

MÓDULO	MATERIA	CURSO	SEMESTRE	CRÉDITOS	TIPO
ELECTRODINÁMICA Y NANOELECTRÓNICA	NANOELECTRÓNICA	4º	2º	6	Optativa
PROFESORES ⁽¹⁾			DIRECCIÓN COMPLETA DE CONTACTO PARA TUTORÍAS (Dirección postal, teléfono, correo electrónico, etc.)		
<ul style="list-style-type: none"> ANDRÉS GODOY MEDINA 			Dpto. Electrónica y Tecnología de Computadores. Facultad de Ciencias. Despacho nº 16. Tfno. 958243227. Correo electrónico: agodoy at ugr.es		
			HORARIO DE TUTORÍAS Y/O ENLACE A LA PÁGINA WEB DONDE PUEDAN CONSULTARSE LOS HORARIOS DE TUTORÍAS ⁽¹⁾		
			Lunes, martes y jueves de 10 a 12 horas.		
GRADO EN EL QUE SE IMPARTE			OTROS GRADOS A LOS QUE SE PODRÍA OFERTAR		
Grado en Física					
PRERREQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES (si procede)					
Para poder cursar esta asignatura, se recomienda que el alumno haya superado las materias: Electromagnetismo, Física Cuántica, Física Estadística y Física del Estado Sólido.					
BREVE DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS (SEGÚN MEMORIA DE VERIFICACIÓN DEL GRADO)					
<p>Sistemas electrónicos de dimensionalidad reducida: pozos cuánticos, hilos cuánticos y puntos cuánticos. Cálculo de la densidad de estados electrónicos (DOS) en ese tipo de nanoestructuras semiconductoras. Transporte de carga en moléculas, nanohilos y pozos cuánticos.</p> <p>Dispositivos electrónicos relevantes basados en nanoestructuras: Transistores de hilo cuántico, single electron transistor (SET).</p> <p>Cálculo de la estructura de bandas (E-k) utilizando el método de las ligaduras fuertes (Tight Binding). Aplicación al</p>					

¹ Consulte posible actualización en Acceso Identificado > Aplicaciones > Ordenación Docente

(∞) Esta guía docente debe ser cumplimentada siguiendo la "Normativa de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada" (<http://secretariageneral.ugr.es/pages/normativa/fichasugr/ncg7121/>!)

grafeno y los nanotubos de carbono.
Memorias semiconductoras (DRAM, SRAM, Flash). Termoelectricidad.

COMPETENCIAS GENERALES Y ESPECÍFICAS

- **Competencias Generales:**

- CT1: Capacidad de análisis y síntesis
- CT2: Capacidad de organización y planificación
- CT5: Capacidad de gestión de la información
- CT6: Resolución de problemas
- CT8: Razonamiento crítico
- CT9: Aprendizaje autónomo

- **Competencias Específicas de la Asignatura:**

- CE1: Conocer y comprender los fenómenos y las teorías físicas más importantes.
- CE2: Estimar órdenes de magnitud para interpretar fenómenos diversos.
- CE4: Medir, interpretar y diseñar experiencias en el laboratorio o en el entorno.
- CE5: Modelar fenómenos complejos, trasladando un problema físico al lenguaje matemático.
- CE7: Trasmitir conocimientos de forma clara tanto en ámbitos docentes como no docentes.
- CE9: Aplicar los conocimientos matemáticos en el contexto general de la física.

OBJETIVOS (EXPRESADOS COMO RESULTADOS ESPERABLES DE LA ENSEÑANZA)

El alumno adquirirá:

- Capacidad de análisis y síntesis.
- Habilidad para la resolución de problemas.
- Razonamiento crítico.
- Creatividad.
- Iniciativa y espíritu emprendedor.

El alumno sabrá / comprenderá:

- Las bases físicas que rigen la electrostática y el transporte de carga en nanodispositivos electrónicos.
- Las escalas y órdenes de magnitud propios de la nanoelectrónica.
- Las diferencias entre transporte balístico y difusivo.
- Las características de los sistemas electrónicos confinados en una, dos o tres dimensiones.

El alumno será capaz de:

- Comparar datos experimentales con modelos físicos disponibles para revisar su validez y sugerir cambios con objeto de mejorar la concordancia de los modelos con los datos.
- Iniciarse en nuevos campos y materias de la nanoelectrónica a través de su trabajo independiente.
- Realizar las aproximaciones requeridas con objeto de reducir la complejidad del problema hasta un nivel manejable.
- Desarrollar sus propios modelos numéricos para la simulación de nanodispositivos electrónicos.

TEMARIO DETALLADO DE LA ASIGNATURA



TEMARIO TEÓRICO:

Tema 1. The quantum particle

- 1.1 The motivation for nanoelectronics, device scaling
- 1.2 Review of waves, phase and interference, wavefunctions
- 1.3 Wavepackets and operators
- 1.4 Momentum, energy and the uncertainty principle
- 1.5 Schrödinger equation, particle in a box
- 1.6 Piecewise potentials, tunneling

Tema 2. The Quantum Particle

- 2.1 Fermi statistics, current, metals and insulators
- 2.2 Density of states, periodic boundary conditions
- 2.3 Density of states in 0-d to 3-d structures

Tema 3. Two Terminal Quantum Dot Devices

- 3.1 Equilibrium in two terminal molecular devices
- 3.2 Capacitance models of electrostatics
- 3.3 Current flow under bias in two terminal molecular devices
- 3.4 Charging

Tema 4. Two Terminal Quantum Wire Devices

- 4.1 Current flow in quantum wires, the quantum limit of conductance
- 4.2 Landauer theory
- 4.3 Ohm's law and the Drude model

Tema 5. Field Effect Transistors

- 5.1 Field effect transistors (FETs)
- 5.2 Ballistic quantum wire FETs
- 5.3 Ballistic quantum well FETs
- 5.4 Conventional MOSFETs

Tema 6. The Electronic Structure of Materials Devices

- 6.1 Hybrid orbitals, introduction to tight binding
- 6.2 Examples of tight binding calculations
- 6.3 Periodic materials, Bloch functions
- 6.4 Semiconductors and insulators
- 6.5 Tight binding in periodic materials
- 6.6 Carbon nanotubes

Tema 7. Semiconductor memoriesFlash

- 7.2 Dynamic Random Access Memory (DRAM)
- 7.3 Static Random Access Memory (SRAM)

Tema 8. Fundamental Limits in Computation

- 8.1 CMOS, power delay product and scaling
- 8.2 Review of CMOS
- 8.3 Thermodynamic limits and reversible computing

TEMARIO PRÁCTICO:

- Capacitors. Small signal models of metal-molecule junctions.
- Numerical methods for self-consistent IV calculations
- Different numerical tools can be used by the students. MATLAB® will be briefly explained.

Seminarios/Talleres

Different topics will be proposed, developed and exposed for 20 minutes by the students as part of this subject.



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA FUNDAMENTAL:

- Marc Baldo. "Introduction to Nanoelectronics", http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-701-introduction-to-nanoelectronics-spring-2010/readings/MIT6_701S10_front.pdf
- Electronics from the Bottom Up: A New Approach to Nanoelectronic Devices and Materials <http://nanohub.org/topics/ElectronicsFromTheBottomUp>
- V. V. Mitin, .V.A. Kochelap, M.A. Stroscio. "Introduction to Nanoelectronics", Cambridge University Press, 2008.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Supriyo Datta. "Quantum Transport: Atom to Transistor", Cambridge University Press, 2005.
- Supriyo Datta. "Electronic Transport in Mesoscopic Systems", Cambridge University Press, 1995.

ENLACES RECOMENDADOS

<http://www.nanohub.org/> ; <http://www.edx.org/>

METODOLOGÍA DOCENTE

ACTIVIDAD FORMATIVA: Lección magistral (Clases teóricas-expositivas)

- Descripción: Presentación en el aula de los conceptos fundamentales y desarrollo de los contenidos propuestos.
- Propósito: Transmitir los contenidos de las materias de la asignatura motivando al alumnado a la reflexión, facilitándole el descubrimiento de las relaciones entre diversos conceptos y formarle una mentalidad crítica.
- Contenido en ECTS: 30 horas presenciales (3 ECTS)

ACTIVIDAD FORMATIVA Actividades prácticas (Laboratorio)

- Descripción: Actividades a través de las cuales se pretende mostrar al alumnado cómo actuar a partir de la aplicación de los conocimientos adquiridos.
- Propósito: Desarrollo en el alumnado de las habilidades instrumentales de la materia.
- Contenido en ECTS: 14 horas presenciales (1,4 ECTS).

ACTIVIDAD FORMATIVA: Seminarios y problemas

- Descripción: Modalidad organizativa de los procesos de enseñanza y aprendizaje donde tratar en profundidad una temática relacionada con la materia. Incorpora actividades basadas en la indagación, el debate, la reflexión y el intercambio.
- Propósito: Desarrollo en el alumnado de las competencias cognitivas y procedimentales de la materia.
- Contenido en ECTS: 14 horas presenciales (1,4 ECTS).

ACTIVIDAD FORMATIVA: Actividades no presenciales

Actividades no presenciales individuales (Estudio y trabajo autónomo)

- Descripción: 1) Actividades (guiadas y no guiadas) propuestas por el profesor a través de las cuales y de forma individual se profundiza en aspectos concretos de la materia posibilitando al estudiante avanzar en la adquisición de determinados conocimientos y procedimientos de la materia, 2) Estudio individualizado de los contenidos de la materia 3) Actividades evaluativas (informes, exámenes, ...)
- Propósito: Favorecer en el estudiante la capacidad para autorregular su aprendizaje, planificándolo, diseñándolo, evaluándolo y adecuándolo a sus especiales condiciones e intereses.

Actividades no presenciales grupales (Estudio y trabajo en grupo)

- Descripción: 1) Actividades (guiadas y no guiadas) propuestas por el profesor a través de las cuáles y de forma grupal se profundiza en aspectos concretos de la materia posibilitando a los estudiantes avanzar en la adquisición de determinados conocimientos y procedimientos de la materia.



- Propósito: Favorecer en los estudiantes la generación e intercambio de ideas, la identificación y análisis de diferentes puntos de vista sobre una temática, la generalización o transferencia de conocimiento y la valoración crítica del mismo.

- Contenido en ECTS: 90 horas no presenciales (3,6 ECTS)

• **ACTIVIDAD FORMATIVA: Tutorías académicas**

- Descripción: manera de organizar los procesos de enseñanza y aprendizaje que se basa en la interacción directa entre el estudiante y el profesor.

- Propósito: 1) Orientan el trabajo autónomo y grupal del alumnado, 2) profundizar en distintos aspectos de la materia y 3) orientar la formación académica-integral del estudiante.

- Contenido en ECTS: 7,5 horas presenciales, grupales e individuales (0,3 ECTS)

• **ACTIVIDAD EVALUADORA: Examen**

- Descripción: Prueba escrita en la que el estudiante debe resolver las cuestiones planteadas.

- Propósito: Evaluar el grado de asimilación de los conceptos y metodologías explicadas.

- Contenido en ECTS: 2,5 horas presenciales, grupales e individuales (0,1 ECTS)

• **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE**

- Las actividades formativas propuestas se desarrollarán desde una metodología participativa y aplicada que se centra en el trabajo del estudiante (presencial y no presencial/individual y grupal). Las clases teóricas, los seminarios, las clases prácticas, las tutorías, el estudio y trabajo autónomo y el grupal son las maneras de organizar los procesos de enseñanza y aprendizaje de esta materia.

EVALUACIÓN (INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y PORCENTAJE SOBRE LA CALIFICACIÓN FINAL, ETC.)

• Con objeto de evaluar la adquisición de los contenidos y competencias a desarrollar en la materia, se utilizará un sistema de evaluación diversificado, seleccionando las técnicas de evaluación más adecuadas en cada momento, que permita poner de manifiesto los diferentes conocimientos y capacidades adquiridos por el alumnado al cursar la asignatura. De entre las siguientes técnicas evaluativas se utilizarán las siguientes:

- Para la parte teórica se realizarán exámenes finales o parciales, sesiones de evaluación y entregas de ejercicios sobre el desarrollo y los resultados de las actividades propuestas. La ponderación de este bloque será del 65 %.

- Para la parte práctica se realizarán prácticas de laboratorio, resolución de problemas y desarrollo de proyectos (individuales o en grupo), y se valorarán las entregas de los informes/memorias realizados por los alumnos, o en su caso las entrevistas personales con los alumnos y las sesiones de evaluación. La ponderación de este bloque será del 25 %.

- En su caso, la parte de trabajo autónomo y los seminarios se evaluarán teniendo en cuenta la asistencia a los seminarios, los problemas propuestos que hayan sido resueltos y entregados por los alumnos, en su caso, las entrevistas efectuadas durante el curso y la presentación oral de los trabajos desarrollados. La ponderación de estos será del 10 %.

• La calificación global corresponderá a la puntuación ponderada de los diferentes aspectos y actividades que integran el sistema de evaluación. Así, el resultado de la evaluación será una calificación numérica obtenida mediante la suma ponderada de las calificaciones correspondientes a una parte teórica, una parte práctica y, en su caso, una parte relacionada con el trabajo autónomo de los alumnos, los seminarios impartidos y el aprendizaje basado en proyectos.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS QUE FORMARÁN PARTE DE LA EVALUACIÓN ÚNICA FINAL ESTABLECIDA EN LA "NORMATIVA DE EVALUACIÓN Y DE CALIFICACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA"

Para los alumnos que, de acuerdo con la Normativa de Evaluación y calificación de los Estudiantes de la Universidad de Granada opten por la evaluación única final, el examen final único incluirá una parte práctica y otra escrita. La



parte práctica consistirá en la realización de una práctica, (similar a las realizadas durante el curso) excepto para quienes hayan realizado y superado las prácticas de laboratorio durante el curso. Para aprobar la asignatura, se deberá obtener una puntuación de 5 sobre 10 en cada parte.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Se facilitará la comunicación electrónica entre el estudiante y el profesor a través de la plataforma web de apoyo a la docencia PRADO (<http://prado.ugr.es/>)

