

**FICHA IDENTIFICATIVA****Datos de la Asignatura**

<b>Código</b>	34259
<b>Nombre</b>	Física Cuántica I
<b>Ciclo</b>	Grado
<b>Créditos ECTS</b>	6.0
<b>Curso académico</b>	2023 - 2024

**Titulación(es)**

<b>Titulación</b>	<b>Centro</b>	<b>Curso</b>	<b>Periodo</b>
1105 - Grado en Física	Facultad de Física	3	Primer cuatrimestre
1928 - Doble Grado en Física y Matemáticas	Doble Grado en Física y Matemáticas	4	Primer cuatrimestre
1929 - Doble Grado en Física y Química	Doble Grado en Física y Química	3	Primer cuatrimestre

**Materias**

<b>Titulación</b>	<b>Materia</b>	<b>Caracter</b>
1105 - Grado en Física	13 - Física Cuántica	Obligatoria
1928 - Doble Grado en Física y Matemáticas	4 - Cuarto Curso (Obligatorio)	Obligatoria
1929 - Doble Grado en Física y Química	3 - Tercer Curso (Obligatorio)	Obligatoria

**Coordinación**

<b>Nombre</b>	<b>Departamento</b>
HERNANDEZ GAMAZO, M PILAR	185 - Física Teórica
TORTOLA BAIXAULI, M. AMPARO	185 - Física Teórica
VIVES GARCIA, OSCAR MANUEL	185 - Física Teórica

**RESUMEN**

Los orígenes de la Física Cuántica, física cuántica elemental, ecuación de Schrödinger en una dimensión, observables cuánticos: operadores y medida, potenciales unidimensionales, efecto túnel y penetración en zonas clásicamente prohibidas, estados ligados: el pozo cuadrado finito e infinito, el oscilador armónico.

**- Objetivos:**

El objetivo de esta asignatura es familiarizar al alumnado con los fenómenos cuánticos y sus propiedades fundamentales e introducir las técnicas matemáticas básicas para formalizar la descripción de los mismos en una teoría lógicamente consistente.

**- Relación con otras materias previas:**

Es muy recomendable que el alumnado haya cursado previamente las asignaturas de Matemáticas, Álgebra y Geometría, que proporciona el bagaje algebraico necesario para la descripción formal de la Física Cuántica como espacios vectoriales, productos internos, matrices, determinantes, operadores lineales y su diagonalización; Cálculo, en la que se estudia cálculo integral y diferencial, y se introducen las ecuaciones diferenciales; Métodos Matemáticos, en la que se profundiza en la resolución de las ecuaciones diferenciales que aparecen en multitud de problemas cuánticos y se introducen las transformadas de Fourier y el método de separación de variables; Física General, donde se establecen los fundamentos de la física que se estudiará más profundamente en este curso; Mecánica y Ondas, en la que se desarrollan conceptos fundamentales para la Física Cuántica como la formulación lagrangiana y hamiltoniana, el movimiento ondulatorio y la descripción de las propiedades de las ondas, y Termodinámica y Física Estadística, donde se discuten los fundamentos de la Física Estadística de Boltzmann, Maxwell y Gibbs, cuya influencia en la génesis de la Física Cuántica fue capital.

Mención especial merece la asignatura de Laboratorio de Física Cuántica, encuadrada en la materia Laboratorios Experimentales de Física. En ella el alumnado realiza algunas de las experiencias más importantes que dieron lugar al desarrollo de las ideas cuánticas. Durante las tres primeras semanas del curso de Física Cuántica I se estudian los orígenes, las bases experimentales y los conceptos fundamentales de la llamada Física Cuántica Antigua, previa a la formulación de Schrödinger, y se describen con detalle las experiencias del Laboratorio de Física Cuántica. Es, pues, imprescindible cursar esta materia en paralelo con Física Cuántica I.

**- Relación con otras materias futuras:**

El curso de Física Cuántica II se basa en el conocimiento adquirido en la asignatura de Física Cuántica I. Deben cursarse, pues, en ese orden. Además, muchas son las asignaturas de cuarto curso del Grado en Física que se basan en los conceptos aprendidos en el curso de Física Cuántica. Citaremos, entre las más importantes, las asignaturas de Mecánica Cuántica, Física Nuclear y de Partículas, Física del Estado Sólido y Teoría Cuántica de Campos.

**CONOCIMIENTOS PREVIOS****Relación con otras asignaturas de la misma titulación**

No se han especificado restricciones de matrícula con otras asignaturas del plan de estudios.



### Otros tipos de requisitos

- Conocimientos matemáticos:

1. Espacios vectoriales.
2. Productos internos: espacios vectoriales euclídeos.
3. Operadores lineales: hermíticos y unitarios.
4. Matrices y determinantes.
5. Diagonalización de operadores lineales y matrices.
6. Transformadas de Fourier.
7. Delta de Dirac.
8. Solución de ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes.
9. Solución de ecuaciones diferenciales mediante expansiones en series de potencias.

### COMPETENCIAS (RD 1393/2007) // RESULTADOS DEL APRENDIZAJE (RD 822/2021)

#### 1105 - Grado en Física

- Poseer y comprender los fundamentos de la Física en sus aspectos teóricos y experimentales, así como el bagaje matemático necesario para su formulación.
- Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la actividad profesional, saber resolver problemas y elaborar y defender argumentos, apoyándose en dichos conocimientos.
- Ser capaz de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios.
- Resolución de problemas: Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, de desarrollar una percepción de las situaciones que son físicamente diferentes pero que muestran analogías, permitiendo, por lo tanto, el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.
- Comprensión teórica de fenómenos físicos: tener una buena comprensión de las teorías Físicas más importantes (estructura lógica y matemática, apoyo experimental, fenómenos físicos descritos).
- Modelización y resolución de problemas: Ser capaz de identificar los elementos esenciales de un proceso/situación y de establecer un modelo de trabajo del mismo. Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable. Pensamiento crítico para construir modelos físicos.
- Cultura General en Física: Haberse familiarizado con las áreas más importantes de la Física y con enfoques que abarcan y relacionan diferentes áreas de la Física, así como relaciones de la Física con otras ciencias.
- Destrezas generales y específicas en lenguas extranjeras: Haber mejorado el dominio del inglés (o de otra lengua extranjera de interés) a través de: acceso a bibliografía fundamental, comunicación oral y escrita (inglés científico-técnico), cursos, estudios en el extranjero, reconocimiento de créditos en universidades extranjeras etc.



- Capacidad de aprendizaje: Ser capaz de iniciarse en nuevos campos de la Física y de la ciencia y tecnología en general, a través del estudio independiente.
- Comunicación oral y escrita: Ser capaz de transmitir información, ideas, problemas y soluciones mediante la argumentación y el razonamiento propios de la actividad científica, utilizando los conceptos y herramientas básicas de la Física.
- Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

## **RESULTADOS DE APRENDIZAJE (RD 1393/2007) // SIN CONTENIDO (RD 822/2021)**

- Conocer y comprender los límites de la Física Clásica y las bases experimentales de la Física Cuántica.
- Entender los conceptos fundamentales en la descripción de los fenómenos cuánticos: la cuantización de la energía, la dualidad onda-corpúsculo, las reglas de cuantización, la medida de observables cuánticos y las relaciones de incertidumbre.
- Manejo de las unidades típicas de la escala atómica (eV, Angstroms, etc.).
- Adquirir el concepto de función de onda y su interpretación probabilística.
- Conocer cómo calcular los valores posibles de la medida de un observable cuántico así como las probabilidades relativas de los diferentes resultados y su valor medio.
- Saber describir los sistemas cuánticos mediante el planteamiento correcto de la ecuación de Schrödinger correspondiente.
- Ser capaz de resolver la ecuación de Schrödinger para problemas unidimensionales. Específicamente, saber calcular los coeficientes de transmisión y reflexión en problemas de dispersión, y la función de onda y los niveles energéticos en los problemas de estados ligados.



- Determinar la evolución temporal de un sistema a partir de sus soluciones estacionarias.
- Utilizar las simetrías (paridad, periodicidad, rotaciones) del problema en cuestión para simplificar su solución y entender más profundamente los resultados.

## DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

### 1. Introducción

Dominio de la Física Cuántica. Límites de aplicabilidad de la Física Clásica: la constante de Planck. Las constantes fundamentales de la naturaleza. Unidades naturales.

### 2. Cuantos de energía: el postulado de Planck

Radiación del cuerpo negro. Postulado de Planck: cuantos de energía. Calor específico de los sólidos: modelos de Einstein y Debye.

### 3. Dualidad onda-corpúsculo: fotones

El efecto fotoeléctrico. Emisión de Rayos X. Efecto Compton. Producción y aniquilación de pares. Dualidad onda-corpúsculo: Principio de indeterminación.

### 4. Modelos atómicos: la vieja teoría cuántica

Espectros atómicos. El átomo de Rutherford. El modelo atómico de Bohr. Principio de Correspondencia. Experiencia de Franck-Hertz. Reglas de cuantización generalizadas.

### 5. Dualidad onda-corpúsculo para la materia

Dualidad onda-corpúsculo de la materia: Postulado de De Broglie. Experimento de Davisson-Germer. Paquetes de onda.

### 6. Mecánica cuántica

Introducción. La mecánica cuántica de Heisenberg y de Schrödinger. Ecuación de Schrödinger. Interpretación de Born de la función de onda. Ecuación de continuidad: conservación de la probabilidad. Estados estacionarios. Superposición de estados estacionarios.



## 7. Distribuciones de probabilidad

Valor medio o valor esperado. Magnitudes dinámicas en Física Cuántica. El límite clásico: Teoremas de Ehrenfest. Operadores hermíticos. Observables y probabilidades generalizadas.

## 8. Valores esperados e incertidumbres

Introducción. La incertidumbre cuántica. Relaciones de incertidumbre generalizadas. Relación de incertidumbre energía-tiempo. Anchura natural de los niveles energéticos.

## 9. Problemas unidimensionales

Movimiento clásico en una dimensión. Propiedades de las funciones propias del hamiltoniano. Soluciones para un potencial constante. Escalón de potencial. Evolución temporal.

## 10. Dispersión por barreras y pozos

Penetración de barreras: Efecto Túnel. Emisión de partículas alfa por núcleos. Fusión termonuclear. Corriente de electrones en metales: fórmula de Fowler-Nordheim. El microscopio de efecto túnel. Transmisión por barreras. Transmisión por pozos: Efecto Ramsauer-Townsend.

## 11. Estados ligados

Potencial delta de Dirac. Pozo cuadrado: energías discretas (estados ligados). Pozo cuadrado infinito. Paridad. Polos de la amplitud de transmisión. Resonancias de transmisión.

## 12. El oscilador armónico

Estados estacionarios. Polinomios de Hermite y valores permitidos de la energía. Mecánica matricial: operadores creación-destrucción. Probabilidad clásica y cuántica. Teorema del Virial. Energía de vibración de moléculas diatómicas. Funciones de onda en Mecánica matricial.



## VOLUMEN DE TRABAJO

ACTIVIDAD	Horas	% Presencial
Clases de teoría	45,00	100
Tutorías regladas	15,00	100
Estudio y trabajo autónomo	31,00	0
Preparación de clases prácticas y de problemas	59,00	0
<b>TOTAL</b>	<b>150,00</b>	

## METODOLOGÍA DOCENTE

### Docencia presencial 40%:

Clases teórico-prácticas: se abordan los aspectos conceptuales y formales de la materia y la resolución de problemas o casos como aplicación de los conceptos teóricos. Se combinará la lección magistral dialogada con metodología de clase inversa y el uso de herramientas docentes como demostraciones experimentales, animaciones o videos, representación gráfica de soluciones, proyección de presentaciones, etc.

Sesiones de tutorías grupales o de trabajo en grupos reducidos: centradas en el trabajo del alumnado: resolución de dudas surgidas al enfrentarse a los conceptos teóricos y a la resolución de problemas, refuerzos de aspectos en los que se encuentran mayor dificultad, cuestionarios de carácter conceptual, demostraciones experimentales pertinentes a los casos estudiados y, asociado a una componente de evaluación continua, verificación del progreso del alumnado en la materia.

### Trabajo personal del estudiantado 60%:

- Estudio de los fundamentos teóricos.
- Resolución de problemas (individualmente o en grupo)
- Tutorías individuales: consultas puntuales del estudiantado al personal docente sobre dudas y dificultades encontradas en el estudio y en la resolución de problemas, o discusión sobre temas de interés, bibliografía, etc.

## EVALUACIÓN

Los sistemas de evaluación son los siguientes:

1) Exámenes escritos: una parte evaluará la comprensión de los aspectos teórico-conceptuales y el formalismo de la asignatura, 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. Para aprobar la asignatura será necesario obtener al menos un 3 sobre 10 en cada una de las dos partes del examen.



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.

La calificación final del curso será:

- 1) la media ponderada de la nota del examen (75%) y la evaluación continua (25%), si la media es mayor que la nota del examen y la nota del examen es mayor que 4 (sobre 10),
- 2) la nota del examen en caso contrario.

OBSERVACIONES: Siempre que se cumplan los criterios de compensación que se establezcan por la CAT a tal efecto, la nota de esta asignatura se podrá promediar con la Física Cuántica II con objeto de superarla.

## REFERENCIAS

### Básicas

- D. J. Griffiths, Introduction to Quantum Mechanics, Ed. Pearson- Prentice-Hall.
- S. Gasiorowicz, Quantum Physics, Ed. John Wiley & Sons Inc.
- R. Eisberg, R. Resnick, Física Cuántica, Ed. Limusa.
- C. Sánchez del Río (Coord.), Física Cuántica, Ediciones Pirámide.
- N. Zettili, Quantum Mechanics: Concepts and Applications, John Wiley & Sons.
- P. A. Tipler, R. A. Llewellyn, Modern Physics, Ed. W. H. Freeman.

### Complementarias

- R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, Springer
- R. P. Feynman, The Feynman Lectures on Physics III, Ed. Addison-Wesley.