

Guía docente

230851 - QM - Materia Cuántica

Última modificación: 19/06/2024

Unidad responsable: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Barcelona
Unidad que imparte: 748 - FIS - Departamento de Física.

Titulación: MÁSTER UNIVERSITARIO EN FÍSICA PARA LA INGENIERÍA (Plan 2018). (Asignatura obligatoria).

Curso: 2024 **Créditos ECTS:** 5.0 **Idiomas:** Catalán, Castellano, Inglés

PROFESORADO

Profesorado responsable: FERNANDO PABLO MAZZANTI CASTRILLEJO

Otros: Primer quadrimestre:
JORDI BORONAT MEDICO - 10
FERNANDO PABLO MAZZANTI CASTRILLEJO - 10

CAPACIDADES PREVIAS

El estudiante debe conocer los fundamentos de la mecánica cuántica, así como su base matemática. El alumno debe poder utilizar la notación de Dirac, entender qué es un Hamiltoniano, y saber resolver problemas básicos. Debe saber qué es una función de onda. También debe saber que son los estados estacionarios del Hamiltoniano, así como saber construir la evolución temporal de un sistema cuántico dado éstos. También debe conocer los aspectos básicos de la teoría del momento angular en la mecánica cuántica.

REQUISITOS

Física cuántica.
Mecánica Cuántica.

COMPETENCIAS DE LA TITULACIÓN A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA

Básicas:

CB6. Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7. Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio.

CB8. Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicio.

CB10. Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

METODOLOGÍAS DOCENTES

MD1 - Clases magistrales: En las clases magistrales se exponen los contenidos de la asignatura de forma oral por parte de un profesor o profesora sin la participación activa del alumnado.

MD2 - Clases expositivas: En las clases expositivas uno o más estudiantes presentan de forma oral un tema o trabajo, preparado previamente, delante del resto de compañeros del grupo.

MD4 - Trabajo en grupo: Actividad de aprendizaje que se tiene que hacer mediante la colaboración entre los miembros de un grupo.

MD5 - Trabajo escrito: Actividad consistente en la presentación de un documento escrito.

MD6 - Resolución de problemas: En la actividad de resolución de problemas, el profesorado presenta un ejercicio/problema que el alumnado debe resolver, ya sea trabajando individualmente, o en equipo

MD8 - Búsqueda de información: La búsqueda de información, organizada como búsqueda de información de manera activa por parte del alumnado, permite la adquisición de conocimientos de forma directa pero también la adquisición de habilidades y actitudes relacionadas con la obtención de información.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA

Al final del curso el alumno deberá:

- 1) Entender i saber resolver problemas de teoría de perturbaciones de la mecánica cuántica. Esto incluye las perturbaciones independientes del tiempo en el caso no-degenerado y en el caso degenerado, así como las perturbaciones dependientes del tiempo.
- 2) Entender y saber emplear el método variacional de la mecánica cuántica.
- 3) Entender los fundamentos de la teoría de las colisiones de la mecánica cuántica. Ser capaz de resolver problemas elementales relacionados con los fenómenos de colisión.
- 4) Entender la formulación de los problemas de la mecánica cuántica de muchos cuerpos en primera y segunda cuantización, así como su aplicación a sistemas sencillos.
- 5) Entender la descripción de las propiedades magnéticas de la materia cuántica así como su formulación microscópica básica.
- 6) Conocer los modelos elementales de los sistemas cuánticos de muchas partículas en una red.

HORAS TOTALES DE DEDICACIÓN DEL ESTUDIANTE

Tipo	Horas	Porcentaje
Horas grupo grande	48,0	37.21
Horas aprendizaje autónomo	81,0	62.79

Dedicación total: 129 h

CONTENIDOS

1. Introducción

Descripción:

- 1.1 Discusión sobre qué problemas se pueden resolver de forma exacta en mecánica cuántica, y cuales no.
- 1.2 Relevancia de las soluciones aproximadas en mecánica cuántica mediante la teoría de perturbaciones y los métodos variacionales.
- 1.3 Relevancia de la teoría de las colisiones en mecánica cuántica, y su relación con los experimentos.
- 1.4 Discusión sobre la mecánica cuántica de muchos cuerpos como medio para entender la física de varios cuerpos en interacción.
- 1.5 Introducción a la física de los sistemas magnéticos i su comportamiento a nivel cuántico.
- 1.6 Discusión sobre la física de muchos cuerpos en redes ópticas.

Objetivos específicos:

- Aprender la teoría de perturbaciones dependiente e independiente del tiempo de la mecánica cuántica.
- Aprender la teoría variacional de la mecánica cuántica.
- Entender el concepto de sección eficaz aplicado a problemas de mecánica cuántica, así como su calculo en sistemas sencillos.
- Entender qué es la matriz T de las colisiones y la información que contiene en problemas de colisiones en sistemas cuánticos.
- Aprender el formalismo de segunda cuantización.
- Aprender la descripción de sistemas cuánticos de muchos cuerpos mediante teorías de campo medio, así como otros modelos relevantes como son el de Bogoliubov o el Bose-Hubbard.
- Entender la descripción de los sistemas cuánticos magnéticos.

Actividades vinculadas:

- Complementar las explicaciones teóricas de clase consultando la bibliografía recomendada.
- Desarrollar los ejercicios propuestos en clase, y entregar algunos de ellos para determinar una nota de evaluación continua.
- Realizar un trabajo final con la finalidad de ampliar los conocimientos del alumno en alguno de los puntos tratados en clase.

Dedicación: 7h

- Grupo grande/Teoría: 3h
- Aprendizaje autónomo: 4h

2. Teoría de Perturbaciones y Métodos Variacionales

Descripción:

- 2.1 Teoría de perturbaciones independiente del tiempo: caso no degenerado.
- 2.2 Teoría de perturbaciones independiente del tiempo: caso degenerado.
- 2.3 Teoría de perturbaciones dependiente del tiempo. Regla de oro de Fermi.
- 2.4 Métodos variacionales.

Objetivos específicos:

- Los mismos del apartado anterior

Actividades vinculadas:

- Complementar las explicaciones teóricas de clase consultando la bibliografía recomendada.
- Desarrollar los ejercicios propuestos en clase, y entregar algunos de ellos para determinar una nota de evaluación continua.
- Realizar un trabajo final con la finalidad de ampliar los conocimientos del alumno en alguno de los puntos tratados en clase.

Dedicación: 35h

- Grupo grande/Teoría: 13h
- Aprendizaje autónomo: 22h

3. Teoría de colisiones en mecánica cuántica.

Descripción:

3.1 Formulación del problema. Sección eficaz y sección eficaz diferencial. Ecuación de Lipmann-Schwinger.

3.2 Matriz T y aproximación de Born.

3.3 Expansión en ondas parciales y condiciones de contorno.

3.4 Colisiones de baja energía: longitud de dispersión i rango efectivo.

Objetivos específicos:

Los mismos del apartado anterior

Actividades vinculadas:

Complementar las explicaciones teóricas de clase consultando la bibliografía recomendada.

Desarrollar los ejercicios propuestos en clase, y entregar algunos de ellos para determinar una nota de evaluación continua.

Realizar un trabajo final con la finalidad de ampliar los conocimientos del alumno en alguno de los puntos tratados en clase.

Dedicación: 23h

Grupo grande/Teoría: 8h

Aprendizaje autónomo: 15h

4. El problema de muchos cuerpos en mecánica cuántica.

Descripción:

4.1 Descripción del problema.

4.2 Indistinguibilidad de las partículas. Estadísticas de Bose y de Fermi. Simetrías de la función de onda y simetrías de los operadores.

4.3 Segunda cuantización. Operadores de creación y destrucción. Operadores y observables en segunda cuantización.

4.4 Aproximación de Hartree-Fock. Ecuación de Gross-Pitaevskii y aproximación de Bogoliubov.

Objetivos específicos:

Los mismos del apartado anterior

Actividades vinculadas:

Complementar las explicaciones teóricas de clase consultando la bibliografía recomendada.

Desarrollar los ejercicios propuestos en clase, y entregar algunos de ellos para determinar una nota de evaluación continua.

Realizar un trabajo final con la finalidad de ampliar los conocimientos del alumno en alguno de los puntos tratados en clase.

Dedicación: 38h

Grupo grande/Teoría: 14h

Aprendizaje autónomo: 24h

5. Sistemas magnéticos.

Descripción:

5.1 Sistemas ideales polarizados y no polarizados.

5.2 Estados ferromagnéticos de la materia. Excitaciones individuales y excitaciones partícula-hueco. Magnones.

5.3 Superconductividad y pares de Cooper. Introducción a la teoría BCS.

Objetivos específicos:

Los mismos del apartado anterior

Actividades vinculadas:

Complementar las explicaciones teóricas de clase consultando la bibliografía recomendada.

Desarrollar los ejercicios propuestos en clase, y entregar algunos de ellos para determinar una nota de evaluación continua.

Realizar un trabajo final con la finalidad de ampliar los conocimientos del alumno en alguno de los puntos tratados en clase.

Dedicación: 16h

Grupo grande/Teoría: 6h

Aprendizaje autónomo: 10h

6. Física de sistemas en redes.

Descripción:

6.1 Descripción de sistemas cuánticos en redes discretas.

6.2 El Hamiltoniano del sistema de muchas partículas en una red.

6.3 Modelos de Fermi y de Bose Hubbard.

Objetivos específicos:

Los mismos del apartado anterior

Actividades vinculadas:

Complementar las explicaciones teóricas de clase consultando la bibliografía recomendada.

Desarrollar los ejercicios propuestos en clase, y entregar algunos de ellos para determinar una nota de evaluación continua.

Realizar un trabajo final con la finalidad de ampliar los conocimientos del alumno en alguno de los puntos tratados en clase.

Dedicación: 10h

Grupo grande/Teoría: 4h

Aprendizaje autónomo: 6h

SISTEMA DE CALIFICACIÓN

En función del número de alumnos, se realizará un examen escrito o se pedirá que los alumnos preparen y expongan, delante de sus compañeros, un trabajo escrito que deberán entregar. Con ello se determinará el 60% de la nota, mientras que el 40% restante se obtendrá entregando ejercicios y/o problemas. No se realizan actos de reevaluación.

NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS.

Se decidirán a lo largo del curso.



BIBLIOGRAFÍA

Básica:

- Sakurai, J.J.; Napolitano, J. Modern quantum mechanics. 2nd ed., international ed. Essex (England): Pearson, 2014. ISBN 9781292024103.
- Cohen-Tannoudji, C.; Diu, B.; Laloë, F. Quantum mechanics. 2nd ed. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2020. ISBN 9783527345533.
- Fetter, A.L.; Walecka, J.D. Quantum theory of many-particle systems [en línea]. Mineola: Dover, 2003 [Consulta: 25/10/2018]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=1894791>. ISBN 9780486134758.
- Lipparini, E. Modern many-particle physics: atomic gases, quantum dots and quantum fluids. 2nd ed. Singapore: World Scientific, 2008. ISBN 9789812709325.
- Mahan, G.D. Many-particle physics. 3rd ed. New York: Kluwer Academic : Plenum Publishers, 2000. ISBN 9781441933393.

RECURSOS

Otros recursos:

Ninguno.