

**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> | 2019 - 2020       |

**Titulación(es)**

| <b>Titulación</b>      | <b>Centro</b>      | <b>Curso</b> | <b>Periodo</b>      |
|------------------------|--------------------|--------------|---------------------|
| 1105 - Grado en Física | Facultad de Física | 3            | Primer cuatrimestre |

**Materias**

| <b>Titulación</b>      | <b>Materia</b>       | <b>Caracter</b> |
|------------------------|----------------------|-----------------|
| 1105 - Grado en Física | 13 - Física Cuántica | Obligatoria     |

**Coordinación**

| <b>Nombre</b>                  | <b>Departamento</b>  |
|--------------------------------|----------------------|
| BOTELLA OLCINA, FRANCISCO JOSE | 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 tunel 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 alumno 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 alumno 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 del tercer curso, Laboratorios Experimentales de Física. En ella el alumno 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 la 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, pues, cursarse en ese orden. Además, muchas son las asignaturas de cuarto curso y del Máster, 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, Teoría Cuántica de Campos y Partículas Elementales.

## 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

Los conocimientos previos necesarios para el desarrollo de la asignatura los desglosaremos en dos grupos:

- 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 d



## COMPETENCIAS

### 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.
- Desarrollo de habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un elevado grado de autonomía.
- 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.
- 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.
- 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.
- Destrezas Generales y Específicas de Lenguas extranjeras: Mejorar el dominio del inglés científico-técnico mediante la lectura y acceso a la bibliografía fundamental de la materia.
- 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.
- Cultura General en Física: Haberse familiarizado con las áreas más importantes de la mecánica en relación con la Física en general, y con enfoques que abarcan y relacionan diferentes áreas de la Física.
- Comprensión teórica de fenómenos físicos: tener una buena comprensión de la Física Cuántica (estructura lógica y apoyo experimental, fenómenos físicos descritos).

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- 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 cuantificación de la energía, la dualidad onda-corpúsculo, las reglas de cuantificación, 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 como 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.

**13. Formalismo**

Espacio de Hilbert. Notación de Dirac. Cambio de base de estados y observables. Espectro discreto y continuo. Base de momento. Postulados de la mecánica cuántica.

**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 basan principalmente en la lección magistral dialogada 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 estudiante: 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 de los estudiantes en la materia.

**Trabajo personal del estudiante 60%:**

- Estudio de los fundamentos teóricos.
- Resolución de problemas (individualmente o en grupo)
- Tutorías individuales consultas puntuales del estudiante al 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.
- 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.

### OBSERVACIONES:

La calificación final 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.

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.
- R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, Springer
- S. Gasiorowicz, Quantum Physics, Ed. John Wiley & Sons Inc

### Complementarias

- R. P. Feynman, The Feynman Lectures on Physics III, Ed. Addison-Wesley.
- R. Eisberg y R. Resnick, Física Cuántica (átomos, moléculas, sólidos, núcleos y partículas), Ed. Limusa.

## ADENDA COVID-19



Esta adenda solo se activará si la situación sanitaria lo requiere y previo acuerdo del Consejo de Gobierno

