

## Fenómenos Cuánticos II

Código: 103498  
Créditos ECTS: 6

**2024/2025**

Titulación	Tipo	Curso
2501922 Nanociencia y Nanotecnología	OB	3

### Contacto

Nombre: Javier Rodríguez Viejo

Correo electrónico: javier.rodriguez@uab.cat

### Equipo docente

Marta Gonzalez Silveira

### Idiomas de los grupos

Puede consultar esta información al [final](#) del documento.

### Prerrequisitos

Es recomendable haber aprobado la asignatura "Fenómenos Cuánticos I"

### Objetivos y contextualización

Adquisición de conocimientos básicos de Mecánica Cuántica complementarios de los impartidos en la asignatura:

En la primera unidad se pone énfasis y se amplían algunos temas abordados en la asignatura de Fenómenos C

En la tercera unidad se hace una breve introducción a las estadísticas y estudio de la densidad de estados y en

y una breve introducción a las barreras parabólicas e hiperbólicas, con aplicaciones a la nanociencia. La asigna

### Competencias

- Aplicar los conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales relacionados con la Nanociencia y Nanotecnología a la resolución de problemas de naturaleza cuantitativa o cualitativa en el ámbito de la Nanociencia y Nanotecnología.
- Aprender de forma autónoma.
- Comunicarse de forma oral y escrita en la lengua nativa.
- Demostrar que comprende los conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales relacionados con la Nanociencia y Nanotecnología.
- Gestionar la organización y planificación de tareas.
- Interpretar los datos obtenidos mediante medidas experimentales, incluyendo el uso de herramientas informáticas, identificar su significado y relacionarlos con las teorías químicas, físicas o biológicas apropiada.
- Obtener, gestionar, analizar, sintetizar y presentar información, incluyendo la utilización de medios telemáticos e informáticos.
- Proponer ideas y soluciones creativas.
- Razonar de forma crítica.
- Reconocer y analizar problemas físicos, químicos y biológicos en el ámbito de la Nanociencia y Nanotecnología, plantear respuestas o trabajos adecuados para su resolución, incluyendo en casos necesarios el uso de fuentes bibliográficas.
- Resolver problemas y tomar decisiones.
- Trabajar en equipo y cuidar las relaciones interpersonales de trabajo.

## Resultados de aprendizaje

1. Analizar situaciones y problemas en el ámbito de la física y plantear respuestas o trabajos de tipo experimental utilizando fuentes bibliográficas.
2. Aplicar la ecuación de Schrödinger a sistemas cuánticos unidimensionales como pozos de potencial y/o osciladores y a tridimensionales como moléculas.
3. Aplicar los contenidos teóricos adquiridos a la explicación de fenómenos experimentales.
4. Aprender de forma autónoma.
5. Comunicarse de forma oral y escrita en la lengua nativa.
6. Definir adecuadamente las estadísticas cuánticas de Bose-Einstein y Fermi-Dirac.
7. Describir el momento magnético, orbital y de espín.
8. Emplear la tecnología de la información y la comunicación para la documentación de casos y problemas.
9. Evaluar resultados experimentales de forma crítica y deducir su significado.
10. Gestionar la organización y planificación de tareas.
11. Indicar las bases físicas de la mecánica cuántica y relacionarlas con hechos experimentales.
12. Obtener, gestionar, analizar, sintetizar y presentar información, incluyendo el uso de medios telemáticos e informáticos.
13. Proponer ideas y soluciones creativas.
14. Razonar de forma crítica.
15. Realizar búsquedas bibliográficas de documentación científica.
16. Reconocer la dualidad onda-partícula.
17. Reconocer la naturaleza cuántica de la física atómica y molecular.
18. Resolver la ecuación de Schrödinger para problemas unidimensionales y ser capaz de calcular el efecto túnel en diversos sistemas físicos.
19. Resolver problemas con la ayuda de bibliografía complementaria proporcionada.
20. Resolver problemas y tomar decisiones.
21. Trabajar en equipo y cuidar las relaciones interpersonales de trabajo.
22. Utilizar la ecuación de Schrödinger para resolver problemas de fuerzas centrales.
23. Utilizar la ecuación de Schrödinger para resolver problemas tridimensionales con simetría esférica (átomo de hidrógeno, oscilador armónico).
24. Utilizar programas de tratamiento de datos para elaborar informes.

## Contenido

- Énfasis y aplicaciones de algunos temas tratados en FQI.

Ecuación de Schrödinger en 1D y 3D. El momento angular más allá de los armónicos esféricos: el espín. El átomo de hidrógeno revisado. Estructuras fina e hiperfina. Solución del hamiltoniano: notación matricial.

Teoría de la perturbación estacionaria (síntesis).

- Momento magnético. Los átomos multielectrónicos.

Momento magnético en física clásica. Relación entre el momento magnético orbital y el momento angular orbital: diamagnetismo. Momento magnético permanente: paramagnetismo. Estados multielectrónicos: momento angular. Breve resumen de la solución de la ecuación de Schrödinger para el átomo de hidrógeno. Acoplamiento Russell-Saunders. Las reglas de Hund. Interacción de intercambio. Acoplamiento espín-órbita. Momento magnético permanente. Momento magnético asociado al momento orbital electrónico. Espín electrónico: momento magnético asociado. Acoplamiento espín-órbita: momento magnético asociado. Efecto Zeeman.

- Funciones de distribución y densidad de estados.

Longitudes características en sistemas nanoscópicos. Pozos cuánticos, hilos cuánticos y puntos cuánticos. Dimensionalidad y niveles de energía. El modelo de electrones libres de Sommerfeld. Ondas viajeras: las condiciones de contorno de Born-von Kármán. Densidad de estados (DOS); Nivel de Fermi. DOS en 3D en el modelo de Sommerfeld. Nivel de Fermi. DOS en 3D para ondas viajeras. DOS en 2D y 1D. Distribuciones estadísticas. Distribución de Maxwell-Boltzmann. Distribución de Bose-Einstein. Distribución de Fermi-Dirac; algunas consideraciones Ocupación de los niveles de energía. Función de Fermi-Dirac y propiedades físicas.

- Pozos y barreras de potencial cuadrados: aplicaciones a la nanociencia.

Pozo de potencial cuadrado, finito y simétrico en 1D. Barrera de potencial cuadrada en 1D; efecto túnel. Escalón cuadrado potencial en 1D. Nanoestructuras físicas y dimensionalidad. Estructuras fundamentales de dispositivos electrónicos. Bandas de energía en semiconductores 3D. Dispersión de bandas de energía en semiconductores 3D. Pozos de potencial en semiconductores; El MODFET. Doble barrera de potencial; El diodo de túnel resonante. Múltipozos cuánticos; Fotodetectores IR. Superredes.

- Pozos triangulares y parabólicos: aplicaciones a la nanociencia.

Pozo cuántico triangular en 1D. Sistemas 2DEG; El MOSFET. Pozo de potencial cuadrado en un campo eléctrico aplicado; moduladores. Pozo cuántico parabólico en 1D; el oscilador armónico. Vibraciones atómicas de moléculas diatómicas. Efecto de un campo magnético sobre un gas de electrones. Campo magnético en un sistema 2D: niveles de Landau y densidad de estados. Ampliación a sistemas 3D. Aplicaciones. Barrera cuántica hiperbólica: desintegración alfa. Barrera cuántica parabólica. Aplicaciones: reacciones químicas y bioquímicas.

## Actividades formativas y Metodología

Título	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Tipo: Dirigidas			
Clases de problemas	16	0,64	3, 2, 4, 9, 5, 7, 8, 11, 13, 14, 16, 18, 19, 20
Clases de teoría	30	1,2	3, 2, 4, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 17, 18, 23
resolucion de problemas en grupo	8	0,32	1, 3, 2, 4, 9, 14, 18, 19, 20, 22, 23

Tipo: Supervisadas

Presentaciones orales	6	0,24	1, 3, 2, 9, 5, 7, 8, 15, 10, 11, 12, 18, 20, 24
Resolución de problemas	6	0,24	2, 6, 7, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 23
Tipo: Autónomas			
Estudio	68	2,72	1, 3, 4, 9, 8, 15, 10, 12, 13, 14, 19, 21, 24

#### Clases de teoría

El professor/a explicará el contenido del programa en soporte audiovisual. Se dispondrá de material de soporte para librar a los alumnos.

#### Clases de problemas

Las clases de problemas servirán para consolidar y ver como se lleva a la práctica los conocimientos adquiridos en las clases de teoría. Se irán intercalando con las clases de teoría para reforzar aspectos determinados, o bien se irán al finalizar cada una de las unidades temáticas. Parte de los problemas los resolverá el profesor. Por otro lado, los alumnos dispondrán de los enunciados de los ejercicios que tendrán que ir resolviendo a lo largo del curso. El planteamiento/solución de los ejercicios se hará en clases de problemas bajo la dirección del profesor. Los alumnos resolverán y expondrán en clase los problemas no resueltos por el profesor.

#### Actividades dirigidas

Resolución de problema en clase y en grupo con interacción con el profesor

Nota: se reservarán 15 minutos de una clase dentro del calendario establecido por el centro o por la titulación para que el alumnado rellene las encuestas de evaluación de la actuación del profesorado y de evaluación de la asignatura o módulo.

## Evaluación

### Actividades de evaluación continuada

Título	Peso	Horas	ECTS	Resultados de aprendizaje
Exámenes escritos (parciales y final)	70%	8	0,32	3, 2, 9, 5, 6, 7, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 23
Problemas resueltos	15%	2	0,08	1, 3, 4, 9, 5, 8, 15, 10, 12, 13, 14, 20, 21, 24
Trabajos, lecturas, actividades varias	15%	6	0,24	1, 3, 4, 9, 5, 8, 15, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 24

#### Exámenes escritos:

Supondrán el 70% de la nota. Se programarán dos exámenes parciales a lo largo del curso y un examen final. Los dos exámenes parciales tienen el mismo peso (35%). Si se han aprobado los dos exámenes parciales no será necesario presentarse al examen final. En caso de no haber aprobado uno o los dos parciales habrá que hacer el examen final. Es obligatorio aprobar esta parte para aprobar la asignatura.

En caso de que los alumnos no resuelvan problemas en grupo ni entreguen las actividades complementarias, los dos exámenes escritos supondrán el 100% de la nota.

Problemas resueltos:

Supondrán el 15% de la nota. Los alumnos deberán entregar al profesor un documento con los problemas resueltos, y exponerlos a clase. La resolución de los problemas, entrega de los documentos correspondientes y exposición en clase son obligatorios para aprobar la asignatura.

Actividades dirigidas

Supondrán el 15 % de la nota de la asignatura.

Examen de recuperació: Per tal de fer la recuperació l'alumne ha de presentar-se a la part que no hagi superat el 4. També es pot presentar qualsevol alumne a pujar nota. La nota que obtingui en l'examen de recuperació serà la nota que servirà per fer promig amb les altres activitats avaluable.

Examen de recuperación:

Para hacer la recuperación el alumno tiene que presentarse a la parte que no hay superado el 4. Cualquier alumno puede presentarse a subir nota, pero la nota que saque en el examen de recuperación será la nota con la que se hará media para obtener la calificación final del curso.

Evaluación única

El alumnado que se haya acogido a la modalidad de evaluación única deberá realizar una prueba final que consistirá en un examen de teoría en el que deberá responder a una serie de cuestiones cortas. Seguidamente, deberá realizar una aprobación de problemas donde deberá resolver una serie de ejercicios similares a los que se han trabajado en las sesiones de problemas. Cuando haya finalizado, entregará los informes correspondientes a soluciones de problemas y la entrega de un trabajo.

La calificación del estudiante será la media ponderada de las tres actividades anteriores, donde el examen de teoría supondrá el 35% de la nota, el examen de problemas el 35% y la entrega de los problemas y trabajos será del 30% .

Si la nota final no alcanza 5, el estudiante tiene otra oportunidad de superar la asignatura mediante el examen de recuperación que se celebrará en la fecha que fije la coordinación de la Titulación. En esta prueba se podrá recuperar el 70% de la nota correspondiente a la teoría y los problemas. La parte de entrega de problemas y trabajos no es recuperable

## **Bibliografía**

No hay un texto básico de referencia, pero sí dos libros relevantes para la asignatura. También se utilizará el pdf

Introduction to quantum mechanics, David J. Griffiths, Cambridge University Press

The physics of low dimensional semiconductors. An introduction. John H. Davies, Cambridge University Press

## Software

Se utilizan herramientas informáticas básicas basadas en windows para presentar documentos tipo ppt, pdf o word.

## Lista de idiomas

Nombre	Grupo	Idioma	Semestre	Turno
(PAUL) Prácticas de aula	1	Catalán	segundo cuatrimestre	tarde
(SEM) Seminarios	1	Catalán	segundo cuatrimestre	tarde
(TE) Teoría	1	Catalán	segundo cuatrimestre	tarde