

# GUÍA DOCENTE

## **MECÁNICA CUÁNTICA AVANZADA**

### **Grado de Física**

Cuarto Curso

**I.- DATOS INICIALES DE IDENTIFICACIÓN**

<b>Nombre de la asignatura:</b>	Mecánica Cuántica Avanzada
<b>Nombre de la materia:</b>	Complementos de Física
<b>Carácter:</b>	Optativa
<b>Titulación:</b>	GRADUADO/A EN FÍSICA
<b>Profesor:</b>	Pilar Hernández

**II.- INTRODUCCIÓN A LA ASIGNATURA**

Créditos ECTS asignados: 6

Duración temporal: Cuatrimestral

Ubicación en la titulación: 4º curso

**Objetivos:**

La asignatura tiene como objetivo profundizar en el conocimiento de la mecánica cuántica con el objetivo de tratar cuantitativamente algunas aplicaciones comunes, así como desarrollar los métodos de uso general que serán importantes en asignaturas más especializadas del segundo cuatrimestre como la Física Nuclear y de Partículas, el Estado Sólido o la Teoría Cuántica de Campos.

**Relación con asignaturas anteriores:**

Esta asignatura usará conceptos estudiados en las asignaturas de años anteriores: Mecánica, Métodos Matemáticos, Física Cuántica. La segunda parte del curso además asumiría el conocimiento de los fundamentos de la Mecánica Cuántica estudiados en la asignatura troncal de Mecánica Cuántica.

**Relación con las asignaturas posteriores:**

Los contenidos de esta asignatura tendrían aplicaciones en las siguientes asignaturas: Estado Sólido, Óptica Cuántica, Física Nuclear y de Partículas, y finalmente la introducción a la Teoría Cuántica de Campos.

### III.- VOLUMEN DE TRABAJO

**Semanas de trabajo:** 15 semanas

**Horas de trabajo del alumno:** 25 por crédito ECTS

**Horas Totales:** 150

TIPO DE ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS
Asistencia a clases teóricas	3 horas/semana x 15 semanas	45
Asistencia a seminario práctico	1 hora/semana x 15 semanas	15
Estudio-preparación contenidos teórico- prácticos	Teoría:	40
	Problemas:	47
	Tutorías individuales	3
<b>TOTAL VOLUMEN DE TRABAJO</b>		150

### IV.- OBJETIVOS GENERALES

En la primera parte se analizará la relevancia y las consecuencias de las simetrías espacio-temporales en los sistemas cuánticos: simetría de rotaciones, paridad e inversión temporal. En segundo lugar se hará una introducción al formalismo de la teoría cuántica de la dispersión. Se introducirá el concepto de sección eficaz en mecánica cuántica y se estudiará el desarrollo de esta en ondas parciales, en términos de las amplitudes y fases de dispersión, así como la aproximación de Born. En la tercera parte del curso se aplicarán estos conocimientos para estudiar en profundidad alguno de los fenómenos cuánticos que involucran partículas cargadas en campos electromagnéticos. Estudiaremos la simetría gauge y el efecto Aharonov-Bohm. Consideraremos el efecto fotoeléctrico en la aproximación semiclásica y analizaremos sus limitaciones. Finalmente estudiaremos la cuantización del campo electromagnético, el concepto de fotón y describiremos cuantitativamente el fenómeno de la desintegración espontánea.

### V.- CONTENIDOS MÍNIMOS

- Simetrías en Mecánica Cuántica y sus consecuencias. Teorema de Wigner. Simetría continuas. Grupo de rotaciones: generadores, operador de rotación, representaciones irreducibles, spin. Leyes de conservación. Adición del momento angular. Operadores tensoriales. Teorema de Wigner-Eckart.
- Simetrías discretas: paridad, inversión temporal. Reglas de selección.
- Teoría de colisiones. Sección eficaz. Análisis en ondas parciales. Amplitud de dispersión. Fase de dispersión. Teorema óptico. Aproximación de Born y serie de Born. Resonancias.
- Partículas cuánticas en campos electromagnéticos. Simetría gauge. Efecto Aharonov-Bohm. Aproximación semiclásica: efecto fotoeléctrico.
- Teoría cuántica de la radiación. Conexión con el espacio de Fock: fotones. Desintegración espontánea de niveles atómicos.

## VI.- DESTREZAS QUE SE DEBEN ADQUIRIR

- Comprender el origen y la importancia de las simetrías espacio-temporales (rotaciones, paridad, inversión temporal) en sistemas cuánticos
- Saber como actúan las simetrías en sistemas cuánticos
- Comprender el concepto de spin y su generalización
- Entender y ser capaz de relacionar las bases de estados producto e irreducibles de momento angular
- Entender las implicaciones de las simetrías en el Hamiltoniano y ser capaz de simplificar problemas con simetrías
- Comprender el concepto de operador tensorial irreducible. Ser capaz de descomponer operadores tensoriales cartesianos en tensores irreducibles
- Ser capaz de usar el teorema de Wigner-Eckart para relacionar elementos de matriz de operadores tensoriales irreducibles
- Conocer y ser capaz de utilizar las reglas de selección de paridad e inversión temporal
- Comprender el concepto de sección eficaz clásica y cuántica
- Comprender el desarrollo en ondas parciales y los conceptos de amplitud y fase de dispersión. Ser capaz de calcularlas en problemas sencillos.
- Comprender y utilizar la aproximación de Born
- Conocer el Hamiltoniano que describe la interacción de partículas cuánticas con campos electromagnéticos
- Comprender la simetría gauge y saber como se hace un cambio de gauge en un sistema cuántico
- Comprender la limitación de la aproximación semiclásica y la necesidad de cuantizar el campo electromagnético
- Comprender la cuantización del campo electromagnético como un conjunto de osciladores armónicos
- Comprender la relación entre el campo cuántico y el espacio de Fock de un sistema de partículas cuánticas idénticas, que lleva al concepto de fotón
- Ser capaz de calcular las probabilidades de desintegración espontánea de niveles atómicos del átomo de Hidrógeno en la aproximación dipolar

## VII.- HABILIDADES SOCIALES O TRANSVERSALES

- Desarrollar la capacidad analítica para resolver problemas empleando el método científico y el suficiente rigor matemático
- Desarrollar la capacidad de relacionar conceptos relevantes en muchas áreas de la física
- Desarrollar la capacidad de formular preguntas relevantes acerca del funcionamiento de los sistemas físicos en el régimen cuántico
- Desarrollar la intuición para plantear soluciones a los problemas mediante aproximaciones o relacionándolos con otros conocidos
- Desarrollar la capacidad de planificar y organizar el propio aprendizaje
- Potenciar el uso del inglés científico mediante el uso de bibliografía y otras fuentes de información
- Fomentar la capacidad para trabajar en equipo
- Potenciar la adquisición de recursos de expresión oral y escrita para realizar una argumentación científica coherente
- Potenciar el uso de las nuevas tecnologías de la información

## VIII.- TEMARIO Y PLANIFICACIÓN TEMPORAL

La planificación que se muestra a continuación es lógicamente orientativa ya que, dependiendo del ritmo de adquisición de competencias de los alumnos y del grado de madurez de sus conocimientos previos, puede resultar conveniente (o necesario) reajustar el cronograma siguiente.

	TEMA	Num. semanas
1	<b>Simetrías en Mecánica Cuántica.</b> Teorema de Wigner. Simetrías continuas. Generadores. Leyes de conservación. Grupo de rotaciones. Representaciones irreducibles. Suma de momento angular. Operadores tensoriales irreducibles. Teorema de Wigner-Eckart. Paridad, inversión temporal. Reglas de selección.	6
2	<b>Teoría de colisiones.</b> Dispersión en potenciales centrales. Sección eficaz diferencial. Desarrollo en ondas parciales. Amplitud de dispersión y fase de dispersión. Teorema óptico. Aproximación de Born. Serie de Born. Dispersión de partículas idénticas. Ecuación de Lippmann-Schwinger. Funciones de Green. Matriz S.	4
3	<b>Sistemas de muchas partículas idénticas.</b> Conexión spin-estadística. Segunda cuantización. Espacio de Fock. Operadores de creación y destrucción. Operadores de campo.	1
4	<b>Partículas cuánticas en campos electromagnéticos.</b> Hamiltoniano de interacción materia radiación. Término de Pauli. Simetría Gauge. Efecto Aharonov-Bohm. Aproximación semiclásica: efecto fotoeléctrico. Cuantización del campo electromagnético. Fotones. Emisión espontánea en la aproximación dipolar eléctrica.	4

## IX.- BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA

- Principles of Quantum Mechanics, Shankar, Editorial Plenum
- Modern Quantum Mechanics, J.J. Sakurai, Editorial Addison Wesley
- Quantum Mechanics, Griffiths, Editorial Prentice Hall

## X.- CONOCIMIENTOS PREVIOS

Para cursar esta asignatura es conveniente que los estudiantes hayan cursado previamente as siguientes materias: Mecánica, Física Cuántica, Electromagnetismo, Mecánica Cuántica, Matemáticas, Métodos Matemáticos.

## XI.- METODOLOGÍA

Durante el período lectivo se impartirán cuatro clases semanales, que se distribuirán en tres clases teóricas y una práctica:

- **Clases teóricas de pizarra.**  
Las clases teóricas serán, en general, de carácter magistral y en ellas se expondrán los contenidos de la asignatura expuestos más arriba. Se hará especial hincapié en la aplicación de los conocimientos teóricos a la solución de cuestiones y problemas. Se resolverán sistemas físicos sencillos como ejemplo de los métodos teóricos generales estudiados y se compararán los resultados con los datos experimentales.
- **Clases prácticas de pizarra.**  
En la clase práctica semanal se resolverán problemas de cada tema de la asignatura. El profesor entregará a los alumnos previamente una colección de problemas de cada capítulo. Estos problemas se asignarán de forma individual y voluntaria a los estudiantes, y serán desarrollados por ellos/ellas durante la clase práctica.

## XII.- EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

**1) Exámenes escritos:** una parte evaluará la comprensión de los aspectos teórico-conceptuales y el formalismo de la materia, tanto mediante preguntas teóricas como a través de cuestiones conceptuales y numéricas o casos particulares sencillos. Otra parte valorará la capacidad de aplicación del formalismo, mediante la resolución de problemas, así como la capacidad crítica respecto a los resultados obtenidos. En ambas partes se valorarán una correcta argumentación y una adecuada justificación.

**2) Evaluación continua:** valoración de trabajos y problemas presentados por los estudiantes, cuestiones propuestas y discutidas en el aula, presentación oral de problemas resueltos o cualquier otro método que suponga una interacción entre docentes y estudiantes.

