

**Proyecto/Guía docente de la asignatura Adaptada a la Nueva Normalidad**

Se debe indicar de forma fiel cómo va a ser desarrollada la docencia. Esta guía debe ser elaborada teniendo en cuenta a todos los profesores de la asignatura. Conocidos los espacios y profesorado disponible, se debe buscar la máxima presencialidad posible del estudiante siempre respetando las capacidades de los espacios asignados por el centro y justificando cualquier adaptación que se realice respecto a la memoria de verificación. Si la docencia de alguna asignatura fuese en parte online, deben respetarse los horarios tanto de clase como de tutorías). La planificación académica podrá sufrir modificaciones de acuerdo con la actualización de las condiciones sanitarias.

Asignatura	Mecánica Cuántica		
Materia			
Módulo			
Titulación	/ 563 PROGRAMA DE ESTUDIOS CONJUNTO DE GRADO EN FÍSICA Y GRADO EN MATEMÁTICAS		
Plan	/ 563	Código	
Periodo de impartición	1er cuatrimestre	Tipo/Carácter	
Nivel/Ciclo		Curso	4º / 5º
Créditos ECTS	6 ECTS		
Lengua en que se imparte	Grupo 1: Español. Grupo2: Inglés		
Profesor/es responsable/s	Andrés Aguado Rodríguez María José López Santodomingo		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	aguado@metodos.fam.cie.uva.es ; maria.lopez@fta.uva.es		
Departamento	Física Teórica, Atómica y Óptica		

1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

La asignatura *Mecánica Cuántica* es fundamental para la formación de un graduado en Física, al constituir uno de los pilares fundamentales de la Física moderna. Esta teoría se utiliza de modo reiterado en otras materias como la Física Nuclear, Atómica o del Estado Sólido. La asignatura *Mecánica Cuántica* tiene el propósito de formalizar el marco teórico necesario para el tratamiento y resolución de cualquier problema físico que se contemple a nivel microscópico. De su paso por las asignaturas *Fundamentos de Física Cuántica*, *Técnicas Experimentales en Física III* y sobre todo *Física Cuántica* de tercero, el alumno ya está familiarizado con el estudio de la naturaleza a nivel microscópico, y ha comenzado a manejar un formalismo y unos conceptos poco intuitivos, donde se manejan magnitudes que no están directamente relacionadas con la experiencia cotidiana. El carácter obligatorio de la *Mecánica Cuántica* sirve para asentar los conocimientos ya adquiridos (pero no asimilados del todo) en *Física Cuántica*, y además para introducir otros nuevos, completando así la formación del alumno en esta materia en lo que se refiere al formalismo cuántico no relativista.

Habiendo cursado el alumno las diversas asignaturas de Matemáticas, se le supone un conocimiento de la mayoría de 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 *Mecánica 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.

Física Cuántica: tercer curso, obligatoria, 12 ECTS. El alumno estudia en detalle la fenomenología cuántica y aplica la ecuación de Schrödinger a la solución de problemas sencillos, sin profundizar en el formalismo. Los 12 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* y *Física Nuclear y de Partículas*.

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 *Mecánica Cuántica*.



El Grado también contiene diversas asignaturas de Matemáticas, ubicadas en los primeros cursos, 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 y Laplace, probabilidad, teoría de distribuciones, etc.. Gran parte de estos contenidos aparecen como requisitos previos para cursar la asignatura *Mecánica Cuántica*. Otro requisito, como es lógico, es haber cursado la asignatura *Física Cuántica* de tercero.

1.3 Prerrequisitos

Conocimientos de álgebra y análisis vectoriales.

Teoría de funciones de variable compleja.

Análisis funcional, particularmente la transformada de Fourier.

Es necesario haber cursado la asignatura de Física Cuántica de tercero.



2. Competencias

2.1 Generales

- 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 presentar un tema académico o una investigación propia tanto a profesionales como a público en general.
- E3: 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.
- E4: Ser capaz de iniciarse en nuevos campos a través de estudios independientes.
- E5: 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.
- E6: Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable.
- E8: Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía en Física, así como cualquier fuente de información relevante para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos.
- E9: Estar adecuadamente preparado para ejercitar una labor docente.
- E10: Ser capaz de mantenerse informado de los nuevos desarrollos.
- E11: Adquirir familiaridad con las fronteras de la investigación.
- E12: Tener una buena comprensión de las teorías físicas más importantes, de su estructura lógica y matemática y su soporte experimental.
- E13: Ser capaz de integrar los conocimientos recibidos de las diferentes áreas de la Física para la resolución de un problema.
- E14: Familiarizarse con los modelos experimentales más importantes, y ser capaz de realizar experimentos independientemente, así como describir, analizar y evaluar críticamente los datos.
- E15: Comprender y dominar el uso de los métodos matemáticos y numéricos más comúnmente utilizados.



3. Objetivos

Tras un seguimiento serio y satisfactorio de la asignatura, el alumno debe haber asimilado el significado de los postulados cuánticos y debe saber aplicarlos a diversos problemas concretos con los que se enfrentará en asignaturas futuras (Física Atómica, Nuclear y de Partículas, y del Estado Sólido), entre los que se encuentra el oscilador armónico. Asimismo, debe dominar y saber aplicar la teoría del momento angular. También debe dominar las expresiones matemáticas y forma de proceder típicos de los métodos perturbativos. También debe haber asimilado las profundas implicaciones que la Mecánica Cuántica impone sobre un sistema de partículas idénticas. Finalmente, debe haber asimilado la importancia de los fenómenos de dispersión/colisión, así como saber calcular la sección eficaz, utilizando el método de ondas parciales o la aproximación de Born, en diversos casos sencillos. A nivel más general, debe dominar y manejar las unidades y los órdenes de magnitud y conocer los límites de validez de cada una de las expresiones y aproximaciones estudiadas durante el curso.

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. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque 1: "Mecánica Cuántica"

Carga de trabajo en créditos ECTS: 6

a. Contextualización y justificación

Los de la asignatura.

b. Objetivos de aprendizaje

Los de la asignatura.

c. Contenidos

El programa está estructurado en siete temas: formalismo matemático, postulados, oscilador armónico, momento cinético, fenómenos de dispersión/colisión, métodos aproximados, partículas idénticas.

Tema 1. Breve repaso del Formalismo Matemático de la Mecánica Cuántica

- Espacio vectorial de funciones de onda. Bases discretas. Ondas planas y deltas de Dirac. Espacio de estados y notación de Dirac: kets, bras y operadores lineales.
- Conjugación hermítica. Representación de kets, bras y operadores en una base del espacio de estados. Ecuaciones de autovalores y observables.
- Teoremas relativos a observables que conmutan. Conjunto completo de observables que conmutan.
- Representación de coordenadas y de momentos. Observables posición y momento.
- Producto tensorial de espacios de estados. Técnica de separación de variables.
- Traza de un operador. Álgebra de conmutadores. Funciones de un operador lineal. Diferenciación de operadores. Operadores unitarios.
- Operador paridad. Descomposición espectral de operadores. Matrices de Pauli.

Tema 2. Los postulados de la Mecánica Cuántica

- Postulados fundamentales y principio de descomposición espectral. Reducción del paquete de ondas en caso de espectros continuos. Reglas de cuantificación.
- Valor medio y desviación cuadrática media. Medida de observables compatibles e incompatibles.
- Análisis de la ecuación de Schrödinger: determinismo, principio de superposición, conservación de la probabilidad y ecuación de continuidad.
- Evolución temporal de valores medios: teorema de Ehrenfest y límite clásico. Sistemas conservativos: estados estacionarios, constantes del movimiento, frecuencias de Bohr y reglas de selección. Relación de incertidumbre energía-tiempo.
- Operador de evolución. Operador densidad. Medidas sobre un subsistema. Trazas parciales. Correlaciones.
- Representaciones de Schrödinger y de Heisenberg.
- Sistema de dos niveles. Ruptura de degeneración por un acoplo y fórmula de Rabi.

Tema 3. El oscilador armónico

- Introducción. Aproximación armónica. Hamiltoniano cuántico del oscilador. Propiedades generales.
- Operadores creación, aniquilación y número. Propiedades y expresión del hamiltoniano en términos de estos operadores.
- Espectro del hamiltoniano. Interpretación de los operadores creación y aniquilación.
- Estados propios del hamiltoniano. Elementos de matriz de los operadores creación, aniquilación, posición y momento. Funciones de onda de los estados estacionarios.
- Valores medios y desviaciones cuadráticas medias de posición, momento, energía cinética y potencial. Evolución temporal de valores medios.
- Oscilador tridimensional isótropo. Oscilador cargado en un campo eléctrico uniforme.

Tema 4. El momento cinético en Mecánica Cuántica

- Recuerdo breve de las propiedades básicas del operador momento angular: relaciones de conmutación. Operadores escalera J_+ y J_- . Autovalores y autovectores de J^2 y J_z .
- Base estándar. Momento angular orbital. Problemas sobre el momento angular.
- Postulados de Pauli en Mecánica Cuántica no relativista y espín del electrón. Espacio de estados de una partícula con espín. Espinores. Problemas de ejemplo. Partículas en campos magnéticos.
- Relación entre el momento angular y el grupo de rotaciones. Operadores de rotación para un espín $\frac{1}{2}$.
- Composición de momentos angulares. Caso sencillo de dos espines $\frac{1}{2}$. Autovalores en el caso general. Autovectores en el caso general. Configuración p^2 . Coeficientes de Clebsch-Gordan.
- Operadores vectoriales y teorema de Wigner-Eckart.
- Suma de tres momentos angulares. Suma de un momento angular orbital l y un espín $\frac{1}{2}$. Otros problemas.

Tema 5. Fenómenos de Dispersión/Colisión

- Introducción general y restricción al caso de dispersión elástica. Sección eficaz de dispersión. Estados estacionarios de dispersión y amplitud de dispersión. Teorema óptico.
- Dispersión por un sistema de partículas. Formulación con paquetes de onda.
- Ecuación integral de dispersión. Funciones de Green entrante y saliente. Expresión integral de la amplitud de dispersión. Aproximación de Born.
- Método de ondas parciales para potenciales dispersores centrales (1): Estados estacionarios de una partícula libre, ondas planas *versus* ondas esféricas. Interpretación física de las ondas esféricas y parámetro de impacto.
- Método de ondas parciales para potenciales dispersores centrales (2): Ondas parciales en un potencial central y defasajes. Cálculo de la sección eficaz en términos de los defasajes.
- Descripción fenomenológica de procesos de dispersión con absorción.
- Aproximación de Born y potencial de Yukawa. Dispersión por una esfera impenetrable (onda s y onda p). Pozo esférico. Estados ligados y resonancias de dispersión.

Tema 6. Métodos aproximados

- Perturbación estacionaria de un nivel no degenerado. Efectos de primer y segundo orden.
- Perturbación estacionaria de un nivel degenerado. Ruptura de la degeneración. Algunos ejemplos.
- Perturbaciones estacionarias a un oscilador armónico bidimensional.
- Teoría de perturbaciones dependientes del tiempo.
- Ejemplo de perturbación sinusoidal. Transición resonante. Validez de las aproximaciones.
- Acoplo con un continuo de estados finales. Densidad de estados y regla de oro de Fermi.
- Oscilador armónico cargado en un pulso de campo eléctrico. Evolución temporal de dos espines $1/2$ acoplados.

Tema 7. Partículas Idénticas

- Degeneración de intercambio y planteamiento del problema. Operadores de permutación, simetrizador y antisimetrizador.
- Postulado de simetrización y eliminación de la degeneración de intercambio. Espacio de estados físico. Bosones y fermiones.
- Determinantes de Slater y principio de exclusión. Números de ocupación.
- Compatibilidad de los postulados. Sistema de partículas idénticas e independientes. Efectos de interferencia y postulado de simetrización. Casos donde el postulado no es necesario.
- Átomos multielectrónicos y aproximación de campo central. Ejemplo del átomo de Helio: repulsión electrostática y término de intercambio. Influencia del postulado de simetrización.
- Colisión entre dos partículas idénticas. Otros problemas.

d. Métodos docentes



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.
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 Mecánica Cuántica en diversos campos de investigación.

e. Plan de trabajo

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, resolución de problemas por los alumnos, 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 “espinas 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 realizará la mayor parte de los problemas, pero también se dará oportunidad a los alumnos para salir a la pizarra a resolver algunos.

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.

Realización de problemas

Cada grupo de 2 alumnos resolverá un problema planteado y lo entregará al profesor. Se propondrá a cada grupo la resolución de un problema que les permita profundizar en algún tema concreto y les sirva de complemento a las clases de teoría y problemas. El trabajo lo realizarán en grupo. Antes de entregar el problema resuelto por escrito los alumnos pasarán por tutoría para resolver cualquier duda referente al mismo. Los problemas resueltos por cada grupo de alumnos se compartirá con los demás grupos para que también les sirva como práctica y profundización en los diversos temas.

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 Mecánica Cuántica. Los mismos profesores presentarán en un seminario en clase alguno de sus trabajos de investigación, si hay tiempo. 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. En cualquier caso, se elegirán temas de interés actual. Esta actividad complementaria es importante también con vistas a desarrollar las competencias específicas E1, E10, E11.

f. Evaluación

Combinación de evaluación continua con resolución de problemas (10% nota final), exámenes parciales (20%), y examen final de problemas y cuestiones (70%).

El procedimiento de evaluación detallado será accesible a través del curso virtual de la asignatura.

g Material docente

g.1 Bibliografía básica

El texto básico utilizado es el de Cohen-Tannoudji, y toda la notación empleada a lo largo de la asignatura es la misma que en este libro, así como una gran parte de la organización de la asignatura. Este libro es lo suficientemente extenso como para cubrir prácticamente todos los temas relevantes al nivel que se pueden tratar en esta asignatura teniendo en cuenta la base que tienen los alumnos y el tiempo de que se dispone. Este libro contiene una cantidad de detalle en la exposición, que hace que su lectura sea sencilla, y los conceptos fáciles de asimilar. La notación matemática es también más completa que en muchos otros textos, y esto es fundamental para un primer contacto de los alumnos con los formalismos matemáticos cuánticos, que deben ser asimilados en esta asignatura. En un futuro, los alumnos consultarán textos sobre Física Atómica o del Estado Sólido, por ejemplo, con una notación mucho menos completa (y también menos “pesada”) y, si han asimilado los conceptos en este curso, serán capaces de entender las fórmulas simplificadas.

El libro de Sakurai tiene un formalismo matemático mucho más escueto, y al mismo tiempo el nivel de los temas tratados es algo más exigente que el del Cohen. Es un libro reducido, con claridad de conceptos, que puede ser utilizado por el alumno como complemento de consulta. En el tema concreto de la dispersión, se puede profundizar más y reforzar los contenidos del Cohen con los libros de Sakurai, Rodberg & Thaler y Joachain. Se incluye, además, una variedad de textos para que el alumno interesado pueda ampliar y/o complementar su formación.

Existen bastantes libros de problemas, como los de Lim, Zettili, Flügge, Galindo y Pascual, etc., aunque también resolveremos en clase muchos de los problemas propuestos en el libro de Cohen-Tannoudji. Estos libros contienen un número suficiente de problemas acerca de todos los temas tratados en la asignatura.

- “Quantum Mechanics (Tomos I y II)”, C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, and F. Laloë. Hermann, 1998.
- “Modern Quantum Mechanics”, J. J. Sakurai, Addison-Wesley, 1985.
- “Mecánica Cuántica (Tomos 1 y 2)”, A. Messiah, Tecnos, 1965.

Este es un libro de texto de nivel similar al Cohen, pero que trata más en profundidad algunos aspectos como la dispersión coulombiana o la relación entre simetrías y leyes de conservación. Por contra, no contiene complementos específicos con aplicaciones al final de cada capítulo.

g.2 Bibliografía complementaria

- “Quantum Mechanics”, L. I. Schiff, McGraw-Hill, 1968.
- “Mecánica Cuántica”, F.J. Yndurain, Ed. Alianza Universidad Textos, 1998.

Contiene también todos los resultados relevantes, de un modo más escueto. Es útil pues para una consulta rápida, pero menos útil para un entendimiento detallado del tema.

- “Introduction to the Quantum Theory of Scattering”, L. S. Rodberg and R. M. Thaler, Academic Press, 1967.
- “Atomic Collision Theory”, B. H. Bransden, W. A. Benjamin, Inc. 1970.
- “Quantum Collision Theory”, C. J. Joachain, North-Holland Elsevier, 1975.
- “Problems and Solutions in Quantum Mechanics”, Y. Lim, World Scientific, 2002.
- “Quantum Mechanics. Concepts and Applications”, N. Zettili, Wiley, 2001.
- “Practical Quantum Mechanics”, S. Flügge, Springer-Verlag, 1990.
- “Problems in Quantum Mechanics”, F. Constantinescu and E. Magyari, Pergamon, 1971.
- “Problemas de Mecánica Cuántica”, A. Galindo y P. Pascual, Eudema, 1989.
- “Selected Problems in Quantum Mechanics”, D. ter Haar, Infosearch Limited (London), 1964.
- “Quantum Mechanics and Path Integrals”, R. P. Feynman and A. R. Hibbs, McGraw-Hill, 1965.

Libro muy intuitivo (no excesivamente matemático en muchos de sus capítulos), útil para ampliar y afianzar conceptos y también profundizar en la formulación de Feynman de la Mecánica Cuántica. Trata los métodos perturbativo y variacional, y también la interpretación probabilística general dentro de esta formulación.

- “The Philosophy of Quantum Mechanics”, M. Jammer, Wiley (1974).

De fácil lectura y con el mínimo formalismo matemático, discute los fundamentos de la teoría cuántica.

g.3 Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...)

h. Recursos necesarios**i. Temporalización**

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
6	Primer cuatrimestre

Añada tantas páginas como bloques temáticos considere realizar.

5. Métodos docentes y principios metodológicos

(Ver Plan de trabajo)

6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES o PRESENCIALES A DISTANCIA ⁽¹⁾	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases de teoría y problemas y presentaciones de los alumnos	60	Estudio individualizado del alumno	90
Total presencial	60	Total no presencial	90
TOTAL presencial + no presencial			150

(1) Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor.

7. Sistema y características de la evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Evaluación continua y presentación de problemas	10%	
Exámenes parciales	20%	
Examen final de problemas y cuestiones	70%	

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

- **Convocatoria ordinaria:**
Combinación de evaluación continua con resolución y exposición de problemas (10% nota final), exámenes parciales (20%), y examen final de problemas y cuestiones (70%).
El procedimiento de evaluación detallado será accesible a través del curso virtual de la asignatura.
- **Convocatoria extraordinaria:**
 - examen final de problemas y cuestiones (100%).

8. Consideraciones finales

Las actividades de tutoría son muy beneficiosas para el alumno si son bien aprovechadas. El profesor estará disponible para realizar esta actividad, incluso fuera de las horas establecidas, en la medida de lo posible.