

Fenómenos Cuánticos II

Código: 103498
Créditos ECTS: 6

Titulación		Tipo	Curso	Semestre
2501922 Nanociencia y Nanotecnología		OB	3	2

La metodología docente y la evaluación propuestas en la guía pueden experimentar alguna modificación en función de las restricciones a la presencialidad que impongan las autoridades sanitarias.

Contacto

Nombre: Javier Rodríguez Viejo

Correo electrónico: Javier.Rodriguez@uab.cat

Uso de idiomas

Lengua vehicular mayoritaria: español (spa)

Algún grupo íntegramente en inglés: No

Algún grupo íntegramente en catalán: No

Algún grupo íntegramente en español: Sí

Equipo docente

Marta González Silveira

Prerequisitos

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 de Fenómenos Cuánticos I, y de su aplicación a fenómenos específicos y propiedades de la materia en la nanoescala.

El curso está organizado en seis unidades: En la primera unidad se pone énfasis y amplían algunos temas abordados en la asignatura de Fenómenos Cuánticos I. La segunda trata de los estados electrónicos atómicos y el momento

magnético de los electrones. En la tercera unidad se estudia el efecto Zeeman, el momento magnético nuclear y la resonancia magnética. En la cuarta unidad se hace una breve introducción a las estadísticas y estudio de la

densidad de estados y su ocupación. La quinta unidad aborda el estudio de pozos y barreras de potencial cuadrados, y aplicaciones a la nanociencia. Se cierra la asignatura con el estudio de los pozos de potencial triangulares y

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

La asignatura ayuda al alumno a tener unos conocimientos sólidos de fundamentos de Mecánica Cuántica y se dan ejemplos de los conocimientos adquiridos de interés en el ámbito de la nanoescala.

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 al 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. Teorema general de precesión. 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. Efecto del campo cristalino sobre moléculas y sólidos. Momento magnético permanente. Momento magnético asociado al momento orbital electrónico. Espín electrónico: momento magnético asociado. Acoplamiento espín-órbita: momento magnético asociado. El paramagnetismo atómico.

- Átomos / iones en un campo magnético externo.

Efecto Zeeman. Reglas de selección de las transiciones electrónicas. Spin nuclear; Momento magnético asociado. Interacción hiperfina. Interacción cuadrupolar eléctrica. Estructura hiperfina en un campo magnético aplicado. Resonancia magnética. Resonancia paramagnética electrónica. Resonancia magnética nuclear.

- Densidad de estados y ocupación.

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 Kárman. 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. Múltipos 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.

Metodología

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 si 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 arán 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

Actividades

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

Evaluación

Exámenes escritos:

Supondrán el 75% 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 avaluables.

Examen de recuperación:

Para hacer la recuperación el alumno tiene que presentarse a la parte que no ha 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.

Actividades de evaluación

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

Bibliografía

No hay un texto básico de referencia. Se utilizará el pdf de las seis unidades del curso con el desarrollo de los contenidos (tanto de teoría como de problemas) que el profesor entrega a los alumnos (en el Campus Virtual). Algunas referencias se encuentran puntualmente en el interior de los pdfs.