

**Física de Nanomateriales**

Código: 100184  
Créditos ECTS: 6

Titulación	Tipo	Curso	Semestre
2500097 Física	OT	4	2

### Contacto

Nombre: Marta González Silveira

Correo electrónico: Marta.Gonzalez@uab.cat

### Uso de idiomas

Lengua vehicular mayoritaria: catalán (cat)

Algún grupo íntegramente en inglés: No

Algún grupo íntegramente en catalán: Sí

Algún grupo íntegramente en español: Sí

### Equipo docente

Javier Rodríguez Viejo

Ana Vila Costa

Marta González Silveira

### Prerequisitos

Es recomendable, aunque no imprescindible, haber cursado Física del Estado Sólido.

### Objetivos y contextualización

El objetivo de esta asignatura es proporcionar los fundamentos que permitan al estudiante entender cómo varían las propiedades físicas (electrónicas, ópticas, térmicas, magnéticas y de transporte) de los materiales en la escala nanométrica.

### Competencias

- Aplicar los principios fundamentales al estudio cualitativo y cuantitativo de las diferentes áreas particulares de la física.
- Comunicar eficazmente información compleja de forma clara y concisa, ya sea oralmente, por escrito o mediante TIC, y en presencia de público, tanto a audiencias especializadas como generales.
- Conocer las bases de algunos temas avanzados, incluyendo desarrollos actuales en la frontera de la Física, sobre los que poder formarse posteriormente con mayor profundidad.
- Desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
- Desarrollar un pensamiento y un razonamiento crítico y saber comunicarlos de manera efectiva, tanto en las lenguas propias como en una tercera lengua.
- Formular y abordar problemas físicos identificando los principios más relevantes y usando aproximaciones, si fuera necesario, para llegar a una solución que debe ser presentada explicitando hipótesis y aproximaciones.
- Generar propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.
- Planear y realizar, usando los métodos apropiados, un estudio o investigación teórico e interpretar y presentar los resultados.

- Planear y realizar, usando los métodos apropiados, un estudio, medida o investigación experimental e interpretar y presentar los resultados.
- Razonar críticamente, poseer capacidad analítica, usar correctamente el lenguaje técnico, y elaborar argumentos lógicos.
- Realizar trabajos académicos de forma independiente usando bibliografía, especialmente en inglés, bases de datos y colaborando con otros profesionales.
- Respetar la diversidad y pluralidad de ideas, personas y situaciones.
- Trabajar autónomamente, usar la propia iniciativa, ser capaz de organizarse para alcanzar unos resultados, planear y ejecutar un proyecto.
- Trabajar en grupo, asumiendo responsabilidades compartidas e interaccionando profesional y constructivamente con otros con absoluto respeto a sus derechos.
- Usar las matemáticas para describir el mundo físico, seleccionando las herramientas apropiadas, construyendo modelos adecuados, interpretando resultados y comparando críticamente con la experimentación y la observación.

## Resultados de aprendizaje

1. Calcular diagramas de bandas en sistemas de baja dimensionalidad.
2. Calcular la absorción y emisión de luz en nanopartículas semiconductoras.
3. Calcular y analizar las características del gas de electrones bidimensional.
4. Comunicar eficazmente información compleja de forma clara y concisa, ya sea oralmente, por escrito o mediante TIC, y en presencia de público, tanto a audiencias especializadas como generales.
5. Correlacionar las modificaciones de las propiedades físicas en la nanoescala con el desarrollo de nuevos dispositivos.
6. Desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
7. Desarrollar un pensamiento y un razonamiento crítico y saber comunicarlos de manera efectiva, tanto en las lenguas propias como en una tercera lengua.
8. Generar propuestas innovadoras y competitivas en la investigación y en la actividad profesional.
9. Identificar la importancia de la dimensionalidad en las propiedades electrónicas, térmicas, ópticas, magnéticas y de transporte en los materiales.
10. Identificar las modificaciones de las propiedades físicas al disminuir el tamaño a la escala nanométrica.
11. Identificar los principios básicos del transporte electrónico y fonónico para su posterior aplicación en sistemas avanzados de baja dimensionalidad.
12. Interpretar la simplificación de las ecuaciones de transporte en el límite balístico.
13. Medir la luminiscencia de puntos cuánticos semiconductores.
14. Obtener modelos simplificados de bandas de energía para describir el comportamiento electrónico de sólidos de baja dimensionalidad.
15. Profundizar en la descripción de la interacción radiación-materia en sistemas nanométricos.
16. Racionalizar los resultados obtenidos en el laboratorio en relación a los fenómenos físicos observados considerando la influencia de la dimensionalidad en las medidas experimentales.
17. Razonar críticamente, poseer capacidad analítica, usar correctamente el lenguaje técnico, y elaborar argumentos lógicos.
18. Realizar trabajos académicos de forma independiente usando bibliografía, especialmente en inglés, bases de datos y colaborando con otros profesionales.
19. Relacionar la dimensionalidad con las dimensiones características de las partículas en la nanoescala.
20. Respetar la diversidad y pluralidad de ideas, personas y situaciones.
21. Simular las propiedades de transporte mediante analogías con circuitos electrónicos.
22. Trabajar autónomamente, usar la propia iniciativa, ser capaz de organizarse para alcanzar unos resultados, planear y ejecutar un proyecto.
23. Trabajar en grupo, asumiendo responsabilidades compartidas e interaccionando profesional y constructivamente con otros con absoluto respeto a sus derechos.
24. Utilizar el cálculo en una y varias variables, las ecuaciones diferenciales y el cálculo matricial en el estudio de las propiedades físicas de los nanomateriales.
25. Utilizar el formulismo de Landauer para describir el transporte balístico.

## Contenido

# 1. Métodos de obtención de NANOCRISTALES y MATERIALES NANOCRISTALINOS

## 1.1. Nucleación y Crecimiento

Introducción a la nucleación y crecimiento cristalino

## 1.2 A partir de fase vapor

MBE, MOCVD, Sputtering,...(puntos y pozos cuánticos)

Consideraciones de la epitaxia. Modos de crecimiento. Heteroestructuras.

Sistemas tensionados: autoorganización. Caso del Si-Ge y otros.

## 1.3. A partir de fase líquida

Síntesis química (Puntos cuánticos semiconductores)

## 1.4. A partir de fase sólida

Medios mecánicos (nanoestructuras)

## 1.5. Lectura

## 2. Efectos de TAMAÑO en las propiedades físicas.

### 2.1 Propiedades electrónicas: Confinamiento en 1,2,3 dimensiones

2.1.1. Red lineal o circular de átomos de carbono.

2.1.2. Partículas en pozos de potencial cuadrados.

2.1.3. Estructura de bandas y densidad de estados en función de la dimensionalidad.

2.1.4. Confinamiento en presencia de un campo eléctrico: pozo de potencial triangular.

2.1.5. Confinamiento en presencia de un campo magnético: pozo de potencial parabólico.

2.1.5.1. Niveles de Landau. Efecto Hall cuántico.

2.1.6 Lectura.

### 2.2. Propiedades de transporte electrónico

2.2.1 Transporte balístico: Formulismo de Landauer

2.2.2. Transporte túnel: Función escalón. Barrera cuadrada. Corrient en 1D. Efecto túnel resonante. Tunnelling en heteroestructuras.

2.2.3 Aplicaciones: Dispositivos electrónicos y magnéticos basados en heteroestructuras.

2.2.4 Lectura

### 2.3. Propiedades ópticas

2.3.1 Excitones: interacciones coulombianas.

2.3.2 Emisión y absorción de luz(interbanda, intrabanda).

2.3.3 Aplicaciones tecnológicas

2.3.4 Lectura

## 2.4. Propiedades térmicas

### 2.4.1 Capacidad calorífica

Introducción: Deducción de  $C_v, C_p$  en sistemas masivos.

Variación de  $C_p$  con la dimensionalidad: efectos electrónicos y fonónicos. Caso del C: diamante (3D), grafito (quasi-2D), grafeno (2D), nanotubos de carbono (1D).

2.4.2 Temperatura y entalpía de fusión en nanopartículas metálicas y semiconductoras.

2.4.3 Ejemplos y Aplicaciones tecnológicas.

2.4.4 Transporte térmico: Teoría Cinética. Ecuación de Boltzmann. Conductividad térmica. Influencia de la dimensionalidad. Ejemplos: modificación de la conductividad en super-redes y nanohilos.

## 2.5 Termoelectricidad

2.5.1 Efectos Seebeck y Peltier

2.5.2 Figura de mérito: definición e implicaciones.

2.5.3 Efectos de dimensionalidad. Influencia sobre la figura de mérito.

2.5.4 Ejemplos y aplicaciones.

### Prácticas de laboratorio

1. Microscopía de superficies mediante STM (Demostrativa).
2. Influencia del tamaño sobre la emisión de luz en puntos cuánticos semiconductores de CdSe.
3. Medida de la capacidad calorífica y determinación de la variación de la temperatura de fusión con el tamaño de nanopartículas.
4. Transporte térmico en sistemas bidimensionales

## Metodología

En este curso se ofrece enseñanza específica, el cuál se llevará a cabo a partir de las actividades formativas descritas a continuación. Las horas de trabajo que se especifican para cada actividad formativa corresponden al alumno promedio. Naturalmente, no todos los alumnos necesitan el mismo tiempo para aprender conceptos y realizar determinadas actividades, de manera que la distribución temporal hay que entenderla como orientativa. En esta asignatura se intenta potenciar la participación activa del estudiante con una herramienta relevante en el aprendizaje.

Actividades formativas dirigidas:

Clases magistrales: clases en las que el profesor de teoría explica los conceptos más relevantes de cada tema. Habitualmente son clases en pizarra aunque también se utiliza el proyector. Los alumnos disponen de los apuntes en el campus virtual con antelación.

Clases de problemas: clases en las que el profesor de problemas explica a los alumnos como resolver los problemas tipo de la asignatura. El profesor resolverá en detalle una lista de problemas seleccionados, y propondrá a los alumnos una lista de problemas que deberán entregarse de forma obligatoria, dado que forman parte de la evaluación de la asignatura.

Clases de discusión: Se recomienda la lectura de artículos científicos relacionados directamente con la temática de la asignatura y se discute su contenido en clase.

Prácticas de laboratorio: Los alumnos realizarán prácticas de laboratorio como una herramienta más de aprendizaje.

Actividades formativas supervisadas:

Tutorías: en las horas de atención a los alumnos, los profesores estarán disponibles para las consultas de los alumnos que tengan dudas sobre cualquiera de los temas del temario.

Activitats formatives autònomes:

Resolución de problemas y entrega de problemas adicionales: el alumno deberá resolver los problemas de la lista que proponen los profesores y los problemas adicionales que pida el profesor de problemas o los que el alumno quiera hacer por su cuenta para preparar mejor la asignatura.

Estudio y preparación de exámenes: Trabajo personal del alumno con el objetivo de adquirir los conceptos teóricos de la asignatura y las habilidades necesarias para la resolución de problemas.

Trabajos: de manera opcional los estudiantes pueden hacer trabajos que requieren de un nivel de programación adecuado para resolver problemas relacionados con temas de la asignatura.

## Actividades

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases de discusión de artículos científicos	3	0,12	15, 1, 3, 2, 4, 5, 6, 7, 18, 8, 11, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25
Clases de problemas	12	0,48	15, 1, 3, 9, 10, 12, 14, 19, 21, 24
Clases de teoría	27	1,08	15, 1, 3, 5, 7, 11, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 19, 21, 24, 25
Laboratorio	7	0,28	9, 13, 16, 19
Tipo: Autónomas			
Estudio y preparación de exámenes	51	2,04	15, 1, 3, 2, 5, 6, 7, 11, 9, 10, 12, 14, 19, 21, 24, 25
Realización de trabajos	20	0,8	4, 6, 7, 18, 8, 17, 20, 22, 23
Resolución de problemas y entrega de problemas adicionales	17	0,68	1, 3, 4, 18, 10, 12, 14, 21, 24
Tutorías	5	0,2	4, 7, 8, 17, 20, 22, 23

## Evaluación

Resolución de problemas y participación en lecturas: 25 % de la nota final.

Treballs de pràctiques (realització, informe, entrevista): 15 % de la nota final.

Examen 1 : 30% de la nota final.

Examen 2: 30% de la nota final

Examen recuperación: 60% nota final (para poder presentarse al examen de recuperación, es necesario haber sido evaluado previamente de al menos 2/3 de la nota final)

Nota mínima de cada examen para aprobar por parciales: 4

## Actividades de evaluación

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Entrega de problemas y lectura de artículos	25%	0	0	4, 6, 7, 18, 8, 9, 19, 20, 22, 23, 24
Examen parcial I	30%	2	0,08	1, 3, 9, 10, 12, 14, 19, 21, 24, 25
Examen parcial II	30%	2	0,08	15, 2, 5, 11, 9, 19, 24
Examen recuperación parciales	60%	3	0,12	15, 2, 5, 11, 9, 10, 12, 14, 19, 21, 24, 25
Prácticas de laboratorio	15%	1	0,04	4, 7, 18, 9, 13, 16, 17, 19, 20, 22, 23

## Bibliografía

Solid State Physics, N.W.Ashcroft, N.D. Mermin, Saunders College Publishing.

The Physics of Low dimensional semiconductors: An introduction, J.H.Davies, Cambridge University Press, 1997.

Quantum semiconductor structures: Fundamentals and applications , C.Weisbuch, B.Vinter, Academic Press, 1991.

Nanomaterials: Synthesis, Properties and Applications, Ed. A. S. Edelstein, R. C. Cammarata, Institute of Physics, 1998.

The atomistic nature of crystal growth, B.Mutaftschiev,... Springer-verlag, 2003.