura.

### Metodología

Clases de teoría, donde se explicarán los conceptos fundamentales y que incluirán ejemplos y aplicaciones. Para estas clases se usará la proyección con ordenador. Los alumnos dispondrán del material utilizado en clase con suficiente antelación.

Trabajos escritos dirigidos y supervisados por el profesor, en los que los alumnos, de manera individual o en grupo, tendrán que analizar con mayor profundidad algún caso práctico de cómo abordar la caracterización de nanomateriales.

Exposición oral de trabajos en clase. Esta actividad se plantea como pequeños seminarios en los que los alumnos, orientados por el profesor, exponen a sus compañeros un tema actual de investigación relacionado con la asignatura. Tales exposiciones se realizarán individualmente o por parejas.

### Evaluación

#### Realización de exámenes

Peso:

40%

Se realizarán una prueba escrita al término del tema 2 y otra al término del tema 4 así como un examen final de la misma que englobará todos los temas.

#### Otras actividades de evaluación

Peso:

60%

Se valorarán los trabajos realizados individualmente o en grupo de los casos prácticos propuestos y los trabajos orales expuestos en clase.

### Calificación final

La calificación final será  $N_{Final} = 0.4 \times N_{Exam} + 0.6 \times N_{OtrasActiv}$ , siendo  $N_{Exam}$  y  $N_{OtrasActiv}$  las calificaciones obtenidas en los dos apartados anteriores (en una escala de 0 a 10). La asignatura se aprobará sólo si  $N_{Final} > 5$  y  $N_{Exam} > 4$ .



## Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2022-23)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Temas Avanzados en Física de la Materia Condensada</b>			<b>Código</b>	606850
<b>Materia:</b>	Materia Condensada	<b>Módulo:</b>	Nanofísica y Materiales Avanzados		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	6	0	
<b>Horas presenciales</b>	45	45	0	0

<b>Profesor/a</b>	Charles Creffield			<b>Dpto:</b>	FM
<b>Coordinador/a:</b>	<b>Despacho:</b>	02.106.0	<b>e-mail</b>	c.creffield@fis.ucm.es	

### Teoría - Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Seminario 3.4	M	12.00-13.30	Juan J. Mazo	Inicio-mitad	22.5	EMFTEL
	J	9.00-10.30	Charles Creffield	Mitad-final	22.5	FM

### Tutorías - Detalle de horarios y profesorado

Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
Charles Creffield	L, X y V: 14:30 - 15:30 (+ 3 h no presenciales)	c.creffield@fis.ucm.es	Despacho 02.106.0 Dpto. FM
Juan J. Mazo	<u>1<sup>er</sup> Cuatrimestre:</u> L, X y V: 13:00 - 15:00 <u>2<sup>o</sup> Cuatrimestre:</u> L, X y V: 11:00 - 13:00	jmazo@ucm.es	Despacho 01.112.0 Dpto. EMFTEL

(X no pr.): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual,...

**Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)**

Adquirir una formación sólida, avanzada y rigurosa en las teorías más recientes de Física de la Materia Condensada.

**Competencias de la asignatura**

Competencias Básicas (CB6, CB7, CB8, CB9 y CB10), Generales (CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6 y CG7) y Transversales (CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8 CT9 y CT10), y las Competencias Específicas CE1, CE2 y CE3.

**Breve descripción de contenidos**

Grafeno, aislantes topológicos, fuerzas en la nanoescala, nanotribología, tecnologías cuánticas.

**Conocimientos previos necesarios**

Física del Estado Sólido, Física Estadística, Mecánica Cuántica, Electromagnetismo, al nivel propio de las asignaturas troncales de Grado en Física.

**Programa de la asignatura**

1. Fuerzas en la nanoescala (fenómenos dinámicos, nanomáquinas y nanotribología).
2. Tecnologías cuánticas y sistemas superconductores
3. Efectos Hall cuántico.
4. Sistemas fuertemente correlacionados.
5. Grafeno y aislantes topológicos.

**Bibliografía**

- “Molecular driving forces : statistical thermodynamics in biology, chemistry, physics, and nanoscience”, Ken A. Dill y Sarina Bromberg (Garland Science, 2010).
- “Elements of friction theory and nanotribology” E. Gnecco y E. Meyer (Cambridge University Press, 2015).
- “Quantum Computation and Quantum Information”, M. A. Nielsen y I. L. Chuang (Cambridge University Press, 2010).
- “Condensed Matter Physics”, M. Marder (John Wiley, 2000)
- “Introduction to Mesoscopic Physics”, Y. Imry (OUP, 2005)
- “Quantum Phase Transitions”, S. Sachdev, T.L. Hughes (Princeton UP, 2013)
- “Graphene: Carbon in Two Dimensions”, M. I. Katsnelson (Cambridge UP, 2012).
- “Topological Insulators”, B. A. Bernevig y T. L. Hughes (Princeton UP, 2013).

**Recursos en internet**

El campus virtual se utilizará para que el profesor suba algunas notas de clase, así como material complementario relacionado con los contenidos de la asignatura, incluyendo información sobre otras páginas web. También se utilizará para que los alumnos suban algunos trabajos y ejercicios.

La información general sobre el funcionamiento de la asignatura se irá actualizando en el campus virtual.

### Metodología

- Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.
- De algunos temas se propondrán ejercicios y actividades que el alumno presentará posteriormente.

### Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	20 %
Realización de exámenes. El examen consistirá en preguntas sobre conceptos discutidos durante el curso		
Otras actividades de evaluación	Peso:	80 %
Otras actividades de evaluación. Ejercicios entregados, realización y presentación de trabajos escritos y/o orales.		
Calificación final		
Para docencia presencial o semi-presencial la calificación final CF vendrá dada por la fórmula: $CF = 0.8 \cdot A + 0.2 \cdot E$ siendo E la nota final del examen y A la nota final de otras actividades de evaluación.		



## Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2022-23)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Efectos Cooperativos y de Dimensionalidad en Sólidos</b>			<b>Código</b>	606847
<b>Materia:</b>	Material Condensada	<b>Módulo:</b>	Nanofísica y Materiales Avanzados		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	1º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	6	0	
<b>Horas presenciales</b>	45	45	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Elvira M. González Herrera			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	02.212.0	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:cygnus@ucm.es">cygnus@ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Seminario 3.4	M	9:00-10:30	Elvira M. González	Alternarán a lo largo del cuatrimestre	22.5	FM
	J	10.30- 12:00	José Luis Vicent		22.5	FM

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Elvira M. González Herrera	L : 11:00 - 16:00 M : 15:00 - 16:00	cygnus@ucm.es	Despacho 02.212.0 Dpto. FM
José Luis Vicent	M, J: 13:30 - 14:30	jlvicent@ucm.es	Despacho 02.109.0 Dpto. FM

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Conocer y comprender los efectos cooperativos en Materia Condensada y su relación con la dimensionalidad.

### Competencias de la asignatura

Competencias Básicas: CB10, CB6, CB7, CB8, CB9  
 Competencias Generales: CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7  
 Competencias Transversales: CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CT9, CT10  
 Competencias Específicas: CE1, CE2 y CE3.

### Breve descripción de contenidos

Fenómenos cooperativos: magnetismo, superconductividad, ondas de spin, ondas de densidad de carga. Efectos de confinamiento, proximidad y localización. Teorías de la superconductividad. El estado mixto. Materiales superconductores. Superconductividad de alta temperatura crítica. Sistemas híbridos de dimensionalidad reducida.

### Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos de Física del Estado Sólido.

### Programa de la asignatura

- De cero a tres dimensiones: el límite mesoscópico.
- Fenómenos cooperativos (magnetismo, superconductividad, ferroelectricidad, ondas de densidad de carga y de spin): propiedades de proximidad, confinamiento y localización.
- Ejemplos de efectos inducidos por dimensionalidad reducida: Bloqueo de Coulomb, efecto Bhom-Aharonov, efecto Kondo, efectos ligados a los recorridos libres medios.
- Materiales artificiales de baja dimensionalidad: superredes metálicas y semiconductoras.
- Materiales naturales de baja dimensionalidad: las familias del grafeno, dicalcogenuros y pnicturos.
- Propiedades características de la superconductividad.
- Teorías de la superconductividad y longitudes características.
- El estado mixto. Vórtices superconductores. Origen de la disipación. Corriente crítica.
- Tipos de superconductores. Superconductores de alta temperatura crítica.
- Uniones débiles. Efecto Josephson y dispositivos de interferencia cuántica superconductora.
- Sistemas híbridos superconductor/no superconductor de dimensionalidad reducida.

### Bibliografía

1. "Introduction to Superconductivity", Michael Tinkham (McGraw-Hill; ISBN: 0-07-064878-6)
2. "Introduction to Mesoscopic Physics", Yoseph Imry. (Oxford University Press; ISBN: 0-019-510167-7)

### Recursos en internet

Se utilizará el Campus Virtual para facilitar en algunos casos material docente a los alumnos.

### Metodología

- Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.
- Actividades propuestas por el profesor en la que los alumnos realizarán una pequeña revisión bibliográfica seguida de una breve exposición oral.
- Tutorías individuales y en grupo que faciliten el progreso personal de cada alumno y permitan al profesor un seguimiento más individual y cercano.
- Utilización del Campus Virtual para suministrar información adicional al alumno, que le permita completar su formación en temas en los que pueda estar interesado.

### Evaluación

Realización de exámenes	Peso:	40 %
Examen escrito con un peso del 40%.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	60 %
Valoración de los trabajos realizados tanto individualmente como en grupo, con un peso de 60 % del total.		
Calificación final		
La calificación final será la suma del 40 % correspondiente al examen y del 60 % correspondiente a otras actividades de evaluación.		



# Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2022-23)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Física de Superficies</b>			<b>Código</b>	606844
<b>Materia:</b>	Nanomateriales y Nanotecnología	<b>Módulo:</b>	Nanofísica y Materiales Avanzados		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	6	0	
<b>Horas presenciales</b>	45	45	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Arantzazu Mascaraque Susunaga			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	02.110.0	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:a.mascaraque@ucm.es">a.mascaraque@ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Seminario 3.1	M	9:00-10:30	Arantzazu Mascaraque	Alternarán a lo largo del segundo cuatrimestre	16	FM
	J	12:00- 13:30	Miguel Ángel González Barrio		29	FM

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Arantzazu Mascaraque	L, X y V: 12.00 - 14.00	<a href="mailto:a.mascaraque@ucm.es">a.mascaraque@ucm.es</a>	Despacho 02.110.0 Dpto. FM
Miguel Ángel González Barrio	L: 10:00 - 12:00 X: 15.00 - 17:00 J: 10:30 - 12:30	<a href="mailto:mabarrio@ucm.es">mabarrio@ucm.es</a>	Despacho 02.116.0 Dpto. FM

## Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Conocer y comprender la Física de Superficies.

### Competencias de la asignatura

Competencias Básicas: CB10, CB6, CB7, CB8, CB9

Competencias Generales: CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7

Competencias Transversales: CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CT9, CT10

Competencias Específicas: CE1, CE2 y CE3.

### Breve descripción de contenidos

Estructura de superficies e interfaces. Dispersión y difracción. Estructura electrónica. Adsorción y vibraciones. Propiedades mecánicas. Simulaciones y métodos computacionales en Física de Superficies.

### Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos de Física del Estado Sólido, Física Estadística, Física Cuántica y Electromagnetismo.

### Programa de la asignatura

- **Introducción:** Historia y relevancia tecnológica. Necesidad de ultraalto vacío. Técnicas de ultra alto vacío. Bombeo. Sensibilidad superficial. Métodos de preparación de superficies.
- **Estructura de superficies:** Relajación, reconstrucción y defectos. Las redes bidimensionales en espacio real y recíproco.
- **Difracción:** Difracción de electrones de baja energía (LEED). Teoría cinemática e inspección de patrones. Teoría dinámica y análisis de estructuras. Difracción de rayos X en superficies e interfaces. (SXRD). Dispersión de iones de baja energía y análisis químico.
- **Magnetismo en superficies:** Técnicas de superficies con sensibilidad magnética. Determinación de estructuras magnéticas no co-lineales.
- **Estructura electrónica:** Determinación experimental de la estructura de bandas. ARPES. Modelo de tres pasos y modelo de transición directa. Estados de superficie intrínsecos y extrínsecos. Estados de superficie en metales y en semiconductores.
- **Aplicaciones de la Espectroscopía de Fotoemisión:** Gases de electrones libres. Estructura de bandas de casos especiales.
- **Reactividad química:** Fisorción y quimisorción. El enlace químico en superficies. Cinética de adsorción y desorción. Vibraciones de adsorbatos. Catálisis heterogénea. Casos históricos y ejemplos actuales.
- **Otras propiedades de superficies:** Propiedades ópticas y plasmónicas de superficies. Propiedades mecánicas.
- **Simulación y métodos computacionales en Física de Superficies.** Cálculos de primeros principios: superficies limpias e interfases. Cálculos semiempíricos. Cálculos de procesos.

### Bibliografía

Physics at Surfaces  
Andrew Zangwill  
ISBN-10: 0521347521

Surface Science: An Introduction  
John B. Hudson  
ISBN-10: 0471252395

Solid Surfaces, Interfaces and Thin Films  
Hans Lüth  
ISBN-10: 3642135919

Modern Techniques of Surface Science (Cambridge Solid State Science Series)  
D. P. Woodruff, T. A. Delchar  
ISBN-10: 0521424984

Surface Science: Foundations of Catalysis and Nanoscience  
Kurt K. Kolasinski  
ISBN-10: 1119990351 | ISBN-13.

Introduction to Surface Chemistry and Catalysis  
Gabor A. Somorjai, Yimin Li  
ISBN-10: 047050823X

Physics of Surfaces and Interfaces  
Harald Ibach  
ISBN-10 3-540-34709-7

### Recursos en internet

Campus virtual así como enlaces de interés para la Física de Superficies (bases de datos, páginas con problemas, ejemplos, artículos científicos, etc).

### Metodología

Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones

Trabajos entregables sobre el análisis y la lectura crítica de artículos actuales de investigación en el campo de la Física de Superficies.

Actividades dirigidas y supervisadas por el profesor, en las que los alumnos, de manera individual, tendrán que buscar información, analizar y realizar una exposición sobre un tema de actualidad dentro del campo de la Física de Superficies

Utilización del Campus Virtual para suministrar información adicional al alumno, que le permita completar su formación en temas en los que pueda estar interesado.

Visitas a los laboratorios del Grupo de Ciencia de Superficies, donde se mostrarán todas las técnicas experimentales disponibles y se realizarán demostraciones con alguna de ellas.

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
Se realizará un examen final en el que habrá una parte consistente en la exposición teórica de uno/s tema/s así como de problemas prácticos similares a los realizados a lo largo del desarrollo de la asignatura.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
Valoración de los trabajos realizados tanto individualmente como en grupo, con un peso del 25%. Exposiciones de trabajos en clase, con un peso de 25%.		
<b>Calificación final</b>		
La calificación final será la media ponderada del examen junto con las notas correspondientes a las otras actividades de evaluación. Para poder ser evaluado, en el examen habrá que obtener como mínimo 4 sobre 10 puntos.		



## Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2022-23)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Nanodispositivos</b>			<b>Código</b>	606845
<b>Materia:</b>	Nanomateriales y Nanotecnología	<b>Módulo:</b>	Nanofísica y Materiales Avanzados		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	6	0	
<b>Horas presenciales</b>	45	45	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Lucas Pérez García			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	02.210.0	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:lucas.perez@ucm.es">lucas.perez@ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Seminario 3.1	M	12:00 – 13:30	Lucar Pérez	Alternarán a lo largo del cuatrimestre	20	FM
	J	10:30 – 12:00	Javier Tornos		17.5	FM
			Loreto García Fernández		7.5	EMFTEL

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Lucas Pérez García	M y J: 14:30-16:00 (+3 h no presenciales)	lucas.perez@ucm.es	Despacho 02.210.0 Dpto. FM
Javier Tornos Castillo	X y J: 12:00-13:30 (+3 h no presenciales)	jtornosc@ucm.es	Despacho 03.249.0 Dpto. FM
Loreto García Fernández	<u>1<sup>er</sup> Cuatrimestre:</u> L y M: 12:30 - 14:00 (+3 h no presenciales) <u>2º Cuatrimestre:</u> L y J: 12:30 - 14:00 (+3 h no presenciales)	loreto.garcia@ucm.es	Despacho 01.108.0 Dpto. EMFTEL

(X no pr.): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual,...

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Conocimiento y comprensión de los métodos de síntesis y caracterización de nanomateriales. Combinar los conocimientos sobre los distintos nanomateriales avanzados con el fin de entender y desarrollar aplicaciones en nanodispositivos.

### Competencias de la asignatura

Competencias Básicas: CB10, CB6, CB7, CB8, CB9  
 Competencias Generales: CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7  
 Competencias Transversales: CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CT9, CT10  
 Competencias Específicas: CE1, CE2 y CE3.

### Breve descripción de contenidos

Nanoelectrónica. Almacenamiento de información. Dispositivos fotónicos. Metamateriales. Sistemas nanoelectromecánicos. Dispositivos termoelectricos. Dispositivos basados en nanomateriales poliméricos.

### Conocimientos previos necesarios

Conocimientos básicos de Física del Estado Sólido, Física Estadística, Física Cuántica y Electromagnetismo.

### Programa de la asignatura

- Dispositivos basados en materiales poliméricos: nanocompuestos poliméricos y materiales poliméricos nanoestructurados. Fabricación, caracterización y aplicaciones.
- Nanofabricación.
- Nanoelectrónica y fotónica.
- Sistemas nanoelectromecánicos
- Nanodispositivos basados en materiales cuánticos.
- Nanodispositivos neuromórficos.
- Nanodispositivos termoelectricos.

### Bibliografía

#### Básica:

1. M. Di Ventra, Introduction to Nanoscale Science and Technology ( Springer 2004)
2. B. Bhushan, Springer Handbook of Nanotechnology (4<sup>th</sup> Edición – Springer 2017).
3. J. M. de Teresa (ed.) Nanofabrication: nanolithography techniques and their applications (IOP Publishing Ltd 2020).
4. L. Gabor, Fundamentals of Nanotechnology (CRC Press, 2008).
5. G.R.Strobl, The Physics of Polymers: Concepts for Understanding Their Structures and Behavior (Springer, New York, 1997).
6. J.H. Koo, Polymer nanocomposites: processing, characterization, and applications (McGraw-Hill, 2006).
7. J.H. He, Y. Liu et al., Electrospun nanofibres and their Applications (iSmithers, 2008).

**Complementaria:**

- H.S. Philips, Carbon Nanotube and Graphene device physics (Cambridge University Press, Cambridge 2001)
- Y. Sha Yi, Integrated Nanophotonic Resonators: Fundamental, Devices and Applications (Pan Stanford Publishing, 2016)
- D.I. Bower, An introduction to polymer physics (Cambridge University Press, 2002)

**Recursos en internet**

Se hará uso del Campus Virtual de la Universidad Complutense para hacer llegar a los alumnos todo el material del curso (transparencias, simulaciones, etc.). En él se irá incorporando toda la información relacionada con el mismo (programa, tutorías, entrega de trabajos, etc.). La información también se incorporará a una página web específica de la asignatura.

**Metodología**

Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones

. Actividades dirigidas y supervisadas por el profesor, en las que los alumnos, de manera individual o en grupo, tendrán que resolver una serie de problemas o realizar una pequeña revisión bibliográfica sobre algún tema relacionado con los contenidos de la asignatura.

. Tutorías individuales y en grupo que faciliten el progreso personal de cada alumno y permitan al profesor un seguimiento más individual y cercano.

. Utilización del Campus Virtual para suministrar información adicional al alumno, que le permita completar su formación en temas en los que pueda estar interesado.

**Evaluación**

**Realización de exámenes**

**Peso:**

50 %

Los alumnos deberán superar una prueba escrita sobre los contenidos más básicos y generales de la asignatura.

**Otras actividades de evaluación**

**Peso:**

50 %

Los alumnos deberán presentar en clase, de manera individual, un trabajo en el que describan con cierto detalle un nanodispositivo a su elección, relacionado con los distintos bloques explicados en la asignatura.

Además, a lo largo del desarrollo de la asignatura tendrán que elaborar, de manera individual o por parejas, resúmenes de artículos de investigación que los profesores propondrán a lo largo del desarrollo del curso.

También se tendrá en cuenta la participación en clase y la realización de breves pruebas de evaluación en horario de clase.

**Calificación final**

La calificación final se obtendrá como  $0.5 \cdot NE + 0.5 \cdot OA$ , donde NE es la Nota del Examen y OA es la calificación obtenida en Otras Actividades.



# Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2022-23)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Espintrónica</b>			<b>Código</b>	606851
<b>Materia:</b>	Materia Condensada	<b>Módulo:</b>	Nanofísica y Materiales Avanzados		
<b>Carácter:</b>	Optativo	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	6	0	
<b>Horas presenciales</b>	45	45	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Fabián Andrés Cuéllar Jiménez	<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b> 03.250.0	<b>e-mail</b>	facuella@ucm.es

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Seminario 3.1	M	10:30 – 12:00	Elena Díaz García	Alternarán a lo largo del cuatrimestre	22.5	FM
	J	9:00 – 10:30	Fabián Andrés Cuéllar Jiménez		22.5	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
Elena Díaz García	J: 10:30 – 13:30 (+3 h no presenciales)	elenadg@ucm.es	Despacho 02.106.0 Dpto. FM
Fabián Andrés Cuéllar Jiménez	V: 9:00 – 12:00 (+3 h no presenciales)	facuella@ucm.es	Despacho 03.250.0 Dpto. FM

(X h no pr.): Horas de tutoría no presenciales a través de correo, campus virtual, ...

**Resultados del aprendizaje (según documento de Verificación de la Titulación)**

Conocer y comprender las propiedades relacionadas con el espín en materiales avanzados.

**Competencias de la asignatura**

Competencias Básicas: CB6, CB7, CB8, CB9, CB10  
 Competencias Generales: CG1, CG2, CG3, CG4, CG5, CG6, CG7  
 Competencias Transversales: CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8, CT9, CT10  
 Competencias Específicas: CE1, CE2, CE3

**Breve descripción de contenidos**

Estados electrónicos en ferromagnéticos. Polarización de espín. Magnetorresistencia gigante. Interacción espín-órbita. Inyección y relajación de espín. Transporte polarizado en espín. Túnel dependiente del espín y filtros de espín. Efectos Hall y galvánicos de espín. Transferencia de espín. Osciladores. Otros dispositivos.

**Conocimientos previos necesarios**

Conocimientos básicos de Física del Estado Sólido, Física Estadística, Física Cuántica y Electromagnetismo.

**Programa de la asignatura**

- Estados electrónicos en ferromagnéticos. Polarización de espín. Materiales medio-metálicos.
- Magnetorresistencia gigante (GMR). Modelo de dos corrientes. Geometrías CIP y CPP.
- Interacción espín-órbita. Interacción de Rashba. Interacción de Dresselhaus
- Relajación del espín. Mecanismos de Elliot-Yafet, D'yakonov-Perel y Bir-Aronov-Pikus.
- Transporte polarizado en espín. Corriente de espín. Acumulación de espín. Inyección de espín. Experimento de Johnson-Silsbee. Bombeo de espín.
- Espectroscopía de efecto túnel dependiente de espín. Experimento de Tedrow-Meservey.
- Uniones túnel magnéticas. Magnetorresistencia túnel (TMR). Modelo de Julliere. Dependencia en temperatura y voltaje del TMR. Túnel coherente de espín. Uniones túnel magnéticas con barreras activas. Filtros de espín.
- Mecanismos de scattering dependiente de espín. Efecto Hall de espín directo. Efecto Hall de espín inverso.
- Efectos galvánicos de espín. Efecto Seebeck de espín. Efecto Peltier de espín.
- Transferencia de espín. Osciladores basados en transferencia de espín. Otros dispositivos de espín.

**Bibliografía**

- Spintronics: Fundamentals and Applications. I. Zutic, J. Fabian and S. Das Sarma. Rev. Mod. Phys. 76, 323 (2004)
- Concepts in Spin Electronics. Ed. S. Maekawa. Oxford Univ. Press (2006)
- An Introduction to Spintronics. S. Bandyopadhyay and M. Cahay. Taylor and Francis CRC Press (2008)
- Handbook of Spin Transport and Magnetism. Ed. E.Y. Tsymbal. Taylor and Francis CRC Press (2011)
- Spin Current. Ed. S. Maekawa et al. Oxford University Press (2012)

**Recursos en internet**

Se hará uso del Campus Virtual de la Universidad Complutense para hacer llegar a los alumnos el material del curso.

**Metodología**

- Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones
- Actividades dirigidas y supervisadas por el profesor, en las que los alumnos, de manera individual o en grupo, tendrán que resolver una serie de problemas o realizar una pequeña revisión bibliográfica sobre algún tema relacionado con los contenidos de la asignatura.
- 

**Evaluación**

<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	40 %
El examen de la asignatura podrá contener tanto cuestiones teóricas como ejercicios prácticos.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	60 %

- Valoración de los trabajos realizados tanto individualmente como en grupo, con un peso del 40% del total.
- Presentación de trabajos en clase, con un peso del 20% del total.

**Calificación final**

La calificación final será la media ponderada de las distintas actividades de evaluación.  
Para poder ser evaluado, en el examen habrá que obtener como mínimo 4 sobre 10 puntos.



## Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2022-23)

<b>Ficha de la asignatura:</b>	<b>Trabajo Fin de Máster</b>			<b>Código</b>	606853
<b>Materia:</b>	Trabajo Fin de Máster	<b>Módulo:</b>	Trabajo Fin de Máster		
<b>Carácter:</b>	Obligatorio	<b>Curso:</b>	1º	<b>Semestre:</b>	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	12	0	12	
<b>Horas presenciales</b>	300	0	0	300

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Pedro Hidalgo Alcalde			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	02.121.0	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:phidalgo@ucm.es">phidalgo@ucm.es</a>	

### Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)

Según el Real Decreto 1393/2007, las enseñanzas de Máster finalizarán con la elaboración y la defensa pública de un Trabajo de Fin de Máster. Este trabajo permitirá a los estudiantes acreditar que han adquirido los conocimientos y competencias asociados al título, incluyendo los asociados al desarrollo de habilidades para la organización del trabajo y la presentación del mismo, por escrito y de manera oral.

### Breve descripción de contenidos

La oferta de trabajos se publicará en la web del Máster y en el Campus Virtual de la asignatura en el mes de septiembre 2022, al inicio de curso.

En la página web del Máster, [www.ucm.es/masternanofisica/](http://www.ucm.es/masternanofisica/) se pueden consultar los trabajos TFM ofertados en los cursos anteriores.

### Conocimientos previos necesarios

Para presentar el Trabajo Fin de Máster es necesario haber cursado y aprobado 48 ECTS de asignaturas optativas.

**Metodología**

Desarrollo de un proyecto individual bajo la supervisión de un profesor o investigador.

**Evaluación**

La evaluación del TFM se llevará a cabo por un Tribunal nombrado por la Comisión del Máster y se publicará en la página web a principio del curso académico, así como el calendario de entrega de memorias y fechas de defensa de las convocatorias de junio y septiembre.

El Tribunal valorará la precisión, estructuración y presentación de la memoria del trabajo, y su exposición y defensa oral.

La memoria se entregará en formato artículo de investigación con el formato habitual de las revistas científicas del área (AIP, IOP, ACS). La extensión máxima será de seis páginas, que tendrán que contener las secciones habituales de un artículo de investigación.

En el acto de presentación, que será público, el alumno realizará una exposición del trabajo desarrollado, de quince minutos de duración máxima. Tras la presentación, los miembros del tribunal podrán realizar las preguntas que estimen oportunas.

## 4. Calendario Académico

Periodos de clases y exámenes	
Clases Primer Semestre:	Del 5 de septiembre al 16 de diciembre de 2022
Exámenes Primer Semestre (diciembre-enero):	Del 19 al 21 de diciembre de 2022 y del 9 al 20 de enero de 2023
Entrega de Actas	6 de febrero de 2023
Clases Segundo Semestre:	Del 23 de enero al 30 de marzo de 2023 y del 11 de abril al 10 de mayo de 2023
Exámenes Segundo Semestre (mayo):	del 11 al 31 de mayo de 2023
Entrega de Actas	16 de junio de 2023
Exámenes Convocatoria Extraordinaria (junio)	del 12 al 30 de junio de 2023
Entrega de Actas	14 de julio de 2023

*Nótese que cada ficha indica el número de horas de que consta la asignatura, por lo que en algunas el final de las clases podría ser anterior al final del periodo lectivo.*

Festividades y días no lectivos	
12 de octubre	Fiesta Nacional
31 de octubre	No lectivo
1 de noviembre	Festividad de Todos los Santos
9 de noviembre	Madrid, festividad de La Almudena
14 de noviembre	San Alberto Magno, trasladado
6 de diciembre	Día de la Constitución Española
8 de diciembre	Inmaculada Concepción
27 de enero	Santo Tomás de Aquino
20 de marzo	Traslado de la festividad de San José
1 de mayo	Día del Trabajo
2 de mayo	Festividad Comunidad de Madrid
15 de mayo	Madrid, festividad de San Isidro
Del 22 de diciembre al 8 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 31 de marzo al 10 de abril	Vacaciones de Semana Santa

*Calendario basado en el aprobado por la comisión permanente del Consejo de Gobierno de la UCM el 30/11/21, que no incluye información del calendario laboral e incluye los festivos del 2023 ( <https://www.ucm.es/calendarios> ).*

Con este calendario, la distribución de días lectivos por semestre y día de la semana resulta ser el reflejado en la tabla de la derecha.

**Viernes 16/12/22 y miércoles 10/05/23 serán para recuperación de clases, según procedimiento a precisar.**

	L	M	X	J	V	días
<b>S1</b>	13	13	13	14	15	68
<b>S2</b>	12	14	15	14	12	67



## Facultad de Ciencias Físicas Calendario académico del curso 2022-23

(Aprobado en Junta de Facultad del 20-12-21)



Septiembre							Octubre							Noviembre									
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D			
			1	2	3	4						1	2		1	2	3	4	5	6			
5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13			
12	13	14	15	16	17	18	10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20			
19	20	21	22	23	24	25	17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27			
26	27	28	29	30			24	25	26	27	28	29	30	28	29	30							
							31																
Diciembre 2022							Enero 2023							Febrero									
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D			
			1	2	3	4							1			1	2	3	4	5			
5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12			
12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19			
19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26			
26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28	29	27	28								
							30	31															
Marzo							Abril							Mayo									
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D			
			1	2	3	4	5							1	2	1	2	3	4	5	6	7	
6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9	8	9	10	11	12	13	14			
13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	15	16	17	18	19	20	21			
20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23	22	23	24	25	26	27	28			
27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30	29	30	31							
Junio							Julio							Agosto									
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D			
			1	2	3	4							1	2				1	2	3	4	5	6
5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13			
12	13	14	15	16	17	18	10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20			
19	20	21	22	23	24	25	17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27			
26	27	28	29	30			24	25	26	27	28	29	30	28	29	30	31						
							31																

clases semestre 1      clases semestre 2      parciales de 1º GF      x no lectivos

exámenes      lectura TFGs      entrega de actas

Convocatorias extraordinarias de Prácticas de Master y TFM en septiembre.

[Fechas del 2023 incluyendo ya festivos aprobados para ese año].

Clases:    S1: 5septiembre-16diciembre.    S2: 23enero-10mayo

16 recuperación LMX  
10 recuperación L y V

Exámenes semestre 1: 19diciembre-20enero  
Exámenes semestre 2: 11-31 de mayo  
Exámenes extraordinarios: 12-30 de junio

	L	M	X	J	V	días
S1	13	13	13	14	15	68
S2	12	14	15	14	12	67

# Cuadros Horarios 2022-23

## Primer cuatrimestre

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
9.00 - 10.30	Métodos Experimentales	Efectos Cooperativos	Electrones en Nanoestructuras	Temas Avanzados	
10.30 - 12.00	Nanomagnetismo	Nanomateriales Semiconductores	Métodos Experimentales	Efectos Cooperativos	
12.00 - 13.30	Electrones en Nanoestructuras	Temas Avanzados	Nanomagnetismo	Nanomateriales Semiconductores	

## Segundo cuatrimestre

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
9.00 - 10.30		Física de Superficies		Espintrónica	
10.30 - 12.00		Espintrónica		Nanodispositivos	
12.00 - 13.30		Nanodispositivos		Física de Superficies	

# Calendario de Exámenes

Las fechas de exámenes se publicarán próximamente.

Las aulas de los exámenes se publicarán en la página web de la Facultad de CC Físicas, en el espacio habilitado para ello, con la suficiente antelación.

<https://fisicas.ucm.es/examenes>

## Control de cambios

Versión	Fecha modificación	Cambio efectuado	Secciones afectadas	Páginas afectadas
V0	29/05/2022	Versión Provisional. Pendiente aprobación Junta de Facultad		
V1.0	20/06/2022	Versión revisada. Pendiente aprobación Junta de Facultad		
V2.0	04/07/2022	Versión aprobada en Junta de Facultad el 29/06/2022		
V2.1	15/07/2022	Versión revisada	Horarios Tutorías del profesorado y localización de despachos.  Corrección de algunas erratas detectadas en fichas docentes	Desde la 7 hasta la 36 en diferente intensidad.
V2.2	10/10/22	Versión revisada	Actualización calendario académico	38-39
V2.3	16/01/22	Versión revisada	Actualización Aulas Segundo Cuatrimestre	26,30,33