26-27

GRADO EN FÍSICA
CUARTO CURSO

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

MECÁNICA CUÁNTICA

CÓDIGO 61044075

UNED

26-27

MECÁNICA CUÁNTICA

CÓDIGO 61044075

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE
RESULTADOS DE APRENDIZAJE
CONTENIDOS
METODOLOGÍA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA
IGUALDAD DE GÉNERO

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	MECÁNICA CUÁNTICA
CÓDIGO	61044075
CURSO ACADÉMICO	2026/2027
DEPARTAMENTO	FÍSICA FUNDAMENTAL
TÍTULO EN QUE SE IMPARTE	GRADO EN FÍSICA
CURSO	CUARTO CURSO
PERIODO	SEMESTRE 1
Nº ETCS	5
HORAS	125.0
IDIOMAS EN QUE SE IMPARTE	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La física cuántica es un pilar de la ciencia moderna. Desarrollada inicialmente para explicar el dominio atómico y subatómico, su campo de aplicación no ha dejado de crecer con el tiempo.

Dentro del Grado en Física, la materia Física Cuántica, se divide en tres asignaturas, dos de ellas en el tercer curso (ambas obligatorias y de 6 ECTS) y una optativa de cuarto curso (de 5 ECTS). La primera de esas asignaturas (*Física Cuántica I*) da los primeros pasos en la formalización de las propiedades del mundo microscópico, mientras que la segunda (*Física Cuántica II*) realiza un desarrollo más aplicado, prestando especial atención a los métodos de aproximación más habituales y estudiando sistemas físicos básicos de la física atómica y molecular.

Una vez cursadas las asignaturas Física Cuántica I y Física Cuántica II en el tercer curso del Grado, en las que se han puesto las bases del formalismo y de diversas aplicaciones, esta asignatura de ***Mecánica Cuántica*** tiene un enfoque doble. Por una parte, avanza en el formalismo que no ha sido tratado en las anteriores asignaturas, y hace énfasis en aspectos más modernos de la teoría. Por otra parte, presenta métodos y aproximaciones que resultan de interés en el tratamiento de problemas diversos en otras ramas de la Física.

Efectivamente, ese enfoque más formal y abstracto se refleja tanto en el repaso inicial del formalismo de los espacios de Hilbert (en los que se definen los estados y los observables), como en el análisis de los estados puros y estados mezcla. También se resalta la importancia de las simetrías en las propiedades de los operadores y en la definición de las constantes de movimiento de un sistema. Además, se presentan conceptos de gran interés actual, como el entrelazamiento, no localidad, medida, etc. y se incluyen temas relativos a la comunicación y la computación cuántica. Asimismo se introduce la teoría de las colisiones, la óptica cuántica y la mecánica cuántica relativista.

El objetivo es, pues, madurar en la comprensión de la teoría cuántica y de su estructura lógica y matemática, prestando especial atención a métodos y aproximaciones que también

pueden aplicarse en otras ramas de la Física. Este aprendizaje resulta crucial para estudiantes que deseen en un futuro investigar en física teórica, física atómica y molecular, óptica, física de la materia condensada o tecnologías cuánticas.
Asimismo, la asignatura contribuye a la adquisición de algunas competencias básicas, como ser capaz de realizar un aprendizaje autónomo, gestionar eficazmente el tiempo y actualizar los conocimientos propios, así como la facilidad de analizar críticamente los problemas para adaptarse a nuevas situaciones o teorías físicas.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Para abordar esta asignatura con éxito, el estudiante debe tener bien asentados los conocimientos que se adquieren en las dos asignaturas previas de Física Cuántica (*Física Cuántica I* y *II*), que se imparten en el tercer curso del Grado.
También tiene que estar perfectamente familiarizado con los contenidos de Álgebra Lineal y de Análisis Matemático, con la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias y con los fundamentos de la teoría de funciones de variable compleja. Además, debe conocer bien la estructura de los espacios de Hilbert y manejar con soltura suficiente la transformada de Fourier (conceptos que se han estudiado en las asignaturas de Métodos Matemáticos, y que se han utilizado extensamente en *Física Cuántica I* y *II*).

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	JAVIER RODRIGUEZ LAGUNA (Coordinador/a de asignatura)
Correo Electrónico	jrlaguna@fisfun.uned.es
Teléfono	91398-7602
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL

Nombre y Apellidos	EVA MARIA FERNANDEZ SANCHEZ
Correo Electrónico	emfernandez@fisfun.uned.es
Teléfono	91398-8863
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La asignatura se imparte virtualizada, y en el curso virtual se ofrecen diversas herramientas de comunicación con el Equipo docente, entre las que destacamos los *Foros de debate,* que tienen como objetivo ayudar a generar debate acerca de conceptos o aplicaciones y, como consecuencia, mejorar el aprendizaje.
Al plantear preguntas en los foros (dudas de teoría, ejercicios, problemas, etc.) tanto las dudas como las respuestas pueden ser también de utilidad para el resto de los estudiantes. Se pretende que en esos foros se inicien los debates planteando dudas o preguntas libremente, pero siempre proponiendo una respuesta meditada al respecto, aunque sea

equivocada, indicando por qué se tienen dudas sobre la misma.

Horarios de tutoría y datos de contacto

Para cualquier consulta personal o telefónica los profesores del equipo docente estarán disponibles en los dìas y horas que se indican a continuación, excepto en vacaciones académicas. En caso de que el día correspondiente sea festivo, la tutoría se desplazará al siguiente día lectivo.

Profesor: Javier Rodríguez Laguna jrlaguna@fisfun.uned.es
Tel.: 91 398 71 43.
Miércoles de 16 a 20 h.
Profesora: Eva María Fernández emfernandez@fisfun.uned.es
Tel.: 91 398 88 63.
Miércoles de 11 a 13 y de 15 a 17 h.
Dirección postal.
Facultad de Ciencias, UNED, Las Rozas.

TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

En el enlace que aparece a continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura. Estas pueden ser:

- **Tutorías de centro o presenciales**: se puede asistir físicamente en un aula o despacho del centro asociado.
- **Tutorías campus/intercampus**: se puede acceder vía internet.

Consultar horarios de tutorización de la asignatura 61044075

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

Además de su interés para comprender los desarrollos científicos actuales, la asignatura de Mecánica Cuántica desarrolla las competencias en matemáticas, física y teoría de la computación, contribuyendo notablemente a la madurez científica de los/as estudiantes.

Competencias genericas del Grado

CG01 Capacidad de análisis y síntesis
CG02 Capacidad de organización y planificación
CG03 Comunicación oral y escrita en la lengua nativa
CG04 Conocimiento de inglés científico en el ámbito de estudio
CG05 Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio
CG06 Capacidad de gestión de información
CG07 Resolución de problemas
CG09 Razonamiento crítico
CG10 Aprendizaje autónomo
CG11 Adaptación a nuevas situaciones

Competencias específicas

CE01 Tener una buena comprensión de las teorías físicas más importantes: su estructura lógica y matemática, su soporte experimental y los fenómenos que describen; en especial,

tener un buen conocimiento de los fundamentos de la física moderna

CE02 Saber combinar los diferentes modos de aproximación a un mismo fenómeno u objeto de estudio a través de teorías pertenecientes a áreas diferentes

CE04 Ser capaz de identificar las analogías en la formulación matemática de problemas físicamente diferentes, permitiendo así el uso de soluciones conocidas en nuevos problemas

CE05 Ser capaz de entender y dominar el uso de los métodos matemáticos y numéricos más comúnmente utilizados, y de realizar cálculos de forma independiente, incluyendo cálculos numéricos que requieran el uso de un ordenador y el desarrollo de programas de software

CE07 Ser capaz de identificar los principios físicos esenciales que intervienen en un fenómeno y hacer un modelo matemático del mismo; ser capaz de hacer estimaciones de órdenes de magnitud y, en consecuencia, hacer aproximaciones razonables que permitan simplificar el modelo sin perder los aspectos esenciales del mismo

CE08 Ser capaz de adaptar modelos ya conocidos a nuevos datos experimentales

CE09 Adquirir una comprensión de la naturaleza y de los modos de la investigación física y de cómo ésta es aplicable a muchos campos no pertenecientes a la física, tanto para la comprensión de los fenómenos como para el diseño de experimentos para poner a prueba las soluciones o las mejoras propuestas

CE10 Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía sobre física y demás literatura técnica, así como cualesquiera otras fuentes de información relevantes para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos

CE11 Ser capaz de trabajar con un alto grado de autonomía y de entrar en nuevos campos de la especialidad a través de estudios independientes

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Dominar el álgebra de operadores en espacios de Hilbert.
- Dominar la aplicación de los postulados de la Mecánica Cuántica en el análisis de sistemas cuánticos sencillos, tanto discretos como continuos.
- Reconocer las situaciones físicas que deben describirse mediante estados mezcla y aplicar correctamente el formalismo de la matriz densidad.
- Deducir propiedades de los sistemas cuánticos a partir de un estudio de sus simetrías.
- Relacionar la física de un sistema cuántico con la de su análogo clásico, cuando éste existe.
- Utilizar los medios de aproximación más convenientes para un problema dado.
- Reconocer el potencial tecnológico del entrelazamiento cuántico.
- Reconocer la necesidad de una teoría cuántica relativista, así como las limitaciones del formalismo de una sola parítcula.

CONTENIDOS

Tema 1.- Mecánica cuántica en sistemas discretos

Tema 2.- Matriz densidad y entrelazamiento

Tema 3.- Tecnologías cuánticas

Tema 4.- Mecánica cuántica en sistemas continuos

Tema 5.- Sistemas cuánticos continuos

Tema 6.- El límite clásico

Tema 7.- Mecánica cuántica relativista

METODOLOGÍA

La docencia de la asignatura se desarrolla de acuerdo a la metodología de la enseñanza a distancia característica de la UNED, en la que el trabajo autónomo personal y continuado del estudiante es esencial. El curso se estructura en base a la plataforma virtual de la UNED, que apoya este estudio autónomo mediante el Curso Virtual, en el que se ofrecen:

- ***Foros de debate*** por cada uno de los temas, con intención de ayudar a generar debate entre los estudiantes acerca de conceptos o aplicaciones y, como consecuencia, mejorar el aprendizaje. Al plantear preguntas en los foros (dudas de teoría, ejercicios, problemas, etc.), tanto las dudas como las respuestas pueden ser también útiles para el resto de los estudiantes. Se pretende que en esos foros se inicien debates planteando dudas o preguntas libremente, pero siempre proponiendo una respuesta meditada al respecto, aunque sea equivocada, indicando por qué no se tiene seguridad sobre la misma.
- ***Herramientas de comunicación*** del Curso Virtual, donde los alumnos pueden plantear sus dudas y consultas al Equipo Docente.
- El ***Material básico de la asignatura***, que discute en detalle cada uno de los temas e incluye ejercicios resueltos de los temas.
- La realización de ***Pruebas de evaluación continua*** (PECs) que se propondrán a través del curso virtual, con el objetivo de incentivar el estudio de la asignatura. Sobre este punto, consúltese el apartado *Sistema de Evaluación*.

•También se ofrece en el curso virtual una distribución temporal (estimativa) de las diversas actividades del curso y una estimación del tiempo que se debe dedicar a cada tema. Siguiendo el esquema temporal, adaptado a sus circunstancias personales, el estudiante abordará de forma autónoma el estudio de los contenidos de la asignatura.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	
Duración del examen	120 (minutos)

Material permitido en el examen

Calculadora científica no programable.

Criterios de evaluación

Se valorará la consecución de soluciones correctas a los problemas o cuestiones planteados.

Se valorará una justificación adecuada y una exposición correcta y clara de cada uno de los pasos no triviales en la solución de los problemas o cuestiones planteados.

La puntuación de cada pregunta se indicará en el enunciado del examen, aunque debe de tenerse en cuenta que la evaluación del examen es global.

% del examen sobre la nota final	100
Nota del examen para aprobar sin PEC	5
Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC	10
Nota mínima en el examen para sumar la PEC	5

Comentarios y observaciones

La calificación de las pruebas de evaluación continua se añadirá a la calificación de la Prueba Presencial siempre que en ésta se obtenga una calificación superior a 5 puntos. Si no se aprueba el examen presencial el estudiante no podrá aprobar la asignatura.

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC?	Si

Descripción

La **primera prueba (PEC-1)** consiste en una prueba objetiva (cuestiones cortas de respuesta múltiple), *on line*, sobre la materia correspondiente a la parte del temario que, según el calendario del curso, se haya impartido en el momento en el que se celebra la prueba. La contribución máxima de esta prueba a la calificación final de la asignatura es de 0.5 puntos, siempre que se apruebe la prueba presencial.

En la segunda prueba (PEC-2) el estudiante responderá, en un plazo de varios días, a una serie de enunciados propuestos. La descarga de los enunciados y la presentación de la solución se realizará a través de la plataforma virtual. En el Curso Virtual se notificará tanto la fecha de comienzo de la actividad como la de su entrega. Esta prueba tendrá una contribución máxima a la calificación final de la asignatura de 1.5 puntos, siempre que se apruebe la prueba presencial.
La calificación obtenida en la evaluación continua durante el curso se conservará para la convocatoria extraordinaria de septiembre.

Criterios de evaluación

- La PEC1 se califica de manera automática de 0 a 10 puntos, aportando cada respuesta correcta 1 punto. Se penalizarán los errores.
- La PEC2 será calificada siguiendo los mismos criterios que la corrección del examen presencial: el estudiante debe explicar con claridad los pasos y discutir los resultados, definiendo todas las variables que use y explicando las aproximaciones, notación y fórmulas que utilice.

Ponderación de la PEC en la nota final: Suma hasta un máximo de 2 puntos.

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

La PEC1 se realizará aproximadamente a finales de noviembre.
La PEC2 se realizará a finales de diciembre, aproximadamente.

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s?: No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación en la nota final: 0

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

La calificación final de la asignatura, si el examen presencial ha superado los 5 puntos, será la suma de la nota del examen presencial más la de la evaluación continua (en la que la PEC1 suma hasta 0.5 puntos, y la PEC2 hasta 1.5 puntos).
Si no aprueba el examen presencial, el estudiante no podrá aprobar la asignatura.

La calificación obtenida en las pruebas de evaluación continua durante el curso se conservará para la convocatoria extraordinaria de septiembre, pero no se abrirá un nuevo plazo de entrega de las mismas de cara a la convocatoria extraordinaria. Si el estudiante se presenta a la prueba presencial extraordinaria y aprueba el examen, su nota final será la suma de ambas calificaciones.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

El material básico estará a disposición de los estudiantes en el Curso virtual de la asignatura, e incluirá todos los contenidos básicos de la misma.
Por otra parte, en la bibliografía complementaria se detallan textos para un mejor conocimiento de la asignatura y una profundización en sus contenidos.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Pasamos a listar una serie de libros de texto adicionales sobre mecánica cuántica con un nivel similar al del presente curso:
P. García González, J. E. Alvarellos, J. J García Sanz, *Introducción al formalismo de la mecánica cuántica*, Cuadernos de la UNED (2007). Proporciona un valioso refuerzo del marco matemático de la mecánica cuántica.
T. Banks, *Quantum mechanics: an introduction*, CRC Press (2019). Un enfoque moderno, muy completo y próximo a la investigación contemporánea.
C. Cohen-Tannoudji, B. Liu, F. Laloë, *Quantum mechanics*, Wiley interscience (1977). Un libro especialmente didáctico, con muchos ejemplos resueltos. Recientemente ha salido el volumen III, que estudia temas de entrelazamiento.
L. de la Peña, *Introducción a la mecánica cuántica*, Fondo de Cultura Económica (2006). Uno de los libros más completo de mecánica cuántica en castellano. Contiene gran cantidad de problemas resueltos.
L. E. Ballentine, *Quantum mechanics: a modern development*, World Scientific (1998). Un libro que destaca por su análisis del problema de la medición.
M. A. Nielsen, I. L. Chuang, *Quantum information and quantum computation*, Cambridge Univ. Press (2000). Aunque centrado en información y computación cuántica, también ofrece una exposición muy interesante del formalismo de la matriz densidad y el entrelazamiento, con muchos ejemplos resueltos.

M. Le Bellac, *A short introduction to quantum information and quantum computation*, Cambridge Univ. Press (2006). Una exposición sencilla de los temas de información y computación cuántica.
R. Shankar, *Principles of quantum mechanics*, Plenum Press (1994). Proporciona una introducción muy interesante al formalismo, límite clásico, simetrías, WKB y teoría cuántica relativista.
También podemos recomendar estos libros a nivel divulgativo o histórico:
R.P. Feynman, *Electrodinámica cuántica: la extraña teoría de la luz y la materia*, Alianza Universidad (2004). Una introducción sencilla y amena a la integral de camino, que cubre esa parte del tema 6.
A. D. Aczel, *Entrelazamiento*, Ed. Crítica (2004). Un libro ameno que introduce muchos conceptos modernos con perspectiva histórica.
L. Susskind, A. Friedman, *Quantum Mechanics, the theoretical minimum*, Basic Books (2014). Parte del conocido *mínimo teórico* de Leonard Susskind, una gran introducción a los conceptos básicos de la mecánica cuántica.
J. S. Bell, *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*, Cambridge Univ. Press (2004). Colección de artículos clave en la creación de la moderna visión de la mecánica cuántica. Hay traducción
española, J. S. Bell, *Lo decible y lo indecible en mecánica cuántica*, Alianza Editorial, colección Alianza Universidad.
A. Cassinello, J.L. Sánchez Gómez, *La realidad cuántica*, Crítica (2013).

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Los alumnos dispondrán de diversos medios de apoyo al estudio, que se ofrecen a través del Curso virtual de la asignatura.
- En el Curso virtual, el estudiante tiene a su disposición el material didáctico básico de la asignatura (consulte el apartado de Bibliografía básica para más información).
- El Curso Virtual tiene herramientas para establecer contacto con sus compañeros y con el Equipo docente de la Sede Central. En particular, están los *Foros de debate*, que sirven para compartir las dudas y los comentarios acerca de los distintos temas de la asignatura entre los miembros del curso.
- Además, el estudiante puede consultar en las bibliotecas de los Centros Asociados al menos una parte de la bibliografía complementaria.
- Recomendamos ciertos canales de Youtube como apoyo adicional, sobre todo a nivel motivacional. Por ejemplo, el canal de Youtube del Instituto de Física Teórica (IFT, UAM-CSIC), donde colabora parte de este equipo docente.

IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.