



## Proyecto docente de la asignatura

<b>Asignatura</b>	Física Cuántica		
<b>Titulación</b>	Grado en Física		
<b>Periodo de impartición</b>	Anual	<b>Tipo/Carácter</b>	Obligatoria
<b>Nivel/Ciclo</b>	GRADO	<b>Curso</b>	3º
<b>Créditos ECTS</b>	12 ECTS		
<b>Lengua en que se imparte</b>	Español e Inglés		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	David José González Fernández Andrés Vega Hierro		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	E-MAIL: david@liq1.fam.cie.uva.es <a href="mailto:avega@fta.uva.es">avega@fta.uva.es</a>		
<b>Horario de tutorías</b>	Véase <a href="http://www.uva.es">www.uva.es</a> → Centros → Campus de Valladolid → Facultad de Ciencias → Alumnos → Estudiantes → Tutorías		
<b>Departamento</b>	Física Teórica, Atómica y Óptica		



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

La asignatura *Física Cuántica* es fundamental para la formación de un graduado en Física, al constituir una de las bases fundamentales de la Física moderna. La Física Cuántica es un ingrediente fundamental en otras materias tales como la Física Nuclear, Física Atómica o Física del Estado Sólido. La asignatura *Física Cuántica* tiene el propósito de introducir al alumno en el marco conceptual necesario para el análisis y resolución de cualquier problema físico a nivel microscópico.

Dado que el alumno ya ha cursado varias asignaturas de Matemáticas, se le supone una familiaridad con la mayoría de las herramientas matemáticas necesarias en esta asignatura. Se utilizará una formulación matemática adaptada a un enfoque operacional, que logre que el alumno sea capaz de resolver problemas y entender los principios físico-cuánticos básicos.

### 1.2 Relación con otras materias

Las asignaturas relacionadas más directamente con la asignatura *Física Cuántica* son:

*Fundamentos de Física Cuántica y Estadística*: primer curso, básica, 6 ECTS segundo cuatrimestre, de los cuales 3 ECTS corresponden a la parte de Física Cuántica en la que el alumno entra en contacto con la fenomenología (cuerpo negro, efecto fotoeléctrico, espectros atómicos, ...). Estos 3 ECTS están asignados al área de Física Atómica, Molecular y Nuclear como prioritaria.

*Mecánica Cuántica*: cuarto curso, obligatoria, 6 ECTS. El alumno estudia en detalle el formalismo cuántico y entra en contacto con scattering cuántico y métodos aproximados. Los 6 ECTS están asignados al área de Física Atómica, Molecular y Nuclear como prioritaria.

*Física Nuclear y de Partículas*: cuarto curso, obligatoria, 6 ECTS segundo cuatrimestre. El alumno estudia las propiedades de los núcleos, radioactividad, reacciones nucleares y partículas elementales. Los 6 ECTS están asignados al área de Física Atómica, Molecular y Nuclear como prioritaria. Se requieren, entre otros, los conocimientos de *Física Cuántica* y *Mecánica Cuántica*.

*Física del Estado Sólido*: cuarto curso, obligatoria, 6 ECTS primer cuatrimestre. El alumno estudia la descripción de los sólidos cristalinos, estructura de bandas, propiedades electrónicas, dinámicas, de transporte y fenómenos cooperativos. Los 6 ECTS están asignados al área de Física de la Materia Condensada como prioritaria. Se requieren, entre otros, los conocimientos de *Física Cuántica* y *Mecánica Cuántica*.

*Técnicas experimentales en Física III*: tercer curso, obligatoria, 6 ECTS anuales de los cuales 2 ECTS se dedican a experimentos relacionados con la fenomenología Cuántica. Estos 2 ECTS están asignados al área de Física Atómica, Molecular y Nuclear como prioritaria. Se requieren, entre otros, los conocimientos de *Fundamentos de Física Cuántica* y *Estadística*.

*Técnicas experimentales en Física IV*: cuarto curso, obligatoria, 6 ECTS anuales de los cuales 1.5 ECTS se dedican a experimentos relacionados con la Física Nuclear. Estos 1.5 ECTS están asignados al área de Física Atómica, Molecular y Nuclear como prioritaria. Se requieren, entre otros, los conocimientos de *Fundamentos de Física Cuántica* y *Estadística*.

*Física Atómica*: cuarto curso, optativa, 6 ECTS. El alumno estudia una amplia variedad de propiedades de los átomos, espectroscopía, interacciones, así como las aproximaciones teóricas más relevantes. También se estudian los espectros de las moléculas diatómicas. Los 6 ECTS están asignados al área de Física Atómica, Molecular y Nuclear como prioritaria. Se requieren, entre otros, los conocimientos de *Física Cuántica* y *Mecánica Cuántica*.

*Óptica Cuántica*: cuarto curso, optativa, 6 ECTS. El alumno estudia la teoría cuántica de la radiación, coherencia, interacción radiación-materia y emisión de luz por átomos. Los 6 ECTS están asignados al área de Óptica como prioritaria. Se requieren, entre otros, los conocimientos de *Física Cuántica* y *Mecánica Cuántica*.



## Proyecto docente de la asignatura

---

El Grado también contiene en sus dos primeros cursos, diversas asignaturas de Matemáticas en donde se estudia análisis matemático en una y varias variables, álgebra y análisis vectorial, espacios lineales, ecuaciones diferenciales, teoría de funciones de variable compleja, funciones especiales, transformadas de Fourier, variables aleatorias etc.. Gran parte de estos contenidos aparecen como requisitos previos para cursar la asignatura de *Física Cuántica*.

### 1.3 Prerrequisitos

---

Conocimientos de álgebra y análisis vectoriales.

Teoría de funciones de variable compleja.

Análisis funcional, particularmente la transformada de Fourier.

Teoría de probabilidad y de métodos básicos de resolución de ecuaciones diferenciales.

## 2. Competencias

---

### 2.1 Transversales

---

T1: Capacidad de análisis y de síntesis.

T2: Capacidad de organización y planificación.

T3: Capacidad de comunicación oral y escrita.

T4: Capacidad de resolución de problemas.

T5: Capacidad de trabajar en equipo.

T7: Capacidad de trabajo y aprendizaje autónomo.

T8: Capacidad de adaptación a nuevas situaciones.

T9: Creatividad.

### 2.2 Específicas

---

E1: Adquirir una comprensión de la naturaleza de la investigación, de las formas en que se lleva a cabo y de cómo la investigación en Física es aplicable a muchos campos diferentes.

E2: Ser capaz de comparar nuevos datos experimentales con modelos disponibles para revisar su validez y sugerir cambios con el objeto de mejorar la concordancia de los modelos con los datos.

E3: Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, de desarrollar una clara percepción de las situaciones que son físicamente diferentes, pero que muestran analogías y, por lo tanto, permiten el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.

E4: Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable.



## Proyecto docente de la asignatura

---

E5: Tener una adecuada comprensión de las teorías físicas más importantes, de su estructura lógica y matemática y su soporte experimental.

E6: Ser capaz de integrar los conocimientos recibidos de las diferentes áreas de la Física para la resolución de un problema.

E7: Familiarizarse con los modelos experimentales más importantes, y ser capaz de realizar experimentos independientemente, así como describir, analizar y evaluar críticamente los datos.

### 3. Objetivos y Resultados de Aprendizaje

---

Manejar con soltura las unidades de la escala atómica.

Conocer las bases experimentales de la Física Cuántica.

Conocer el carácter onda-partícula de los fenómenos microscópicos

Conocer los conceptos de función de onda y entender la descripción de los fenómenos cuánticos -mediante la ecuación de Schrödinger.

Resolver la ecuación de Schrödinger para problemas unidimensionales sencillos.

Entender y aplicar los postulados básicos de la Mecánica Cuántica.

Analizar los experimentos conducentes a la introducción del espín.

Entender y aplicar el concepto de suma de momentos cinéticos.

Entender el comportamiento de las partículas idénticas y utilizar el principio de Pauli para la explicación de la tabla periódica.

Entender la explicación del enlace químico que aporta la Física Cuántica.

Aparte de los resultados del aprendizaje que hemos resumido, y que están reflejados en los contenidos de la asignatura, ésta debe servir también para que el alumno desarrolle competencias transversales y específicas.

### 4. Dedicación del estudiante a la asignatura

---

La asignatura tiene 12 ECTS, de los cuales 5.6 son créditos presenciales y están distribuidos de la forma siguiente: 2.4 corresponden a clases teóricas en aula (60 horas del alumno), 2.4 corresponden a clases de problemas en aula (60 horas del alumno), 0.4 para tutorías, seminarios y presentación de trabajos (10 horas del alumno) y 0.4 dedicados a sesiones de evaluación (10 horas del alumno). En cuanto a los 6.4 ECTS de trabajo personal del alumno (no presenciales), 5.6 son de estudio autónomo y resolución de problemas (140 horas) y 0.8 para preparación y redacción de trabajos y ejercicios (20 horas).

### 5. Bloques temáticos y Contenidos

---



- El nacimiento de la Física Cuántica. Breve reseña histórica: 1900-1925
- [Radiación térmica](#) y [postulado de Planck](#). Radiación térmica. [Cuerpo negro](#). Teoría clásica de la radiación del cuerpo negro. [Teoría de Planck](#) de la radiación del cuerpo negro.
- Propiedades corpusculares de la radiación. Fotones. [El efecto fotoeléctrico](#). Teoría de Einstein. [El efecto Compton](#). [Dualidad onda corpúsculo](#) para la radiación electromagnética.
- Propiedades ondulatorias de la materia. Experimento de interferencias de Young. [Hipótesis de De Broglie](#): ondas de materia. [Experimento de Davisson y Germer](#). Experimento de Thompson, [Dualidad onda-partícula](#). El Principio de indeterminación. [Principio de indeterminación](#) de Heisenberg. Indeterminación posición- momento. Indeterminación energía-tiempo. Algunas consecuencias del principio de indeterminación. Principio de complementaridad de Bohr. Propiedades de las ondas de materia.
- Modelos atómicos clásicos. [Modelo de Thompson](#). [Modelo de Rutherford](#). Estabilidad nuclear.
- [Modelo de Bohr](#). Espectro atómicos. Modelo atómico de Bohr. Niveles de energía y espectros atómicos. El principio de correspondencia
- La ecuación de [Schroedinger en una dimensión](#). Fenómenos ondulatorios y ecuaciones de onda en Física Clásica. [La función de onda](#). Necesidad de una ecuación de ondas diferencial. La ecuación de Schroedinger. Argumentos de plausibilidad. La interpretación probabilística de las funciones de onda. Separación de variables. [La ecuación de Schroedinger independiente del tiempo](#). Propiedades de las funciones propias
- Solución de la ecuación de Schroedinger independiente del tiempo. [Partícula libre](#). Ondas planas. Paquetes. Escalón de potencial. [Barrera de potencial](#). [Efecto túnel](#). [Pozo cuadrado finito](#). Cuantización de los niveles de energía. [Pozo cuadrado infinito](#). [El oscilador armónico](#) unidimensional
- La ecuación de [Schroedinger en tres dimensiones](#). Generalización de la ecuación de Schroedinger a tres dimensiones. Separación de variables en coordenadas cartesianas. El pozo y el oscilador armónico tridimensionales [Separación de variables en coordenadas esféricas](#). La ecuación angular. Armónicos esféricos. [La ecuación radial](#). Átomo de hidrógeno. El átomo de hidrógeno: valores propios, números cuánticos y degeneración. [Funciones de onda del átomo de hidrógeno](#). Densidades de probabilidad
- [Los postulados básicos de la Mecánica Cuántica](#). La función de onda. [Variables dinámicas](#). Propiedades de los operadores hermíticos. Distribuciones de probabilidad. Relaciones de conmutación. Dependencia temporal de la función de onda. Degeneración
- Momento angular I. Operadores de momento angular. Autovalores y autofunciones. Medida experimental del momento angular. Solución general al problema de autovalores
- Momento angular II. Representaciones matriciales. Matrices de spin de Pauli. [El spin](#) y la teoría cuántica de la medida. Suma de momentos angulares
- Átomos con varios electrones. Partículas idénticas. Indistinguibilidad cuántica. [El principio de exclusión de Pauli](#). [Fermiones](#) y [bosones](#). Fuerzas de intercambio en el átomo de helio. Átomos con muchos electrones. Aproximación del campo central. Teoría de Hartree. Estado fundamental de átomos multielectrónicos. [Tabla periódica](#). Teoría de Hartree-Fock



- Moléculas. Introducción. La molécula de hidrógeno ionizada. Orbitales moleculares de moléculas diatómicas. Configuración electrónica de algunas moléculas diatómicas. Moléculas poliatómicas. Orbitales híbridos. [Rotaciones moleculares](#). [Vibraciones moleculares](#). Transiciones electrónicas en moléculas.
- Sólidos 1. Tipos de sólidos: iónicos, covalentes, moleculares y metálicos. Teoría de [bandas en sólidos](#) periódicos. Indistinguibilidad y [estadística cuántica](#). El movimiento de electrones en una red periódica. Teorema de Bloch. El modelo de electrones libres. Conductividad eléctrica en metales
- Sólidos semiconductores. Importancia científica y tecnológica. Tipos de semiconductores. [Unión tipo p-n](#). Dispositivos semiconductores

### BIBLIOGRAFÍA

- Quantum Physics. R. Eisberg and R. Resnick. 2nd Ed. John Wiley and Sons.
- Quantum Mechanics. C. Cohen-Tannoudji, B. Diu and F. Laloe.
- Física Cuántica}. C. Sánchez del Río. Ed. Pirámide.
- An introduction to Quantum Physics. A. P. Frech and E. F. Taylor. Ed. Reverte.

## 6. Principios Metodológicos

Entre las actitudes generales que la metodología docente tratará de potenciar con vistas a lograr los objetivos, tanto de aprendizaje de conocimientos como de desarrollo de competencias transversales y específicas, cabe mencionar las siguientes:

1. Adquisición por el alumno de un lenguaje formalizado. Resulta imprescindible para el análisis adecuado de los problemas. Los problemas y los razonamientos lógicos se deben efectuar usando un lenguaje correcto y preciso.
2. Aprendizaje del razonamiento lógico-deductivo. Es fundamental para lograr una buena formación del futuro físico y para que éste pueda desenvolverse adecuadamente después en su trabajo.
3. Utilización de manera adecuada del rigor y de la intuición. Este punto de vista ayuda tanto a que los programas se abarquen en su totalidad como a mostrar al alumno lo conveniente que es saber mezclar el rigor matemático con la intuición que, como físico, debe tener.
4. Potenciación de su capacidad de trabajo y de aprendizaje. Es muy importante transmitir al estudiante ciertos hábitos de trabajo que le serán muy útiles en el futuro: acostumbrarse a profundizar en los contenidos que se exponen en clase, hacer problemas por su cuenta.
5. Fomento de la habilidad de cálculo.
6. Fomento del espíritu crítico.
7. Creación de un buen ambiente en las clases. Se trata de que el ambiente no sea tenso y el alumno se sienta con la libertad de plantear sus dudas en clase.
8. Comunicación fluida entre profesor y alumno.



## Proyecto docente de la asignatura

9. Trabajo en equipo. Es importante motivar a los alumnos para que efectúen algunas actividades en grupo, con otros compañeros, y no estudien siempre de forma individual.

10. Ampliar horizontes. Proponer a los estudiantes, por ejemplo, la asistencia a los seminarios generales que se organizan en la Facultad, o a algunos del Departamento, para que descubran aspectos nuevos e interesantes de alguna rama de la Ciencia, y en particular, aplicaciones de la Física Cuántica en diversos campos de investigación.

### **ACTIVIDADES ACADÉMICAS Y DE ORGANIZACIÓN**

La enseñanza se llevará a cabo por medio de una serie de actividades académicas, a saber: clases teóricas, clases de problemas, seminarios, horas de consulta, y evaluación de los conocimientos. Aunque se fija un número de horas semanales para tutorías, los profesores estarán disponibles, en la medida de lo posible, también fuera de ese horario.

#### **Clases de teoría**

Las clases de teoría se dedican a la exposición por parte del profesor de los temas del programa, y constituyen por lo tanto la "espina dorsal" de la asignatura.

#### **Clases de problemas**

Los problemas propuestos al alumno serán aplicaciones, ilustraciones y complementos del contenido de las clases teóricas, lo que permitirá descargar éstas de ciertos desarrollos matemáticos y otras cuestiones complementarias. Su principal objetivo es el de consolidar los conocimientos adquiridos en las clases de teoría.

Se facilitará a los alumnos una lista de problemas para cada tema con la suficiente antelación para intentar la solución por sí mismo y poder participar de un modo más provechoso en las discusiones. En clase el profesor resolverá la mayor parte de los problemas, aunque también se dará oportunidad a aquellos alumnos que así lo deseen.

Los problemas propuestos serán de tres tipos. En primer lugar están los que podemos denominar como "aplicaciones directas" de las expresiones teóricas. Son problemas con los que se pretende que el alumno afiance el conocimiento y adquiera habilidad y confianza en el manejo de las expresiones pertinentes. En segundo lugar, se proponen como problemas ciertas deducciones simples de resultados empleados o mencionados en las clases de teoría que se consideren demasiado específicas para tratarlas en detalle en las clases teóricas. Finalmente están los problemas que plantean aplicaciones de la teoría a sistemas/casos más cercanos a la realidad o que desarrollan conceptos importantes para otras asignaturas. No habrá días específicos para hacer problemas, sino que se plantearán en el momento más pertinente para que sirvan de apoyo a las clases de teoría.

#### **Seminarios**

La organización de seminarios monográficos puede ser un complemento útil en determinadas ocasiones. En principio es interesante escogerlos en conexión con los temas de investigación relacionados con la asignatura. Muchos de los temas de investigación que se llevan a cabo en el área de Física Atómica, Molecular y Nuclear del Departamento de Física Teórica, Atómica y Óptica de la UVA están relacionados con la Física Cuántica. Es conveniente también animar a los estudiantes a asistir a una parte del ciclo de seminarios organizado por el Departamento, impartidos por miembros de éste o por visitantes de otras Universidades o Centros de Investigación nacionales o extranjeros.

## **7. Sistema de calificaciones**

Combinación de evaluación continua, con varios exámenes de bloques temáticos por cuatrimestre (20% de la nota final), y examen final de problemas y cuestiones (80%). Al final del primer cuatrimestre se realizará un examen de



todo el cuatrimestre que podrá eliminar materia para el examen final y permitirá al alumno aprobar la asignatura por cuatrimestres.

## **8. Recursos de aprendizaje y acción tutorial**

Las actividades de tutoría son muy beneficiosas para el alumno siempre que sean bien aprovechadas. El profesor estará disponible para atender las tutorías y resolver dudas también fuera de las horas establecidas en la medida de lo posible, y a través de correo electrónico.

