

Curso

2020-2021

# Guía Docente del Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados



Facultad de Ciencias Físicas  
Universidad Complutense de Madrid

Versión 1.2 – 2/10/2020

Aprobada por Junta de Facultad 22/07/2020

## Tabla de contenidos

Tabla de contenidos .....	1
1. Estructura del Plan de Estudios .....	2
1.1. Estructura general .....	2
1.2. Asignaturas del Plan de Estudios .....	3
2. Listado de Competencias de las Asignaturas .....	3
Tabla del Listado de Competencias .....	4
3. Fichas de las Asignaturas .....	7
Nanomagnetismo .....	8
Nanomateriales semiconductores .....	12
Electrones en nanoestructuras .....	16
Métodos Experimentales Avanzados .....	20
Temas Avanzados en Física de la Materia Condensada .....	24
Efectos Cooperativos y de Dimensionalidad en Sólidos .....	27
Física de Superficies .....	30
Nanodispositivos .....	35
Espintrónica .....	39
Trabajo Fin de Máster .....	43
4. Calendario Académico .....	45
Cuadros Horarios (Borrador) .....	47
Calendario de Exámenes .....	48
Control de cambios .....	43

# 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 2020/21

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	1 <sup>o</sup>	6	
606843	Nanomateriales semiconductores		OP	1 <sup>o</sup>	6	
606844	Física de Superficies		OP	2 <sup>o</sup>	6	
606845	Nanodispositivos		OP	2 <sup>o</sup>	6	
606848	Electrones en nanoestructuras	Materia Condensada	Nanofísica y Materiales Avanzados	OP	1 <sup>o</sup>	6
606850	Temas Avanzados en Materia Condensada			OP	1 <sup>o</sup>	6
606851	Espintrónica			OP	2 <sup>o</sup>	6
606847	Efectos Cooperativos y de Dimensionalidad en Sólidos			OP	1 <sup>o</sup>	6
606852	Métodos Experimentales Avanzados	Métodos Experimentales Avanzados	OP	1 <sup>o</sup>	6	
606853	Trabajo Fin de Máster	Trabajo Fin de Máster	OB	2 <sup>o</sup>	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 sólidos
- .- 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:**

Código	Denominación	Tipo
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:**

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

Código	Denominación	Tipo
	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:**

Código	Denominación	Tipo
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

Código	Denominación	Tipo
CT4	Capacidad para prevenir y solucionar problemas, adaptándose a situaciones imprevistas y tomando decisiones propias.	Transversal
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 2020-21)

<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	Práct	Lab.
<b>Créditos ECTS:</b>	6	6	0	
<b>Horas presenciales</b>	43	43	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Elena Navarro Palma			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	119	<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	43	FM
	X	9:00 – 10:30			

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
Elena Navarro Palma	Martes y Jueves de 10:00 a 13:00 h.	<a href="mailto:enavarro@ucm.es">enavarro@ucm.es</a>	Despacho 119.0 Dpto. Física Mat.

## 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

Magnetismo atómico. El átomo en los sólidos. Fenómenos no cooperativos: Diamagnetismo y Paramagnetismo. Interacciones de canje; tipos. Ferromagnetismo de electrones localizados. Magnetismo de electrones itinerantes. El criterio de Stonner.

#### TEMA 2: DEL MULTIDOMINIO AL MONODOMINIO EN LA NANOESCALA

Anisotropía magnética. Energía de anisotropía magnetocristalina. Energía magnetostática. Energía magnetoelástica y magnetostricción. Dominios magnéticos y paredes de dominio: competición entre anisotropía y canje. Partículas monodominio.

#### TEMA 3: EL MAGNETISMO EN LA NANOESCALA

Magnetismo en elementos no magnéticos en tamaño volumen. Efecto de tamaño: escalas de longitudes características. Competición de longitudes características: Random anisotropy model.

#### TEMA 4: MAGNETISMO DE PARTÍCULAS PEQUEÑAS Y NANOHILOS

Coercitividad en partículas pequeñas. Superparamagnetismo. Interacción entre partículas. Modelo de Stoner-Wohlfart. Nanohilos magnéticos.

#### TEMA 5: EFECTOS DE SUPERFICIE EN PELÍCULAS DELGADAS

Películas delgadas: Efectos de superficie. Competición de anisotropías. Efectos de proximidad: Exchange Bias; Acoplo de canje oscilatorio. Magnetoresistencia gigante.

#### TEMA 6: EJEMPLOS Y APLICACIONES DEL NANOMAGNETISMO

### Bibliografía

- Modern Magnetic Materials: Principles and applications. R.C. O'Handley. John Willey and sons (2000).
- Física de los Materiales Magnéticos, A. Hernando y J.M. Rojo, Ed. Síntesis (2001).
- Magnetism and Magnetic Materials, J.M.D. Coey, Cambridge University Press, N.York, (2009).
- Introduction to Magnetic Materials, B. D. Cullity Ed. Wiley (2009).

Recursos en internet	
Campus Virtual de la asignatura	

Metodología	
Docencia presencial 100% (Escenario 0)	
<p>Se desarrollarán clases de teoría en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.</p> <p>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.</p> <p>Se propondrán seminarios sobre resultados de la investigación en nanomagnetismo donde se ponga en evidencia su relevancia y actualidad.</p> <p>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.</p> <p>Se propondrá a los alumnos la visita a centros de investigación y la participación en jornadas de formación.</p>	
Docencia semi-presencial (Escenario 1)	
<p>Las clases se impartirán en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Collaborate de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. Las clases quedarán grabadas a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual.</p>	
Docencia en línea (Escenario 2)	
<p>En este escenario, todos los estudiantes seguirán las clases por las herramientas del Campus virtual. La modalidad será la misma que la expuesta en el escenario 1 pero con todos los alumnos siguiendo las clases a distancia.</p>	

Evaluación		
<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.
--



# Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2020-21)

<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>	43	43	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Emilio Nogales Díaz			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	211	<b>e-mail</b>	enogales@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Seminario 3.4	M	9:00-10:30	Ana Cremades Emilio Nogales	Se alternarán durante el cuatrimestre	18	FM
	J	12:00-13:30			25	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Ana Cremades	L, X, V. 11.00 -13.00	<a href="mailto:cremades@fis.ucm.es">cremades@fis.ucm.es</a>	Despacho 114.0 Dpto. FM
Emilio Nogales	X, J, V. 11:00 - 13:00	<a href="mailto:enogales@ucm.es">enogales@ucm.es</a>	Despacho 211.0 Dpto. 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

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), y **Física de Materiales** (estructura y defectos, propiedades ópticas de los materiales).

Se recomienda cursar **simultáneamente** la asignatura **Electrones en nanoestructuras**, en la que se estudian las propiedades electrónicas en nanoestructuras semiconductoras, complemento a los contenidos de esta asignatura.

### 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*, Imperial College Press. 2004
- Z.L.Wang, *Nanowires and nanobelts: Materials, properties and Devices Vol1, and Vol2.*, Springer, 2005
- *Artículos de investigación.*

#### *Complementaria:*

- A.L.Efros, D.J. Lockwood, L. Tsybeskob, *Semiconductor Nanocrystals*, Kluwer, 2003
- G. Amato, Ed. "Structural and Optical Properties of Porous Silicon Nanostructures", Gordon and Breach, 1998.

### 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

### Docencia presencial 100% (Escenario 0)

- . 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.
- . Visitas a los laboratorios del Grupo de investigación “Física de Nanomateriales Electrónicos”.
- . Utilización del Campus Virtual para suministrar información adicional al alumno, que le permita completar su formación en temas en los que pueda estar interesado.

Aunque la modalidad de docencia preferente en el curso 2020-21 será presencial, con los porcentajes de presencialidad y horas de docencia recogidos en esta, en caso de que las circunstancias de salud pública derivadas de la epidemia de coronavirus SARS-Cov-2 obliguen a ello, podrán adoptarse modalidades de docencia y evaluación con presencialidad reducida.

### Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Modalidad A. Los profesores impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Collaborate de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar.

### Docencia en línea (Escenario 2)

La docencia a distancia incluye dos tipos de actividades: a) material de apoyo a disposición del alumnado en el Campus Virtual, incluidas sesiones explicativas grabadas con antelación y b) sesiones con telepresencia de los estudiantes. Este tipo de sesiones con telepresencia pueden ser empleadas como clases explicativas, sesiones de Tutorías para resolver dudas de los estudiantes o talleres.

Las sesiones con telepresencia se realizarán durante el horario oficial de la asignatura. El número de horas de telepresencia semanal será inferior al número de horas de clase presencial asignadas a la asignatura. Las sesiones con telepresencia serán programadas e informadas con la suficiente antelación.

<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 participar en el Blog de Nanotecnología con post relacionados con los temas de 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 \cdot NE + 0.6 \cdot 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 2020-21)

<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>	43	43	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Pedro Hidalgo Alcalde			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	121	<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	43	FM
	X	10:30 – 12:00			

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 121 Dpto. 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. Absorción óptica. Luminiscencia. Excitones. Interacción con fonones. Dispositivos electro-ópticos. Moduladores de luz.

### Conocimientos previos necesarios

Se requieren conocimientos de **Física del Estado Sólido**. Además se recomienda cursar **simultáneamente** la asignatura **Nanomateriales Semiconductores** de este Máster, donde se presentan técnicas de crecimiento de nanoestructuras y aplicaciones en optoelectrónica.

### 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.
- Electrones en nanocintas y anillos cuánticos basados en grafeno.

### 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

Aunque la modalidad de docencia preferente en el curso 2020-21 **será presencial**, con los porcentajes de presencialidad y horas de docencia recogidos en esta, en caso de que las circunstancias de salud pública derivadas de la epidemia de coronavirus SARS-Cov-2 obliguen a ello, se contemplan **tres posibles escenarios** que son los siguientes:

#### Docencia presencial 100% (Escenario 0)

- 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.

#### Docencia semi-presencial (Escenario 1)

- Se impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial.
- Para el seguimiento de las clases a distancia se utilizarán herramientas como Collaborate (Moodle), Google Meet, etc., que permitan la participación de los estudiantes a distancia, junto con presentaciones de diapositivas, pizarra electrónica o pizarra tradicional retransmitida por cámara.
- Las clases y presentaciones se podrán grabar para su posterior incorporación al Campus Virtual, quedando supeditada esta posibilidad a las normas y procedimientos que en su momento dicte la UCM.

#### Docencia en línea (Escenario 2)

- Al inicio de cada tema se publicará en el campus virtual un fichero pdf con el contenido del tema en diapositivas explicativas.
- Se impartirán las clases de manera sincrónica a través de herramientas como Collaborate o Google Meet con explicaciones del profesor y se registrará la grabación de la misma para posterior consulta por parte de los alumnos.
- Además, se llevarán a cabo seminarios online de trabajo con el fin de poder tratar las dudas y fomentar la interacción profesor-alumno.

Todas las clases y sesiones se llevarán a cabo dentro del horario de clase de la asignatura y se grabarán para que estén a disposición de los alumnos en el campus virtual, siempre que así lo permitan las condiciones de conectividad y según los procedimientos arbitrados por la UCM.

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	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.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	60%
Los alumnos deberán exponer en clase, de forma individual, un trabajo elegido por ellos sobre algún tema específico relacionado con la asignatura.		
<b>Calificación final</b>		
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 2020-21)

<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>	43	43	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Bianchi Méndez	<b>Dpto:</b>	FM		
	<b>Despacho:</b>	125	<b>e-mail</b>	bianchi@ucm.es	

Aula	Día	Horario	Profesor	Horas	Dpto.
Seminario 3.4	L	9:00– 10.30	Bianchi Méndez Martín	43	FM
	X	12:00-13:30			

<b>Tutorías - Detalle de horarios y profesorado</b>			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Bianchi Méndez Martín	L, M de 10:30 a 13.30 h	bianchi@ucm.es	Despacho 125 Dpto. FM

<b>Resultados del aprendizaje (según Documento de Verificación de la Titulación)</b>
Conocer los métodos avanzados en caracterización de nanomateriales.

<b>Breve descripción de contenidos</b>
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

#### Docencia presencial 100% (Escenario 0)

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.

Aunque la modalidad de docencia preferente en el curso 2020-21 será presencial, con los porcentajes de presencialidad y horas de docencia recogidos en esta, en caso de que las circunstancias de salud pública derivadas de la epidemia de coronavirus SARS-Cov-2 obliguen a ello, podrán adoptarse modalidades de docencia y evaluación con presencialidad reducida. En tal caso, se informará convenientemente de los detalles de implementación de dichas modalidades a través de adendas a las fichas docentes.

#### Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Las clases se impartirán en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Collaborate de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar, o clase de pizarra tradicional retransmitida con cámara. Las clases quedarán grabadas a disposición de los estudiantes en el Campus Virtual.

#### Docencia en línea (Escenario 2)

En este escenario, todos los estudiantes seguirán las clases por las herramientas del Campus virtual.

### 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 2020-21)

<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>	43	43	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Charles E. Creffield			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	106	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:c.creffield@fis.ucm.es">c.creffield@fis.ucm.es</a>	

### Teoría - Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Seminario 3.4	M	10.30-12.00	Charles E. Creffield	Se alternarán a lo largo de la asignatura	21.5	FM
	J	9.00-10.30	Juan M. Rodríguez Parrondo		21.5	EMFTEL

### Tutorías - Detalle de horarios y profesorado

Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
Charles E. Creffield	L, X, J 11:00 - 12:00 +3h no presencial	c.creffield@fis.ucm.es	106 Dpto. FM
Juan M. Rodríguez Parrondo	X: 16:00 a 18:00 J: 17:00 a 19:00 +2h no presencial	parrondo@fis.ucm.es	216 (3ª) 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, transiciones de fases, procesos de no equilibrio.

### Conocimientos previos necesarios

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

### Programa de la asignatura

1. Fluctuaciones y difusión.
2. Transiciones de fase clásicas.
- 3.- Modelos de crecimiento.
4. Transiciones de fase cuánticas.
5. Sistemas fuertemente correlacionados.
6. Grafeno.
7. Aislantes topológicos.

### Bibliografía

- "Diffusion Phenomena: Cases and Studies", R. Ghez (Kluwer, 2001).
- "Dissipative Phenomena in Condensed Matter: Some Applications", S. Dattagupta y S. Puri (Springer Series in Materials Science, 2010).
- "Principles of Condensed Matter Physics", P. M. Chaikin y T.C. Lubensky (Cambridge University Press, 2000).
- "Condensed Matter Physics", M. Marder (John Wiley, 2000).
- "Introduction to Mesoscopic Physics", Y. Imry (Oxford UP, 2005).
- "Graphene: Carbon in Two Dimensions", M. I. Katsnelson (Cambridge UP, 2012).
- "Topological Insulators", B. A. Bernevig, T. L. Hughes (Princeton UP, 2013).
- "Quantum Phase Transitions", S. Sachdev (Cambridge UP, 1999).

### 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.

<b>Metodología</b>
<p><b>Docencia presencial 100% (Escenario 0)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.</li> <li>• De algunos temas se propondrán ejercicios que el alumno entregará posteriormente.</li> <li>• Actividades propuestas por el profesor en las que los alumnos realizarán una pequeña revisión bibliográfica seguida de una breve exposición oral.</li> </ul>
<p><b>Docencia semi-presencial (Escenario 1)</b></p> <p>Para la docencia semi-presencial se optará por la modalidad A que consiste en dividir el grupo en dos subgrupos (si el número de matriculados es superior a la capacidad del aula considerando la distancia de seguridad) que alternan la asistencia a las clases. Estas son retransmitidas en línea mediante Collaborate o Google Meet para que el subgrupo ausente pueda seguirlas y participar en las mismas. Se intentará que estas clases queden grabadas en el Campus Virtual para consulta posterior por parte de todos los alumnos.</p> <p>Las tutorías también serán en línea mediante videoconferencia o correo electrónico.</p>
<p><b>Docencia en línea (Escenario 2)</b></p> <p>La docencia online se adaptará lo mejor posible a las indicaciones de la UCM, según la situación sanitaria relevante en el momento. Cada profesor decidirá la manera de organizar las actividades del grupo de cara a la docencia no presencial, así como las actividades de evaluación.</p> <p>Los profesores informarán del procedimiento adecuado para el seguimiento online de la asignatura a través del Campus Virtual. Las clases o materiales relevantes se prepararán para el seguimiento online, con posibilidades que pueden incluir procedimientos tales como la emisión las clases en streaming de manera síncrona, hacer las clases disponibles para seguimiento de manera asíncrona u otras, según criterio de cada profesor. Esta metodología, se evaluará de manera continua y se readaptará a las necesidades docentes particulares del grupo.</p>

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	40 %
Realización de exámenes. El examen consistirá en preguntas sobre conceptos discutidos durante el curso		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	60 %
Otras actividades de evaluación. Ejercicios entregados, realización y presentación de trabajos escritos y/o orales.		
<b>Calificación final</b>		
Para docencia presencial o semi-presencial la calificación final CF vendrá dada por la fórmula: $CF = 0.6 \cdot A + 0.4 \cdot E$ siendo E la nota final del examen y A la nota final de otras actividades de evaluación.		



## Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2020-21)

<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>	43	43	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Elvira M. González Herrera			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	212	<b>e-mail</b>	cygnus@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Seminario 3.4	M	12:00-13:30	Elvira M. González	Alternarán a lo largo del cuatrimestre	21.5	FM
	J	10.30- 12:00	José Luis Vicent		21.5	FM

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Elvira M. González Herrera	L, X: 9:30-12:30	cygnus@ucm.es	Despacho 212 Dpto. FM
José Luis Vicent	M, J: 13:30-14:30	jlvicent@ucm.es	Despacho 109 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.
- Efectos cooperativos (magnetismo, superconductividad, ferroelectricidad, ondas de densidad de carga y de spin): propiedades de proximidad, confinamiento y localización.
- Ejemplos de materiales de baja dimensionalidad y sus propiedades físicas.
- 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

“Introduction to Superconductivity”.  
 Michael Tinkham.  
 (McGraw-Hill; ISBN: 0-07-064878-6)

“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.

<b>Metodología</b>	
<b>Docencia presencial 100% (Escenario 0)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones.</li> <li>. Actividades propuestas por el profesor en la que los alumnos realizarán una pequeña revisión bibliográfica seguida de una breve exposición oral.</li> <li>. Tutorías individuales y en grupo que faciliten el progreso personal de cada alumno y permitan al profesor un seguimiento más individual y cercano.</li> <li>. Utilización del Campus Virtual para suministrar información adicional al alumno, que le permita completar su formación en temas en los que pueda estar interesado.</li> </ul>	
<b>Docencia semi-presencial (Escenario 1)</b>	
<p>Modalidad A. Los profesores impartirán las clases en el régimen habitual, asistiendo presencialmente sólo uno de los subgrupos de estudiantes. El resto de estudiantes seguirá la clase a distancia, rotando semanalmente cada subgrupo de forma presencial. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Collaborate de Moodle, Google Meet o similar, que permita la participación de los estudiantes a distancia, junto con uno o varios de los siguientes métodos: presentación de diapositivas, pizarra electrónica o similar.</p>	
<b>Docencia en línea (Escenario 2)</b>	
<p>Se utilizará el Campus Virtual para suministrar información a los a estudiantes. Por ejemplo, se subirán presentaciones en Power Point que podrían incluir grabaciones de audio.</p> <p>Para la realización de actividades que incluyen telepresencia se podrán utilizar las herramientas Google Meet o Collaborate (esta última incluida en el Campus Virtual).</p>	

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	40%
Examen escrito con un peso del 40%.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	60%
Valoración de los trabajos realizados tanto individualmente como en grupo, con un peso de 20% del total. Presentación de trabajos en clase con un peso del 40% total.		
<b>Calificación final</b>		
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 2020-21)

<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>	43	43	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Arantzazu Mascaraque Susunaga			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	110	<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 3.4	M	12:00-13:30	Arantzazu Mascaraque	Alternarán a lo largo del segundo cuatrimestre	21.5	FM
	J	10.30- 12:00	Miguel Ángel González Barrio		21.5	FM

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Arantzazu Mascaraque	L, X y V de 12.00 a 14.00	<a href="mailto:a.mascaraque@ucm.es">a.mascaraque@ucm.es</a>	Despacho 110 Dpto. FM
Miguel Ángel González Barrio	L de 10:00 a 12:00 X de 15.00 a 17:00 J de 10:30 a 12:30	<a href="mailto:mabarrio@ucm.es">mabarrio@ucm.es</a>	Despacho 116 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 e interfases:** Relajación, reconstrucción y defectos. Las redes bidimensionales en espacio real y recíproco. Microscopías de campo cercano.
- **Dispersión y difracción:** Difracción de electrones de baja energía. Teoría cinemática e inspección de patrones. Teoría dinámica y análisis de estructuras. Difracción de rayos X en superficies e interfases. LEED y SXRD. Dispersión de iones de baja energía y análisis químico.
- **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. Líquido de Luttinger. Estados de superficie en aislantes topológicos.
- **Vibraciones en superficies:** Vibraciones en superficies. Modos vibracionales. Reglas de selección. Técnicas vibracionales.
- **Reactividad química:** Fisorción y quimisorción. El enlace químico en superficies. Cinética de adsorción y desorción. 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



<p>Physics at Surfaces                  Andrew Zangwill                  ISBN-10: 0521347521</p> <p>Surface Science: An Introduction                  John B. Hudson                  ISBN-10: 0471252395</p> <p>Solid Surfaces, Interfaces and Thin Films                  Hans Lüth                  ISBN-10: 3642135919</p> <p>Modern Techniques of Surface Science (Cambridge Solid State Science Series)                  D. P. Woodruff, T. A. Delchar                  ISBN-10: 0521424984</p> <p>Surface Science: Foundations of Catalysis and Nanoscience                  Kurt K. Kolasinski                  ISBN-10: 1119990351   ISBN-13.</p> <p>Introduction to Surface Chemistry and Catalysis                  Gabor A. Somorjai, Yimin Li                  ISBN-10: 047050823X</p> <p>Physics of Surfaces and Interfaces                  Harald Ibach                  ISBN-10 3-540-34709-7</p>
<b>Recursos en internet</b>
<p>Campus virtual así como enlaces de interés para la Física de Superficies (bases de datos, páginas con problemas, ejemplos, artículos científicos, etc).</p>

<b>Metodología</b>
<p><b>Docencia presencial 100% (Escenario 0)</b></p> <p>Clases de teoría, en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones</p> <p>Trabajos entregables sobre el análisis y la lectura crítica de artículos actuales de investigación en el campo de la Física de Superficies.</p> <p>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</p> <p>Utilización del Campus Virtual para suministrar información adicional al alumno, que le permita completar su formación en temas en los que pueda estar interesado.</p> <p>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.</p>
<p><b>Docencia semi-presencial (Escenario 1)</b></p>

La docencia semi-presencial se adaptará a las instrucciones realizadas por la UCM en función de la situación sanitaria en la que se encuentre Madrid en el momento de impartir la asignatura.

En el caso realizar docencia semi-presencial, esta se dará dentro de la modalidad A definida dentro de plan presentado por el Decanato de CC Físicas. En este caso el grupo se dividirá en dos grupos. El primer grupo acudirá al aula a recibir clases presenciales, mientras que el segundo grupo recibirá la misma clase de forma telemática a través de alguna de las herramientas diseñadas para ello (Collaborate, Google Meet o similar). Esta situación será rotatoria. Si las circunstancias así lo aconsejaran, la metodología podrá reajustarse para adaptarse a las necesidades docentes del Grupo.

**Docencia en línea (Escenario 2)**

La docencia on-line se adaptará a las instrucciones realizadas por la UCM en función de la situación sanitaria en la que se encuentre Madrid en el momento de impartir la asignatura.

Cada profesor elegirá en el momento de impartición de la asignatura como realizar las actividades para asegurar la docencia no presencial. En ese caso, se usará preferentemente el CV como instrumento central donde podrá subirse material, realizar clases síncronas de problemas/ejercicios o clases síncronas o asíncronas de la teoría. En el caso de clases síncronas, se usará preferentemente el horario asignado para la asignatura. El profesor informará a los estudiantes con suficiente adelanto, y a través del CV, del tipo de metodología que se va a seguir. Si las circunstancias así lo aconsejaran, la metodología podría modificarse para adaptarse a las necesidades docentes del Grupo. En el caso de que la docencia sea principalmente on-line, se reajustará la evaluación para dar un mayor peso a las actividades de la evaluación continua.

Evaluación		
<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%.		
Calificación final		
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.		
Para docencia semi-presencial la calificación final CF vendrá dada por la fórmula:		
$CF = \text{máx}\{0.70 \cdot A + 0.30 \cdot E, E\}$		
Para docencia no-presencial la calificación final CF vendrá dada por la fórmula:		
$CF = \text{máx}\{0.80 \cdot A + 0.20 \cdot E, E\}$		
(siendo E la nota final del examen y A la nota final de otras actividades o de evaluación continua).		

En el caso de que se den varios tipos de docencia a lo largo del periodo de desarrollo de las clases la evaluación se ajustará al escenario que haya sido mayoritario.



## Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2020-21)

<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>	43	43	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Rocío Ranchal Sánchez			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	118B	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:rociran@ucm.es">rociran@ucm.es</a>	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Seminario 3.4	M	10:30 – 12:00	Rocío Ranchal Sánchez	Alternarán a lo largo del cuatrimestre	26	FM
	J	12:00 – 13:30	David Maestre Varea		10	FM
			Carmen García Payo		7	EMFTEL

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Rocío Ranchal	X, V: 12:00-13:30 (+3 h no presenciales)	rociran@ucm.es	Despacho 118.B Dpto. FM
David Maestre Varea	L, X: 10:00-13:00	davidmaestre@ucm.es	Despacho 112 Dpto. FM
Carmen García Payo	L: 15:00 - 16:30 X: 12:30 - 14:00 (+3 h no presenciales)	mcgpayo@ucm.es	Despacho 115.0 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 termoeléctricos. 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.
- Aproximación a la fabricación de nanodispositivos: nanolitografía y autoorganización.
- Nanoelectrónica, sensado y dispositivos de almacenamiento y generación de energía.
- Sistemas Nanoelectromecánicos, desde los MEMS a los NEMS.
- Nanodispositivos magnéticos.
- Nanodispositivos basados en metamateriales.
- Nanodispositivos termoeléctricos.
- Dispositivos basados en materiales bidimensionales.

### 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. L. Gabor, Fundamentals of Nanotechnology (CRC Press, 2008)
4. G.R.Strobl, The Physics of Polymers: Concepts for Understanding Their Structures and Behavior (Springer, New York, 1997).
5. J.H. Koo, Polymer nanocomposites: processing, characterization, and applications (McGraw-Hill, 2006)
6. 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****Docencia presencial 100% (Escenario 0)**

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.

**Docencia semi-presencial (Escenario 1)**

Modalidad A: los profesores impartirán las clases presenciales de modo continuo (sin repetir la clase). Mientras un subgrupo recibe clase presencial en el aula, el otro sigue la clase a distancia. Para el seguimiento de la clase a distancia se utilizará la herramienta Collaborate de Moodle o Google Meet. Los profesores impartirán las clases mediante presentaciones de PowerPoint o pizarra electrónica.

**Docencia en línea (Escenario 2)**

Al inicio de cada tema se publicará en el campus virtual un breve programa de actividades. Se proporcionará material de apoyo, así como grabaciones que estarán disponibles en el campus virtual para que los alumnos puedan consultarlas durante el curso. Además, se llevarán a cabo seminarios empleando herramientas como Collaborate o Google Meet, donde avanzar en el temario de la asignatura y tratar las dudas de los alumnos. Estas sesiones se llevarán a cabo dentro del horario de clase de la asignatura y se grabarán para que estén a disposición de todos los alumnos en el campus virtual.

<b>Evaluación</b>		
<b>Realización de exámenes</b>	<b>Peso:</b>	50%
Los alumnos deberán superar una prueba escrita sobre los contenidos más básicos y generales de la asignatura.		
<b>Otras actividades de evaluación</b>	<b>Peso:</b>	50%
<p>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.</p> <p>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.</p> <p>También se tendrá en cuenta la participación en clase y la realización de breves pruebas de evaluación en horario de clase.</p>		
<b>Calificación final</b>		
La calificación final se obtendrá como $0.5*NE+0.5*OA$ , donde NE es la Nota del Examen y OA es la calificación obtenida en Otras Actividades.		



## Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2020-21)

<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>	43	43	0	0

<b>Profesor/a Coordinador/a:</b>	Carlos León Yebra			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	119	<b>e-mail</b>	carlos.leon@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
Seminario 3.4	M	9:00 – 10.30	Carlos León Yebra	Alternarán a lo largo del cuatrimestre	21.5	FM
	J	10:30 – 12.00	Miguel Romera Rabasa		21.5	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
Carlos León Yebra	L- 11h-14h (+3 h no pres.)	carlos.leon@fis.ucm.es	Despacho 119 FM (3er planta)
Miguel Romera Rabasa	X 11h-14h	miromera@ucm.es	Despacho 2.2 (2a planta, módulo norte)

(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 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. Tsybal. 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

#### Docencia presencial 100% (Escenario 0)

- . 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.

#### Docencia semi-presencial (Escenario 1)

Para la docencia semi-presencial se optaría por la modalidad A que consiste en dividir el grupo en dos subgrupos (si el número de matriculados es superior a la capacidad del aula considerando la distancia de seguridad) que alternan la asistencia a las clases. Estas son retransmitidas en línea mediante Collaborate o Google Meet para que el subgrupo ausente pueda seguirlas y participar en las mismas, por lo que se requiere de los correspondientes medios técnicos en el aula para garantizar la calidad. Se intentará que estas clases queden grabadas en el Campus Virtual para consulta posterior por parte de todos los alumnos.

Las tutorías también serán en línea mediante videoconferencia o correo electrónico.

#### Docencia en línea (Escenario 2)

La docencia online se adaptará lo mejor posible a las indicaciones de la UCM, según la situación sanitaria relevante en el momento. Cada profesor decidirá la manera de organizar las actividades del grupo de cara a la docencia no presencial, así como las actividades de evaluación.

Los profesores informarán del procedimiento adecuado para el seguimiento online de la asignatura a través del Campus Virtual. Las clases o materiales relevantes se prepararán para el seguimiento online, con posibilidades que pueden incluir procedimientos tales como

la emisión las clases en streaming de manera síncrona, hacer las clases disponibles para seguimiento de manera asíncrona u otras, según criterio de cada profesor. Esta metodología, se evaluará de manera continua y se readaptará a las necesidades docentes particulares del grupo.

<b>Evaluación</b>		
<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%
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valoración de los trabajos realizados tanto individualmente como en grupo, con un peso del 35% del total.</li> <li>- Presentación de trabajos en clase, con un peso del 25% del total.</li> </ul>		
<b>Calificación final</b>		
La calificación final será la media ponderada de las distintas actividades de evaluación.		



## Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2020-21)

<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>	Elena Navarro Palma			<b>Dpto:</b>	FM
	<b>Despacho:</b>	119	<b>e-mail</b>	<a href="mailto:enavarro@ucm.es">enavarro@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 2020, 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

En caso de que las actividades previstas en el TFM incluyan trabajo experimental en instalaciones de la Facultad o centro externo, éstas deberán realizarse cumpliendo con las medidas de seguridad dictadas por las autoridades sanitarias. Si las condiciones de salud pública impidiesen la realización de dichas actividades presenciales, los tutores deberán adaptar la ficha o plan de trabajo para garantizar la adquisición de competencias cumpliendo con las restricciones sanitarias, informando al alumno de los cambios realizados con tiempo suficiente. Dichas modificaciones serán aprobadas por la Comisión de Coordinación del Máster.

### 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 28 de septiembre de 2020 al 22 de enero de 2021, ambos inclusive
Exámenes Primer Semestre:	del 25 de enero al 12 de febrero de 2021, ambos inclusive
Entrega de Actas	26 de febrero de 2021
Clases Segundo Semestre:	del 15 de febrero al 28 de mayo del 2021, ambos inclusive
Exámenes Segundo Semestre (mayo-junio):	del 31 de mayo al 17 de junio del 2021, ambos inclusive
Entrega de Actas	25 de junio de 2021
Exámenes Segunda Convocatoria (junio-julio)	del 30 de junio al 20 de julio de 2020
Entrega de Actas	28 de julio de 2021

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
2 de noviembre	Festividad de Todos los Santos trasladada
9 de noviembre	Madrid, festividad de La Almudena
13 de noviembre	San Alberto Magno (trasladado)
7 de diciembre	Día de la Constitución Española trasladada
8 de diciembre	Inmaculada Concepción
29 de enero	Santo Tomás de Aquino (trasladado)
19 de marzo	San José
1 de mayo	Día del Trabajo (sábado)
3 de mayo	Festividad Comunidad de Madrid (trasladado del 2 de mayo)
15 de mayo	Madrid, festividad de San Isidro (sábado)
Del 23 de diciembre al 7 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 26 de marzo al 5 de abril	Vacaciones de Semana Santa

Calendario aprobado por la Comisión Permanente del Consejo de Gobierno de 11 de marzo de 2020 y Junta de Facultad de Ciencias Físicas de 26 de junio de 2020, sin perjuicio de lo que el calendario laboral establezca en relación con los días inhábiles. Los periodos no lectivos han sido establecidos en el calendario de organización docente oficial del curso académico 2019-2020, aprobado por acuerdo del Consejo de Gobierno en su sesión de 28 de enero de 2020 y modificado el 26 de mayo de 2020 (BOUC del 5 de junio del 2020).

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.

	L	M	X	J	V	días
<b>S1</b>	11	14	14	14	14	67
<b>S2</b>	13	14	14	14	12	67



## Facultad de Ciencias Físicas Calendario académico del curso 2020-21



(aprobado en la Junta de Facultad del 26-6-2020)

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	5	6				1	2	3	4							1
7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8
14	15	16	17	18	19	20	12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15
21	22	23	24	25	26	27	19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22
28	29	30					26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28	29
														30						
<b>2020</b>							<b>2021</b>													
Diciembre							Enero							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	5	6					1	2	3	1	2	3	4	5	6	7
7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14
14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21
21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28
28	29	30	31				25	26	27	28	29	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	6	7				1	2	3	4						1	2
8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9
15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18	10	11	12	13	14	15	16
22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25	17	18	19	20	21	22	23
29	30	31					26	27	28	29	30			24	25	26	27	28	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	5	6				1	2	3	4							1
7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8
14	15	16	17	18	19	20	12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15
21	22	23	24	25	26	27	19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22
28	29	30					26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28	29
														30	31					

- clases semestre 1
- clases semestre 2
- parciales de 1º
- exámenes
- lectura TFGs
- entrega de actas
- x no lectivos

Las actas extraordinarias de Prácticas de Master y TFM se entregarán el 21 de septiembre.

[Con algunas fechas de 2021 modificadas tras la publicación de festivos de ese año en el BOCM].

# Cuadros Horarios (Borrador)

## Primer cuatrimestre

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

## Segundo cuatrimestre

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



## 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
1.0	29/05/2020	Primera versión. Pendiente aprobación Junta de Facultad		
1.1	15/07/2020	Versión modificada. Pendiente de aprobación Junta de Facultad	Metodología Adaptación a los posibles escenarios	
1.2	26/09/2020	Cambio de aula de la 5B al Seminario 3.4	Fichas docentes	
1.3	25/10/2020	Cambio calendario 2021	Sección 4	45-46