

Mecánica y
computación
cuánticas
**Grado en Matemáticas
Aplicadas**



UNIVERSIDAD
NEBRIJA

GUÍA DOCENTE

Asignatura: Mecánica y computación cuánticas

Titulación: Grado en Matemáticas Aplicadas

Carácter: Optativa

Idioma: Castellano

Modalidad: Presencial

Créditos: 6

Curso: 4º

Semestre: 1º

Profesores/Equipo docente: 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 las Matemáticas.
- CG2. (Aplicar) Saber aplicar los conocimientos adquiridos en la definición y planteamiento de problemas y en la búsqueda de sus soluciones en contextos matemáticos y no matemáticos.
- CG3. (Analizar) Tener la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes en áreas afines a las Matemáticas, aplicando la intuición y el pensamiento lógico, para razonar de forma crítica en temas relevantes de índole científico, social o ético.
- CG5. (Aprender) Haber desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender, con un alto grado de autonomía, posteriores estudios especializados en el campo de las matemáticas o en cualquier otra disciplina que requiera conocimientos de matemáticas.

Competencias transversales

- CT1. (Comunicar) Comunicar de forma oral o escrita información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.

- CT2. (Usar herramientas) Identificar y conocer las herramientas informáticas básicas que sirven como instrumento de apoyo al trabajo académico y profesional.
- CT4. (Razonar de forma crítica) Razonar de forma crítica, contando con la información disponible, comprobando o refutando razonadamente los argumentos de otras personas.
- CT5. (Trabajar en equipo) Saber trabajar en equipo contribuyendo de forma activa al resultado de problema o proyecto a resolver.
- CT6. (Autonomía) Aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas para adaptarse a nuevas situaciones en el entorno de las Matemática Aplicadas u otros.

Competencias específicas:

- CE2. (Asimilar) Relacionar la definición de nuevos objetos matemáticos con otros conocidos para asimilarlos y deducir sus propiedades.
- CE5. (Resolver) Adquirir las técnicas y herramientas matemáticas adecuadas para planificar la resolución de problemas de matemáticas.
- CE6. (Modelizar) Utilizar las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan para proponer, analizar, validar e interpretar modelos matemáticos sencillos.
- CE7. (Instrumentalizar) Utilizar aplicaciones informáticas adecuadas para experimentar en matemáticas, resolver problemas y manejar modelos matemáticos.
- CE8. (Programar) Desarrollar programas que resuelvan problemas o modelos matemáticos utilizando cada caso el entorno computacional adecuado.
- CE9. (Interpretar) Adquirir conocimiento básico de otras disciplinas para saber interpretar en términos matemáticos situaciones complejas provenientes de estas.
- CE10. (Concluir) Saber extraer conclusiones a partir de los resultados del análisis matemático de situaciones y fenómenos reales para integrarlas en otros ámbitos.
- CE11. (Expandir) Conocer las matemáticas involucradas en otros ámbitos en la vanguardia de la ciencia y la ingeniería para adquirir foco hacia el futuro profesional.

1.2. Resultados de aprendizaje

El estudiante al finalizar esta materia deberá:

- Conocer diferentes modelos matemáticos provenientes de campos en la vanguardia de la tecnología, como fenómenos cuánticos, robótica, finanzas o biología.
- Comprender y saber aplicar herramientas matemáticas para la resolución de problemas relacionados con fenómenos cuánticos, robótica, finanzas o biología.

- Conocer y saber utilizar herramientas informáticas para resolución de problemas relacionados con fenómenos cuánticos, robótica, finanzas o biología.
- Asimilar el lenguaje de otras disciplinas.
- Saber extraer conclusiones aplicables otros campos a partir del análisis de los resultados matemáticos obtenidos

2. CONTENIDOS

2.1. Requisitos previos

Haber cursado Modelos de la Física y Sistemas dinámicos.

2.2. Descripción de los contenidos

Introducción a la física cuántica: el experimento de la doble rendija. Álgebra lineal y la notación de Dirac: matrices de Pauli, teorema de la descomposición espectral, productos tensoriales, descomposición polar y singular. La mecánica cuántica: espacio de los estados, evolución, medidas, entrelazamiento, desigualdad de Bell. Computación cuántica: máquina de Turing, circuitos cuánticos, operaciones controladas. Algoritmos cuánticos: transformada cuántica de Fourier, algoritmos con súper-polinomio, mejoramiento. Información cuántica: El ruido clásico y cuántico. La entropía de Shannon y Von Neumann. Introducción a los códigos cuánticos correctores de errores.

2.3. Contenido detallado

Presentación de la asignatura

Explicación de la **guía docente**

Introducción a la física cuántica.

- Dualidad onda corpúsculo: experimento de la doble rendija.
- Radiación del cuerpo negro: Hipótesis de Planck.
- Formulación de momentos, hamiltoniano y spin en física cuántica: Observables y matrices de Pauli.

Introducción a la mecánica cuántica.

- Formalismo matemático de la mecánica cuántica.
- Proyectores y formulación matricial (notación de Dirac).
- Estados puros, mezcla y matriz densidad: Teorema de la descomposición espectral.

Postulados de la mecánica cuántica.

- Espacio de posiciones y momento.
- Postulados (estados, operadores, medidas, evolución temporal...)
- Imagen de Heisenberg y de Schrödinger.

Entrelazamiento cuántico.

- Términos de coherencia en estados cuánticos, descomposición polar y singular.
- Entrelazamiento entre estados.
- Teoría EPR y desigualdades de Bell. a la Gestión y Dirección de Proyectos:

Introducción a la computación cuántica

- Estados de Bell (desigualdad CHSH)
- Fundamentos información cuántica (qubit, fase cuántica y entropía)
- Operaciones (máquina de Turing cuántica, superposición, entrelazamiento e interferencia)

Hardware cuántico

- Modelos de computación cuántica (analógica, digital y de inspiración cuántica)
- Tipos de hardware cuántico digital (superconductores, fotones, iones atrapados y átomos fríos/Rydberg)
- Corrección de errores cuánticos (tipos de errores y códigos correctores)

Algoritmos cuánticos

- Algoritmo de Deutsch-Jozsa (teórico y práctico)
- Algoritmo de Shor: Quantum Fourier Transform y Quantum Phase Estimation (teórico y práctico)
- Algoritmo de Grover: Amplitude Amplification (teórico y práctico)

Computación cuántica en la actualidad

- Aplicaciones de la computación cuántica: optimización, química, QML.
- Ejecución de circuitos cuánticos: Ejecución en hardware cuántico

2.4. Actividades dirigidas

Durante el curso, se requerirá la realización de una o más actividades dirigidas, planteadas como trabajos orientados al aprendizaje y aplicación de los nuevos conceptos aprendidos o su ampliación.

La actividad formativa “Prácticas” será el marco para establecer contenido y desarrollo de estas actividades que los estudiantes completaran de forma individual o en grupo. Así mismo se trabajará con diferentes paquetes de software especializado.

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	70%
AF3	Prácticas	3	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

Las ponderaciones anteriores sólo se aplicarán si el alumno/a obtiene al menos un 4 en el examen final.

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. Esta ponderación también se aplica solo en el caso de que el alumno obtenga al menos un 4 en este examen final.

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.

3.5. Uso de la inteligencia artificial (IA) generativa en las actividades formativas

La adopción de herramientas de IA en la docencia debe basarse en un enfoque transparente, responsable, ético y seguro, que fomente el desarrollo de competencias digitales en el estudiantado:

- El profesor incluirá en cada actividad formativa si tiene previsto el uso de IA Generativa, con qué objetivo y los requisitos de aplicación de esta.
- Es responsabilidad del estudiante mostrar una conducta transparente, ética y responsable con el uso de IA Generativa, y adaptarse a los criterios de aplicación dictados por el profesor en cada actividad.
- La detección de cualquier conducta fraudulenta con respecto al uso de IA Generativa, no atendiendo a las indicaciones del profesorado, aplicará las sanciones previstas en el Reglamento Disciplinario.

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.
- Preskill Lectures (<https://www.preskill.caltech.edu/ph229/>). Chapter 1, Chapter 2, Chapter 6

Bibliografía complementaria

- MIT online Courses. *Quantum Physics. Basic Concepts*. Disponible en: <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 Potentials*. Disponible en: <https://ocw.mit.edu/courses/8-04-quantum-physics-i-spring-2016/pages/video-lectures/part-3/>
- Bacon D. *Lectures*. Disponible en: <https://courses.cs.washington.edu/courses/cse599d/06wi/>
- Sutor, R. S. (2019). *Dancing with Qubits: How quantum computing works and how it can change the world*. Packt Publishing Ltd.
- Aaronson, S. (2013). *Quantum computing since Democritus*. Cambridge University Press.

