

Curso

2019-2020

Guía Docente del Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados



Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense de Madrid

Versión 1.2 – 03/09/2019

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.....	6
Nanomagnetismo.....	7
Nanomateriales semiconductores.....	10
Electrones en nanoestructuras.....	13
Métodos Experimentales Avanzados.....	16
Temas Avanzados en Física de la Materia Condensada.....	19
Física de Superficies.....	22
Nanodispositivos.....	26
Espintrónica.....	29
Trabajo Fin de Máster.....	32
4. Calendario Académico.....	34
Cuadros Horarios.....	36
Calendario de Exámenes.....	37
Control de cambios.....	38

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 2019/20

Código	Materia	Módulo	Tipo	Sem.	ECTS
606842	Nanomagnetismo	Nanofísica y Materiales Avanzados	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	OP	1º	6
606850	Temas Avanzados en Materia Condensada		OP	1º	6
606851	Espintrónica		OP	2º	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
- .- Procesos de no equilibrio en materiales y Nanofísica
- .- 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 “Nanofísica y Materiales Avanzados” es decir:

- .- Nanomagnetismo
- .- Nanomateriales semiconductores
- .- Nanopartículas en Medicina
- .- 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 los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en nanofísica y materiales avanzados	General
CG2	Saber integrar los conocimientos y la comprensión de estos, su fundamentación científica y la capacidad de resolución de problemas en	General

Código	Denominación	Tipo
	entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente cualificados.	
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 interdisciplinarios 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
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

Código	Denominación	Tipo
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 2019-20)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	6	0	
Horas presenciales	43	43	0	0

Profesor/a Coordinador/a:	Elena Navarro Palma			Dpto:	FM
	Despacho:	119	e-mail	enavarro@ucm.es	

Aula	Día	Horario	Profesor	Horas	Dpto.
12	L	14:30 – 16:00	Elena Navarro Palma	43	FM
	X	14:30 – 16:00			

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Elena Navarro Palma	Lunes y miércoles de 10:00 a 13:00 h.	enavarro@ucm.es	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: INTRODUCCIÓN AL MAGNETISMO

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.

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 MAGNETISMO NANOMÉTRICO.

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
<ul style="list-style-type: none"> • Se desarrollarán clases de teoría en las que se explicarán los principales conceptos de la materia, incluyendo ejemplos y aplicaciones. • Se utilizará el Campus Virtual para suministrar toda la información a los alumnos. • 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. • Se propondrá a los alumnos la visita a centros de investigación y la participación en jornadas de formación.

Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	50 %
Los alumnos realizarán un examen final sobre los conceptos más relevantes de la asignatura.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	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.		
Calificación final		
La calificación final resultará de la media ponderada de las calificaciones de los exámenes y otras actividades.		



Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2019-20)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	6	0	
Horas presenciales	43	43	0	0

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

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	M J	16:00-17:30	Ana Cremades	Se alternarán durante el cuatrimestre	18	FM
			Emilio Nogales		25	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Ana Cremades	L, M, X de 11-13h	cremades@fis.ucm.es	Despacho 114.0 Dpto. Física de Materiales
Emilio Nogales	X, J, V: 11:00 – 13:00	enogales@ucm.es	Despacho 211.0 Dpto. Física de Materiales

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, nanolaseres, 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
<ul style="list-style-type: none"> . 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.

Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	40%
Los alumnos realizarán un examen sobre los conceptos más relevantes de la asignatura.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	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>		
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. Para poder aplicarse esta fórmula, tanto la calificación del examen como la de “Otras Actividades” deberán ser mayor o igual a 5.		



Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2019-20)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	6	0	
Horas presenciales	43	43	0	0

Profesor/a Coordinador/a:	Francisco Domínguez-Adame Acosta			Dpto:	FM
	Despacho:	123	e-mail	adame@ucm.es	

Aula	Día	Horario	Profesor	Horas	Dpto.
12	L	16:00 – 17:30	Francisco Domínguez- Adame Acosta	43	FM
	J	14:30 – 16:00			

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Francisco Domínguez- Adame Acosta	L: 8:30-12:30 M y X: 14:00 -15:00	adame@ucm.es	Despacho 123 Dpto. Física de Materiales

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 (<http://valbuena.fis.ucm.es/en>) con información relevante. En la sección de *Novedades* se presentan noticias actuales del mundo científico relacionadas con los contenidos de la asignatura. También se proporcionan enlaces a páginas de interés para 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, tendrán que realizar un trabajo sobre algún tema relacionado con los contenidos de la asignatura, elegido por ellos mismos. El trabajo se expondrá en clase 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 2019-20)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	6	0	
Horas presenciales	43	43	0	0

Profesor/a Coordinador/a:	Carlos Díaz-Guerra Viejo			Dpto:	FM
	Despacho:	111	e-mail	cdiazgue@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado

Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	M J	17.30 – 19.00	Bianchi Méndez Martín	Primera mitad del cuatrimestre	21,5	FM
12	M J	17.30 – 19.00	Carlos Díaz-Guerra Viejo	Segunda mitad del cuatrimestre	21,5	FM

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado

Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Bianchi Méndez Martín	L, M, X, J 9:30 – 11:00	bianchi@ucm.es	Despacho 125.0 Dpto. Fis. Mat.
Carlos Díaz-Guerra	L, M, X, J 9:30 – 11:00	cdiazgue@ucm.es	Despacho 111.0 Dpto. Fis. Mat.

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: confocal, Raman, técnicas de luminiscencia.
 Técnicas de microscopía electrónica: de barrido (CL, EBIC, ESD) y de transmisión (alta resolución, EELS).
 Microscopías de campo cercano: microscopios de efecto túnel (STM, STS, STMS) y de fuerzas (AFM, MFM, SNOM).
 Técnicas de espectroscopía en grandes instalaciones: fotoemisión (nanoPES, nanoESCA), absorción (XAS, NEXAFS), dicroísmo magnético (XMCD).
 Técnicas de difracción: difracción de rayos X en sincrotrones y difracción de neutrones.

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

- Espectroscopías y microscopías ópticas: Microscopia confocal. Espectroscopia y microscopia Raman. Espectroscopia Brillouin. Absorción óptica. Técnicas de luminiscencia: PL, EL, TL. Aplicaciones en materiales electrónicos y optoelectrónicos.
- Técnicas avanzadas de microscopía electrónica: Microscopía electrónica de barrido: CL, EBIC, EBSD. Microscopía electrónica de transmisión: HREM, HAADF, EELS. Técnicas en la ICTS Centro Nacional de Microscopía electrónica - UCM.
- Microscopías de campo cercano: Microscopía y espectroscopía de efecto túnel (STM, STS, STMs). Microscopios de fuerzas y sus aplicaciones (AFM, MFM, EFM, KPM, SNOM).
- Técnicas de espectroscopía en grandes instalaciones: Técnicas en centros de radiación sincrotrón. Espectroscopía de fotoemisión y estructura electrónica. NanoPES y NanoESCA. Espectroscopías de absorción de electrones: XAS, NEXAFS. Dicroísmo magnético.
- Técnicas de difracción: Difracción de neutrones: aplicación para el análisis de las propiedades estructurales y magnéticas. Difracción de RX en grandes instalaciones de radiación sincrotrón: difracción de superficies.

Bibliografía
<ul style="list-style-type: none"> - 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). - Fundamentals of powder diffraction and structural characterization of materials. V.K. Pecharsky and P.Y. Zavalij, Springer (2005). - Neutron and X-ray spectroscopy. F. Hippert, E. Geissler, J.L. Hodeau, E. Lelievre-Berna, Springer (2006).
Recursos en internet
<p><i>Campus virtual</i>, donde se incluirán las transparencias de clase, los enlaces a páginas <i>web</i> y cualquier otro material de interés para la asignatura.</p>
Metodología
<ul style="list-style-type: none"> . 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 tema relacionado con los contenidos de la asignatura o confeccionar material que resulte de utilidad para el aprendizaje de la misma. . 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 pruebas tipo <i>test</i> al término de los bloques temáticos que componen la asignatura, así como un examen final de la misma.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	60%
Se valorarán los trabajos realizados individualmente o en grupo y especialmente los trabajos 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 2019-20)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	6	0	
Horas presenciales	43	43	0	0

Profesor/a Coordinador/a:	Charles E. Creffield			Dpto:	FM
	Despacho:	107	e-mail	c.creffield@fis.ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
12	M	14.30-16.00	J. L Vicent	Se alternarán a lo largo de la asignatura	21.5	FM
	X	16.00-17.30	C. E. Creffield		21.5	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Charles E. Creffield	M, J, V: 11:00 - 13:00	c.creffield@fis.ucm.es	107 Dpto. FM
José Luis Vicent	M, X: 11:30 - 14:30	jlvicent@ucm.es	109. Dpto. FM

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. Conocer y comprender los efectos cooperativos en materia condensada y su relación con la dimensionalidad.

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

Transporte mesoscópico, grafeno, aislantes topológicos, transiciones de fases cuánticas, sistemas de baja dimensionalidad y superconductividad.

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

Materiales de baja dimensionalidad: Materiales artificiales (superredes metálicas y semiconductoras). Materiales naturales (la familia del grafeno, dicalcogenuros y pnicturos). Tipos de superconductores. Vórtices superconductores. Superconductores de alta temperatura. Teorías de superconductividad: teorías de Ginzburg-Landau, BCS y Eliashberg-McMillan. Longitudes características. Efecto Josephson y dispositivos superconductores de interferencia cuántica (SQUID). Uniones débiles. Transiciones de fase cuánticas: sistemas de espín, universalidad, ferromagnéticos y antiferromagnéticos. Sistemas fuertemente correlacionados (modelo de Hubbard). Simulación numérica basada en el método de Montecarlo. Transporte mesoscópico, efecto Hall cuántico, desorden, régimen difusivo, teoría de escalamiento. Ruido cuántico. Grafeno: puntos de Dirac, paradoja de Klein, mínimo de conductividad, estados de borde, propiedades topológicas. Aislantes topológicos: acoplo espín-órbita, topología de la estructura de bandas, efecto Hall cuántico de espín, estados de superficies exóticos.

Bibliografía

- “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).
- “Introduction to Superconductivity”, M. Tinkham (Dover, 2004).

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 que el alumno entregará posteriormente.

Actividades propuestas por el profesor en las que los alumnos realizarán una pequeña revisión bibliográfica seguida de una breve exposición oral.

Evaluación

Realización de exámenes

Peso:

40 %

Realización de exámenes. El examen consistirá en preguntas sobre conceptos discutidos durante el curso

Otras actividades de evaluación

Peso:

60 %

Otras actividades de evaluación. Ejercicios entregados, realización y presentación de trabajos escritos y/o orales.

Calificación final

La calificación final resultará de la media ponderada de las calificaciones de los exámenes y otras actividades.



Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2019-20)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	6	0	
Horas presenciales	43	43	0	0

Profesor/a Coordinador/a:	Arantzazu Mascaraque Susunaga			Dpto:	FM
	Despacho:	103	e-mail	a.mascaraque@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
13	M J	14.30 – 16.00	Arantzazu Mascaraque	Alternarán a lo largo del segundo cuatrimestre	25	FM
			Oscar Rodríguez de la Fuente		18	FM

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	horarios	e-mail	Lugar
Arantzazu Mascaraque	Martes y jueves de 12.00 a 13.30 (3 h no presenciales)	a.mascaraque@ucm.es	Despacho 103 Dpto. Física Mat.
Oscar Rodríguez de la Fuente	Lunes y miércoles de 12.00 a 13.30 (3 h no presenciales)	oscar.rodriguez@fis.ucm.es	Despacho 218 Dpto. Física Mat.

(X 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 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: Fisisorción 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

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.

Evaluación		
Realización de exámenes	Peso:	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.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	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.		



Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2019-20)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	6	0	
Horas presenciales	43	43	0	0

Profesor/a Coordinador/a:	Pedro Hidalgo Alcalde			Dpto:	FM
	Despacho:	121	e-mail	phidalgo@ucm.es	

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
13	M J	16:00 – 17.30	Pedro Hidalgo	Alternarán a lo largo del segundo cuatrimestre	36	FM
			Carmen García Payo		7	EMFTEL

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	phidalgo@ucm.es	Despacho 121.0 Dpto. Física de Materiales
Carmen García Payo	X: 11:30-13:00 V: 11:30-14:00 (2 h no pr.)	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

Es necesario tener conocimientos básicos de Física del Estado Sólido. Se recomienda, aunque no es imprescindible, haber cursado las asignaturas de Nanomateriales Semiconductores, Electrones en Nanoestructuras y Procesos de no-equilibrio en materiales y nanofísica durante el primer cuatrimestre del Máster.

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.
- Sistemas Nanoelectromecánicos, desde los MEMS a los NEMS.
- Nanodispositivos magnéticos.
- Nanodispositivos basados en metamateriales.
- Introducción a los nanodispositivos termoeléctricos. Nanocélulas de Peltier y otros nanodispositivos termoeléctricos.
- Dispositivos basados en materiales bidimensionales (Grafeno y Dicalcogenuros). Valletrónica.

Bibliografía

Básica:

1. M. Di Ventra, Introduction to Nanoscale Science and Technology (Springer 2004)
2. B. Bhushan, Springer Handbook of Nanotechnology (4th 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

- . 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.

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 2019-20)

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

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	6	6	0	
Horas presenciales	43	43	0	0

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

Teoría - Detalle de horarios y profesorado						
Aula	Día	Horario	Profesor	Periodo/ Fechas	Horas	Dpto.
13	M J	17:30 - 19:00	Carlos León Yebra	Alternarán a lo largo del segundo cuatrimestre	23	FM
			Miguel Romera Rabasa		20	

Tutorías - Detalle de horarios y profesorado			
Profesor	Horarios	e-mail	Lugar
Carlos León Yebra	L, M, X: 11-13 h	carlos.leon@fis.ucm.es	Despacho 119 FM (3er planta)
Miguel Romera Rabasa	M: 10:30-12:30 h J: 15-16 h (3h no pr.)	miromera@ucm.es	Despacho 2.2 (2a planta, módulo norte)

(3 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
<ul style="list-style-type: none"> - 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
<p>Se hará uso del Campus Virtual de la Universidad Complutense para hacer llegar a los alumnos el material del curso.</p>

Metodología
<ul style="list-style-type: none"> . 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		
Realización de exámenes	Peso:	40%
El examen de la asignatura podrá contener tanto cuestiones teóricas como ejercicios prácticos.		
Otras actividades de evaluación	Peso:	60%
<ul style="list-style-type: none"> - Valoración de los trabajos realizados tanto individualmente como en grupo, con un peso del 35% del total. - Presentación de trabajos en clase, con un peso del 25% del total. 		
Calificación final		
La calificación final será la media ponderada de las distintas actividades de evaluación.		



Máster en Nanofísica y Materiales Avanzados (curso 2019-20)

Ficha de la asignatura:	Trabajo Fin de Máster			Código	606853
Materia:	Trabajo Fin de Máster	Módulo:	Trabajo Fin de Master		
Carácter:	Obligatorio	Curso:	1º	Semestre:	2º

	Total	Teóricos Seminarios	Práct	Lab.
Créditos ECTS:	12	0	12	
Horas presenciales	300	0	0	300

Profesor/a Coordinador/a:	Elena Navarro Palma	Dpto:	FM
	Despacho: 119	e-mail	enavarro@ucm.es

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 2019, al inicio de curso.

En la página web del Máster, 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.

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 9 de septiembre al 17 de diciembre de 2019 (*)
Exámenes Primer Semestre (enero):	del 9 al 24 de enero de 2020
Clases Segundo Semestre:	del 27 de enero al 2 de abril de 2020 y del 14 de abril al 14 de mayo de 2020
Exámenes Segundo Semestre (mayo-junio):	del 18 de mayo al 4 de junio de 2020
Exámenes Segunda Convocatoria (junio-julio)	del 17 de junio al 7 de julio de 2020

(*) Las clases del Máster de Nanofísica y Materiales Avanzados empezarán el lunes 9 de septiembre de 2019 por Acuerdo de la Comisión Coordinadora del Máster de 16 de mayo de 2019.

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
1 de noviembre	Festividad de Todos los Santos
9 de noviembre	Madrid, festividad de La Almudena
15 de noviembre	San Alberto Magno
6 de diciembre	Día de la Constitución Española
9 de diciembre	Declarado por UCM día no lectivo
31 de enero	Santo Tomás de Aquino trasladado
1 de mayo	Día del Trabajo
2 de mayo	Festividad Comunidad de Madrid
15 de mayo	Madrid, festividad de San Isidro
Del 20 de diciembre al 7 de enero	Vacaciones de Navidad
Del 3 al 13 de abril	Vacaciones de Semana Santa
Del 21 de julio al 31 de agosto	Vacaciones de Verano

Calendario aprobado por la Comisión Permanente del Consejo de Gobierno de 19 de marzo de 2019 y Junta de Facultad de Ciencias Físicas de 27 de marzo de 2019, 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 27 de noviembre de 2018 (BOUC del 3 de diciembre de 2018).

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
S1	14	15	14	15	12	70
S2	14	15	15	15	11	70

Para compensar parcialmente estas diferencias la Facultad ha decidido que **todas las clases que se impartirán el jueves 2 de abril serán las correspondientes a un viernes del 2º semestre.**

[Esto se aplica a todos los Grados y Másteres. Las escasas incompatibilidades que puedan surgir con la docencia en otras facultades se solventarán con la recuperación de esas clases].



Facultad de Ciencias Físicas Calendario académico del curso 2019-20



(aprobado en la Junta de Facultad del 27-3-19)

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		1	2	3	4	5	6					1	2	3	
2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10	
9	10	11	12	13	14	15	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	
16	17	18	19	20	21	22	21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24	
23	24	25	26	27	28	29	28	29	30	31	25	26	27	28	29	30					
30																					
2019							2020														
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			1	2	3	4	5						1	2	
2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9	
9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	
16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23	
23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30	31	24	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			1	2	3	4	5						1	2	3
2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12	4	5	6	7	8	9	10	
9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19	11	12	13	14	15	16	17	
16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26	18	19	20	21	22	23	24	
23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30	25	26	27	28	29	30	31				
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	7			1	2	3	4	5						1	2	
8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9	
15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	
22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23	
29	30						27	28	29	30	31	24	25	26	27	28	29	30			
													31								

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

Las clases del Máster empezarán el 9 de septiembre de 2019.

Aprobado en Junta de Facultad del 27-3-19 y modificado en la del 27-6-19. Una vez publicadas en el BOE y en el BOCM las correspondientes normas sobre días festivos para el año 2020, de ámbito nacional, autonómico y local, se reflejarán en este calendario.

Cuadros Horarios

Primer cuatrimestre

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
14.30-16.00	Nanomag.	Temas Avanzados	Nanomag.	Electrones en nanoestructr	
16.00-17.30	Electrones en nanoestructr.	Nanomat. semicond	Temas Avanzados	Nanomat. semicond	
17.30-19.00		Métodos experiment.		Métodos experiment	

Segundo cuatrimestre

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
14.30-16.00		Física de Superficies		Física de Superficies	
16.00-17.30		Nanodisp.		Nanodisp	
17.30-19.00		Espintrónica		Espintrónica	

Calendario de Exámenes

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>

Código	Sem.	Asignatura	Conv. ordinaria		Conv. extraordinaria	
606842	1	Nanomagnetismo	23/01/2020	16:30	17/06/2020	16.30
606843	1	Nanomateriales semiconductores	17/01/2020	16.30	19/06/2020	13.00
606848	1	Electrones en nanoestructuras	13/01/2020	16.30	22/06/2020	16.30
606850	1	Temas avanzados Física de materia condensada	20/01/2020	16.30	24/06/2020	16.30
606852	1	Métodos experimentales avanzados	09/01/2020	16.30	23/06/2020	16.30
606844	2	Física de superficies	20/05/2020	16.30	30/06/2020	16.30
606845	2	Nanodispositivos	01/06/2020	16.30	26/06/2020	13.00
606851	2	Espintrónica	27/05/2020	16.30	02/07/2020	13.00

Control de cambios

Versión	Fecha modificación	Cambio efectuado	Secciones afectadas	Páginas afectadas
1.0	03/06/2019	Primera versión. Pendiente aprobación Junta de Facultad		
1.1	27/06/2019	Aprobada en Junta de Facultad el 27/06/2019		
1.2	03/09/2019	Cambio de aulas del primer semestre: Pasan del aula 13 al aula 12		