

## GUÍA DOCENTE

# FUNDAMENTOS DE ELECTRONICA Y FOTONICA PARA APLICACIONES EN NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA

## GRADO EN NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGIA

## CURSO 2024-25

Fecha de publicación: 09-07-2024







I.-Identificación de la Asignatura	
Tipo	OBLIGATORIA
Período de impartición	3 curso, 2Q semestre
Nº de créditos	6
Idioma en el que se imparte	Castellano

## II.-Presentación

La asignatura cubre conceptos fundamentales de mecánica cuántica en nanoestructuras, relevantes para la comprensión de propiedades eléctricas y fotónicas de sistemas nanométricos en nanociencia y nanotecnología.

En la primera parte de la asignatura se estudiarán los conceptos fundamentales de óptica necesarios para poder estudiar sistemas nanofotónicos. Partiremos de las ecuaciones de Maxwell y de la aproximación de óptica geométrica para estudiar la interacción de la luz con la materia y poder estudiar sistemas ópticos. Se estudiarán conceptos básicos de óptica electromagnética como reflexión, refracción y transmisión de luz por medios materiales así como interferencia y difracción, y conceptos de naturaleza cuántica como polarización de luz, amplificación láser, campos evanescentes y plasmones. Veremos el uso de interferómetros y sus aplicaciones, todo ello siempre enfocado a la Nanociencia y Nanotecnología.

En la segunda parte de la asignatura, se estudian propiedades mecano-cuánticas al tratar estados electrónicos y transporte de electrones en sistemas nanométricos, desde posibles desviaciones de la Ley de Ohm en física clásica a efectos cuánticos de cuantización de energía y/o carga, transporte túnel y efectos de interferencia. Se analiza el transporte electrónico a través de multicapas magnéticas, la polarización de espín, magnetoresistencia gigante y otros conceptos de aplicación en espintrónica. Se introduce el efecto Josephson y la unión túnel con superconductores que presenta numerosas aplicaciones en nanotecnología, por ejemplo como sistema cuántico de dos niveles para qubits en computación cuántica. Finalmente se consideran las limitaciones de la tecnología convencional CMOS de semiconductores y tecnologías alternativas emergentes.

The course intends to provide students with a broad understanding of fundamentals and applications of nanoscale structures in nanophotonics and nanoelectronics. It will cover fundamental concepts of quantum mechanics in nanostructures, relevant for understanding the electrical and photonic properties of nanoscale systems in nanoscience and nanotechnology.

In the first part of the course, we will study the fundamental optical concepts needed to understand nanophotonic systems. Starting from Maxwell's equations and the geometrical optics approximation, we will explore the interaction of light with matter and study optical systems. Concepts of electromagnetic optics, such as reflection, refraction, and transmission of light through materials, as well as interference and diffraction, will be covered. Additionally, we will delve into quantum phenomena like light polarization, laser amplification, evanescent fields, and plasmons. Interferometers and their applications will also be discussed, all within the context of nanoscience and nanotechnology.

The second part of the course focuses on quantum properties of electron transport phenomena in nanoscale systems that show deviations from the classical Ohm's law, such as those arising from energy or charge quantisation effects, tunnelling or interference effects. The analysis extends to electronic transport properties of magnetic multilayers, containing ferromagnets and non-magnetic conductors, and spin-transfer effects in spintronics. We will introduce the Josephson effect which is related to superconducting nanostructures and tunnel junctions with superconductors as well as their applications as two-level quantum systems for qubits in quantum computing. Finally, we will consider the limitations of the conventional nanoscale complementary metal-oxide-semiconductor technology, scaling issues and emerging technologies.

### III.-Resultados de Aprendizaje

CG01. Adquirir los conocimientos básicos de la Ciencia y Tecnología para poder comprender los conceptos científico-tecnológicos más específicos de la Nanociencia y Nanotecnología.

CG03. Capacidad de aplicar esos conocimientos e información a la resolución de problemas complejos y multidimensionales en el desarrollo de la actividad profesional, organizando, planificando y decidiendo en tareas, tanto individuales como en equipo, relacionadas con los objetivos de logro y calidad y dentro del compromiso ético

CE11. Comprender los conceptos básicos de la física cuántica, la mecánica ondulatoria y los potenciales uni- y tridimensionales para describir las propiedades de los sólidos a escala nanométrica.

CE12. Conocer las bases físicas y los conceptos más avanzados de la mecánica cuántica para relacionarlos con partículas y redes y así poder reconocer y analizar la naturaleza cuántica de la materia a escala nanométrica.

CE18. Entender los fundamentos de la electrónica, nanoelectrónica, nanofotónica y espintrónica para poder aplicarlos en la determinación de las propiedades de micro y nanosistemas.



**IV.-Contenido**

**IV.A.-Temario de la asignatura**

PARTE I

TEMA 1. Ecuaciones de Maxwell: Óptica Geométrica y Óptica Clásica. Naturaleza cuántica de la luz y la materia.

TEMA 2. Interacción radiación-materia. Reflexión, refracción y transmisión de luz por medios materiales. Amplificación láser.

TEMA 3. Óptica electromagnética: polarización, propagación, interferencia y difracción, interferometría.

TEMA 4. Campos evanescentes: plasmones.

TEMA 5. Láser de cavidad. Láser de estado sólido.

PARTE II

TEMA 6. Introducción a sistemas nanoelectrónicos. Propiedades electrónicas. Efectos cuánticos en transporte.

TEMA 7. Magnetotransporte. Magnetorresistencia. Espintrónica.

TEMA 8. Efecto Josephson. Uniones Josephson. Qubits superconductores.

TEMA 9. Limitaciones de la electrónica de semiconductores. Tecnologías emergentes.

**IV.B.-Actividades formativas**

Tipo	Descripción
Asistencia a clases teóricas	Explicación de conceptos de la asignatura, incluyendo ejemplos y aplicaciones
Resolución de ejercicios, problemas, casos	Resolución de problemas propuestos en clase
Prácticas	Prácticas de simulación o en laboratorio experimental
Realización de pruebas	Pruebas intermedias de evaluación continua
Otras actividades	Otras actividades propuestas por los profesores a lo largo del curso
Asistencia a clases teóricas	Tutorías individuales o grupales, presenciales o virtuales



V.-Tiempo de Trabajo del estudiante (30h grado y 25h máster)	
Clases teóricas	28
Clases de resolución de ejercicios, problemas, casos, etc.	16
Prácticas en laboratorios experimentales, tecnológicos, clínicos, campo, etc.	12
Realización de pruebas	4
Tutorías académicas	30
Actividades relacionadas: jornadas, seminarios, etc.	18
Preparación de clases teóricas	24
Preparación de prácticas/ejercicios/casos	24
Preparación de pruebas	24
Total de horas de trabajo del alumnado	180

VI.-Metodología y plan de trabajo		
Tipo	Periodo	Contenido
Clases Teóricas	Semana 1 a Semana 15	Explicación de conceptos de la asignatura, incluyendo ejemplos y aplicaciones
Prácticas	Semana 1 a Semana 15	Prácticas de simulación o en laboratorio
Trabajos individuales	Semana 1 a Semana 15	Otras actividades de evaluación continua
Tutorías académicas	Semana 1 a Semana 15	Tutorías individuales o grupales, presenciales o virtuales



## VII.-Método de evaluación

El modelo de evaluación general es la evaluación continua, tal como establece el Reglamento de evaluación de los resultados de aprendizaje de la Universidad Rey Juan Carlos.

Deberán utilizarse todos los sistemas de evaluación establecidos para la asignatura en la memoria de la titulación, excepto aquellos que tuviesen una ponderación mínima del 0%, que podrán utilizarse en los cursos académicos en los que el profesorado lo considere oportuno. Cada uno de los sistemas de evaluación podrá ser aplicado mediante una o más actividades de evaluación, coherentes con ese sistema. Ninguna de las actividades de evaluación podrá superar individualmente el 60% de la calificación global de la asignatura.

La suma de las actividades de evaluación no revaluables no podrá superar el 40% de la calificación global de la asignatura y, en general, no deberían tener nota mínima (salvo en el caso de actividades de carácter práctico en las que, estrictamente, no pudieran reproducirse en la convocatoria extraordinaria las condiciones de evaluación de la convocatoria ordinaria).

Los estudiantes que no consigan superar la asignatura en la convocatoria ordinaria, o no se hayan presentado, podrán presentarse a la convocatoria extraordinaria únicamente a las actividades de evaluación revaluables no superadas.

La distribución y características de las actividades de evaluación son las que se describen a continuación.

### VII.A.- Descripción de las pruebas de evaluación y su ponderación

La asignatura supone 180 horas de trabajo para el estudiante de las que una tercera parte (60 horas) son horas de clase.

Las prácticas de la asignatura son obligatorias. Además, los profesores de la asignatura informarán con la suficiente antelación de otras actividades de carácter obligatorio que deban realizarse presencialmente (de las que no exime la dispensa académica de asistencia a clase).

La calificación se obtendrá mediante un proceso de evaluación continua. Se realizarán 2 exámenes intermedios en la semana 7 y en la semana 15 del curso (esta fecha podría variar por razones académicas) que aportan el 60% de la nota y cuya nota mínima para superar la asignatura es 5/10 en cada uno de ellos. Las prácticas de la asignatura aportan el 30% de la nota final y la entrega de actividades propuestas por los profesores durante el curso, el 10%. Las prácticas y la entrega de actividades no son reevaluables en la convocatoria extraordinaria.

El examen final que se realiza en fecha determinada por el rectorado sirve para volver a evaluar contenidos de la asignatura no superados en la evaluación continua.

En la convocatoria extraordinaria rigen las mismas normas de evaluación que en la ordinaria, sustituyendo el examen final ordinario por el examen extraordinario, manteniendo las notas de las pruebas intermedias del curso en las mismas condiciones que en la convocatoria ordinaria.

La evaluación en la convocatoria adelantada seguirá las mismas pautas que para el resto de estudiantes matriculados en la asignatura. Los estudiantes que hayan solicitado convocatoria adelantada deberán ponerse en contacto con el profesor responsable de la asignatura tan pronto como sea posible, quien les facilitará la información necesaria para la evaluación.

### VII.B.- Evaluación de estudiantes con dispensa académica de asistencia a clase

La concesión de Dispensa Académica de Asistencia a Clase (DAAC no implica que el estudiante quede automáticamente eximido de participar en las actividades de evaluación continua ni en las actividades formativas presenciales de asistencia obligatoria establecidas en la guía docente. Una vez concedida la dispensa, el estudiante deberá contactar con el docente, que podría proponerle las adaptaciones que considere convenientes, siempre que garanticen la adquisición y adecuada evaluación de los resultados de aprendizaje previstos. El estudiante deberá mantener a lo largo de curso una comunicación fluida con el docente para que este le proporcione información sobre las fechas en que se realizarán esas actividades formativas y de evaluación, en caso de que su programación no estuviese ya fijada y a disposición de los estudiantes en el momento de la concesión de la dispensa.

Asignatura con posibilidad de dispensa: Si

### VII.C.- Revisión de las pruebas de evaluación

Se realizará conforme al Reglamento de evaluación de los resultados de aprendizaje de la Universidad Rey Juan Carlos.



#### **VII.D.- Estudiantes con discapacidad o necesidades educativas especiales**

A fin de garantizar la igualdad de oportunidades, la no discriminación, la accesibilidad universal y la mayor garantía de éxito académico, los y las estudiantes con discapacidad o con necesidades educativas especiales podrán solicitar adaptaciones curriculares para el seguimiento de sus estudios. Esas adaptaciones serán pautadas por la Unidad de Atención a Personas con Discapacidad de la Universidad Rey Juan Carlos, de acuerdo con la normativa que regula el servicio de Atención a Estudiantes con Discapacidad de la Universidad.

Dicha Unidad emitirá un informe de adaptaciones curriculares, por lo que los y las estudiantes con discapacidad o necesidades educativas especiales deberán contactar con la Unidad ([discapacidad.programa@urjc.es](mailto:discapacidad.programa@urjc.es)), a fin de analizar conjuntamente las distintas alternativas.

#### **VII.E.- Conducta académica, integridad y honestidad académica**

La Universidad Rey Juan Carlos está plenamente comprometida con los más altos estándares de integridad y honestidad académica, por lo que estudiar en la URJC supone asumir y suscribir los valores de integridad y la honestidad académica recogidos en el Código Ético de la Universidad (<https://www.urjc.es/codigoetico>).

Para acompañar este proceso, la Universidad dispone de la Normativa de Convivencia de la Universidad Rey Juan Carlos (<https://www.urjc.es/images/Universidad/Presentacion/normativa/normativa%20convivencia%20universitaria.pdf>) y de diferentes herramientas (antiplagio, supervisión) que ofrecen una garantía colectiva para el completo desarrollo de estos valores esenciales.





### VIII.-Recursos y materiales didácticos

#### Bibliografía básica

Óptica electromagnética Vol. I: Fundamentos. José Manuel Cabrera, Fernando Jesús López y Fernando Agullo López. Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid. Segunda Edición. 1998. ISBN: 84-7829-021-4.

Principles of Nano-Optics. Lucas Novotny and Bert Hecht. Cambridge University Press. Second Edition, 2012. ISBN: 978-1-107-00546-4.

The Physics of Nanoelectronics. T. T. Heikkilä. Oxford Master Series in Condensed Matter Physics. Oxford University Press, 2013 ISBN: 9780199592449.

Nanoelectronics and Information Technology. R. Waser (Ed). Wiley-VCH. Second Edition, 2005. ISBN: 978-3527405428.

#### Bibliografía complementaria

Óptica electromagnética Vol. II: Materiales y aplicaciones. José Manuel Cabrera, Fernando Jesús López y Fernando Agullo López. Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid. 2000. ISBN: 84-7829-042-7.

Les Kirkup, Experimental Methods. An Introduction to the Analysis and Presentation of Data, John Wiley & Sons, 1994.

Lessons from Nanoelectronics: A New Perspective on Transport (Lessons from Nanoscience: A Lecture Notes Series: Volume 1). Author: S. Datta. World Scientific Publishing, 2012. ISBN: 978-981-4335-29-4.

### IX.-Profesorado

<b>Nombre y apellidos</b>	ARACELI GUTIERREZ LLORENTE
<b>Correo electrónico</b>	araceli.gutierrez@urjc.es
<b>Departamento</b>	Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de los Materiales y Tecnología Electrónica
<b>Categoría</b>	Titular de Universidad
<b>Titulación académica</b>	Doctor
<b>Responsable de asignatura</b>	Si
<b>Horario de Tutorías</b>	Para consultar las tutorías póngase en contacto con el/la profesor/a a través de correo electrónico
<b>Nº de Quinquenios</b>	4
<b>Nº de Sexenios</b>	4
<b>Nº de Sexenios de transferencia</b>	0
<b>Nº de evaluaciones positivas Docencia</b>	2
<b>Nombre y apellidos</b>	ADOLFO ALSINA LOPEZ
<b>Correo electrónico</b>	adolfo.alsina@urjc.es



<b>Departamento</b>	Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de los Materiales y Tecnología Electrónica
<b>Categoría</b>	Profesor/a Ayudante Doctor/a
<b>Titulación académica</b>	Doctor
<b>Responsable de asignatura</b>	No
<b>Horario de Tutorías</b>	Para consultar las tutorías póngase en contacto con el/la profesor/a a través de correo electrónico
<b>Nº de Quinquenios</b>	0
<b>Nº de Sexenios</b>	0
<b>Nº de Sexenios de transferencia</b>	0
<b>Nº de evaluaciones positivas Docencia</b>	0
<hr/>	
<b>Nombre y apellidos</b>	JAVIER MUÑOZ DE LUNA CLEMENTE
<b>Correo electrónico</b>	javier.munozdeluna@urjc.es
<b>Departamento</b>	Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de los Materiales y Tecnología Electrónica
<b>Categoría</b>	Profesor/a Asociado/a
<b>Titulación académica</b>	Doctor
<b>Responsable de asignatura</b>	No
<b>Horario de Tutorías</b>	Para consultar las tutorías póngase en contacto con el/la profesor/a a través de correo electrónico
<b>Nº de Quinquenios</b>	0
<b>Nº de Sexenios</b>	0
<b>Nº de Sexenios de transferencia</b>	0
<b>Nº de evaluaciones positivas Docencia</b>	0
<hr/>	
<b>Nombre y apellidos</b>	PABLO RODRIGUEZ LOPEZ
<b>Correo electrónico</b>	pablo.ropez@urjc.es
<b>Departamento</b>	Matemática Aplicada, Ciencia e Ingeniería de los Materiales y Tecnología Electrónica
<b>Categoría</b>	Profesor/a Contratado/a Doctor/a
<b>Titulación académica</b>	Doctor

<b>Responsable de asignatura</b>	No
<b>Horario de Tutorías</b>	Para consultar las tutorías póngase en contacto con el/la profesor/a a través de correo electrónico
<b>Nº de Quinquenios</b>	2
<b>Nº de Sexenios</b>	2
<b>Nº de Sexenios de transferencia</b>	0
<b>Nº de evaluaciones positivas Docencia</b>	1