Mecánica y computación cuánticas

Grado en Física Aplicada

UNIVERSIDAD NEBRIJA

GUÍA DOCENTE

Asignatura: Mecánica y computación cuánticas

Titulación: Grado en Física Aplicada

Carácter: Obligatoria

Idioma: Español

Modalidad: Presencial

Créditos: 6

Curso: 3º

Semestre: 2º

Profesores/Equipo docente: Dr. D. Eduardo Iglesias Jiménez / Dña. Andrea Manzaneque Nieto / Dr. D. Roberto Campos Ortiz

1. COMPETENCIAS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE

1.1. Competencias

Competencias básicas

- CB1, CB2, CB3, CB4, CB5

Competencias generales

- CG1. (Conocer) Demostrar poseer y comprender, a partir de la base de la educación secundaria, la naturaleza, conceptos, métodos y resultados más relevantes de los diferentes campos de la Física.
- CG2. (Aplicar) Saber aplicar los conocimientos adquiridos en la definición y planteamiento de problemas y en la búsqueda de sus soluciones.
- CG3. (Analizar) Tener la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes, aplicando la intuición y el pensamiento lógico, para reflexionar en temas relevantes de índole científico, social o ético.

Competencias transversales

- CT1. Saber aplicar capacidades de análisis y síntesis.
- CT2. Saber comunicar.
- CT3. Poseer habilidades informáticas básicas.
- CT4. Tener habilidades de búsqueda y gestión de información.

- CT5. Ser capaces de resolver problemas.
- CT9. Aprender a trabajar de forma autónoma.

Competencias específicas

- CE1. Poseer conocimiento y comprensión los fenómenos físicos, las teorías, leyes y modelos que los rigen, incluyendo su dominio de aplicación y su formulación en lenguaje matemático.
- CE2. Conocer los métodos matemáticos básicos para la elaboración de teorías y modelos físicos y el planteamiento de medidas experimentales.
- CE3. Comprender el papel del método científico en la discusión de teorías y modelos para ser capaz de plantear y realizar un experimento específico, analizando los resultados del mismo con la precisión requerida.
- CE5. Conocer las fuentes adecuadas así como otros recursos on-line para abordar un trabajo o estudio de Física.
- CE13. Poseer conocimiento y comprensión de los conceptos fundamentales de la Mecánica Cuántica, su relación con la Física Clásica, y su aplicación para la comprensión de la física de átomos y moléculas, así como las aplicaciones a la computación cuántica.

1.2. Resultados de aprendizaje

El estudiante al finalizar esta materia deberá:

- Aprender la formulación matemática de la Mecánica Cuántica y su aplicación para resolver diversos problemas unidimensionales y tridimensionales.
- Haber comprendido la importancia las aplicaciones actuales más importantes de la Computación Cuántica y ser capaz de realizar explicaciones coherentes sobre ellas.

2. CONTENIDOS

2.1. Requisitos previos

Haber cursado Física Cuántica

2.2. Descripción de los contenidos

- Revisión de Mecánica Cuántica. Introducción a la teoría de espacios de funciones (Espacios de Hilbert) y operadores. Formulación matricial de Dirac.
- Evolución del estado cuántico. Matriz de densidad. Medida cuántica. Fase cuántica. Paradoja EPR y Teorema de Bell. Sistemas cuánticos y su entrelazado.
- Introducción a la computación. Máquinas de Turing. Circuitos de computación clásicos. Puertas

lógicas. Circuitos de computación cuánticos. El qubit. Operaciones con qubits. Puertas cuánticas. Open QSAM: un lenguaje para la Quantum Experience (QX) de IBM. Algoritmos cuánticos. Paralelismo cuántico. Algoritmo de Deutsch.

- Transformada de Fourier cuántica. Algoritmo de Shor. Algoritmos cuánticos de búsqueda. Información cuántica. Ruido cuántico.
- Operaciones cuánticas. Corrección cuántica de errores. Información cuántica y la entropía de Shannon. Compresión cuántica de datos. Criptografía cuántica.

2.3. Contenido detallado

Presentación de la asignatura.

Explicación de la **guía docente**.

Mecánica cuántica

1. Formalismo matemático de la mecánica cuántica

   Propiedades de los espacios de Hilbert

   Tipos de operadores y sus características

   Proyectores y formulación matricial

   Descomposición espectral

2. Postulados de la mecánica cuántica

   Estados puros, mezcla y matriz densidad

   Postulados de la mecánica cuántica (estados, operadores, medidas…)

   Evolución temporal, imagen de Heisenberg y de Srchrödinger

3. Entrelazamiento cuántico

   Términos de coherencia en estados cuánticos

   Entrelazamiento entre estados

   Teoría EPR y las desigualdades de Bell

4. Teoría de perturbaciones

   Teoría de perturbaciones independiente del tiempo

   Estados no degenerados y degenerados

   Teoría de perturbaciones dependiente del tiempo

   Evolución temporal en imagen de Dirac y regla de oro de Fermi

Computación cuántica

1. Introducción a la computación cuántica

   La información es física

   Historia de la computación cuántica

   Máquinas de Turing clásica y cuántica

   Propiedades cuánticas en QC

   Modelos de computación cuántica

2. Hardware cuántico

   Evolución del hardware cuántico

   Dispositivos analógicos

   Dispositivos digitales

   Tecnologías basadas en annealers

   Tecnologías basadas en circuitos

   Corrección de errores

3. Algoritmos cuánticos

   Procesamiento de la información en QC

   Primeros algoritmos: D-J, B-V y Simon

   Algoritmo de Shor: Criptografía, QFT y QPE

   Algoritmo de Grover: Búsqueda y amplitude amplification

4. Aplicaciones QC

   Química cuántica

   QML

   Comunicaciones

   Simuladores

   Ventaja cuántica

2.4. Actividades dirigidas

Durante el curso se desarrollarán varias actividades dirigidas que versarán sobre contenidos de la asignatura o similares. Algunas actividades serán individuales y otras en grupos. La presentación y formato variará de unas actividades a otras pudiendo ser una presentación escrita o audiovisual; se requerirá al alumno trabajo de investigación de los contenidos y/o aplicaciones. La entrega y la asistencia a las actividades y/o prácticas es obligatoria. La falta de asistencia a una práctica conlleva automáticamente el suspenso de la asignatura en caso de que la ausencia no esté debidamente justificada.

2.5 Actividades formativas

CÓDIGO	ACTIVIDAD FORMATIVA	HORAS	PORCENTAJE DE PRESENCIALIDAD
AF1	Clases de teoría y problemas	45	100%
AF2	Tutorías	15	100%
AF3	Prácticas	6	100%
AF4	Estudio individual y trabajo autónomo	66	0%
AF5	Trabajos individuales o en grupo	12	0%
AF6	Evaluación	6	100%

3. SISTEMA DE EVALUACIÓN

3.1. Sistema de calificaciones

El sistema de calificaciones (R.D. 1125/2003, de 5 de septiembre) será el siguiente:

0 - 4,9 Suspenso (SS)

5,0 - 6,9 Aprobado (AP)

7,0 - 8,9 Notable (NT)

9,0 - 10 Sobresaliente (SB)

La mención de «Matrícula de Honor» podrá ser otorgada a alumnos que hayan obtenido una calificación igual o superior a 9.0. Su número no podrá exceder del cinco por ciento de los alumnos matriculados en una materia en el correspondiente curso académico, salvo que el número de alumnos matriculados sea inferior a 20, en cuyo caso se podrá conceder una sola «Matrícula de Honor».

3.2. Criterios de evaluación

Convocatoria ordinaria

Sistemas de evaluación	Porcentaje
SE1 Prueba parcial	15%
SE2 Examen final	60%
SE3 Presentación de trabajos	25%

Convocatoria extraordinaria

Sistemas de evaluación	Porcentaje
SE2 Examen final	75%
SE3 Presentación de trabajos	25%

3.3. Restricciones

Calificación mínima

La ponderación tanto del examen parcial como de los conceptos de participación y trabajos escritos/prácticas, sólo se aplicará si el alumno obtiene al menos un 5 en el examen final, tanto en la prueba ordinaria como en la extraordinaria.

Es imprescindible la entrega de todos los trabajos y prácticas propuestas en la asignatura. Para poder hacer media de los trabajos/prácticas es necesario obtener en cada uno de ellos una nota igual o superior a 3.5 puntos, y la nota media de todos los trabajos/prácticas deber ser superior o igual a 5. La no superación de los trabajos/prácticas supone el suspenso automático de la asignatura.

La convocatoria extraordinaria consiste en un examen sobre los contenidos de la asignatura desarrollados en las clases de teoría y problemas. Este examen pondera un 75%, el resto de la nota final corresponde a la calificación de las entregas de trabajos evaluables solicitados durante el periodo docente. Si estos trabajos están suspensos en la convocatoria ordinaria, pueden ser recuperados en convocatoria extraordinaria previa petición del estudiante al profesor. Esta petición se debe realizar por escrito en un plazo máximo de 10 días después de la publicación de la nota final de la convocatoria ordinaria.

Asistencia

El alumno que, injustificadamente, deje de asistir a más de un 25% de las clases presenciales podrá verse privado del derecho a examinarse en la convocatoria ordinaria.

Es imprescindible el 100 % de la asistencia a las sesiones de prácticas. La falta de asistencia a una práctica conlleva automáticamente el suspenso de la asignatura en caso de que la ausencia no esté debidamente justificada.

Normas de escritura

Se prestará especial atención en los trabajos, prácticas y proyectos escritos, así como en los exámenes tanto a la presentación como al contenido, cuidando los aspectos gramaticales y ortográficos. El no cumplimiento de los mínimos aceptables puede ocasionar que se resten puntos en dicho trabajo.

3.4. Advertencia sobre plagio

La Universidad Antonio de Nebrija no tolerará en ningún caso el plagio o copia. Se considerará plagio la reproducción de párrafos a partir de textos de autoría distinta a la del estudiante (Internet, libros, artículos, trabajos de compañeros…), cuando no se cite la fuente original de la que provienen. El uso de las citas no puede ser indiscriminado. El plagio es un delito.

En caso de detectarse este tipo de prácticas, se considerará Falta Grave y se podrá aplicar la sanción prevista en el Reglamento del Alumno.

4. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

- Griffiths, D. (2005) Introduction to Quantum Mechanics. Pearson Hall, New Jersey (USA)
- Sánchez del Río, C.. (2020) Física Cuántica. Pirámide. Madrid.
- Nielsen, M. A. & Chuang, I. L. (2010) Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press. Madrid.

Bibliografía complementaria

- MIT online Courses. Quantum Physics. Basic Concepts. Disponible n: https://ocw.mit.edu/courses/8-04-quantum-physics-i-spring-2016/pages/video-lectures/part-1/
- Quantum Physics in One-dimensional Potentials. Disponible en: https://ocw.mit.edu/courses/8-04-quantum-physics-i-spring-2016/pages/video-lectures/part-2/
- Quantum Physics. One-dimensional Scattering, Angular Momentum & Central PotentialsDipsonible en: https://ocw.mit.edu/courses/8-04-quantum-physics-i-spring-2016/pages/video-lectures/part-3/
- Darwish Miranda, N. Computación Cuántica. Apuntes. ULaguna.