

	PROCESO DE COORDINACIÓN DE ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Curso Académico: 2024-25	Código: P/CL009_FC_D002	

PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA

Identificación y características de la asignatura			
Código	500787	Créditos ECTS	6
Denominación (español)	Física Cuántica II		
Denominación (inglés)	Quantum Physics II		
Titulaciones	Grado en Física		
Centro	Facultad de Ciencias		
Semestre	6º	Carácter	Obligatorio
Módulo	Obligatorio		
Materia	Física Moderna		
Profesor/es			
Nombre	Despacho	Correo-e	Página web
Santos Bravo Yuste	B203 (Ed. Física)	santos@unex.es	www.unex.es/fisteor/santos/
Área de conocimiento	Física Teórica		
Departamento	Física		
Profesor coordinador (si hay más de uno)			
Competencias			
<p>Competencias básicas.</p> <p>CB1 - 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.</p> <p>CB2 - 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.</p> <p>CB3 - 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.</p> <p>CB4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.</p> <p>CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.</p> <p>Competencias generales.</p> <p>CG1 - Adquirir una experiencia positiva de la Física y mantener una curiosidad intelectual en la disciplina.</p>			

	PROCESO DE COORDINACIÓN DE ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Curso Académico: 2024-25	Código: P/CL009_FC_D002	

CG2 - Conocer, comprender y analizar con espíritu crítico los principios y fundamentos de la Física, y dominar aquellos métodos matemáticos y numéricos necesarios

CG3 - Observar la realidad física e identificar los elementos esenciales de cualquier fenómeno físico siendo capaz de construir modelos simplificados que los describan con la aproximación necesaria.

CG4 - Conocer las técnicas y metodologías experimentales propias de la Física.

CG5 - Saber evaluar los resultados experimentales, contrastarlos con las predicciones del modelo teórico e introducir las modificaciones necesarias en este modelo cuando se observen discrepancias entre ambos.

CG6 - Saber aplicar los conocimientos adquiridos durante su formación al ejercicio profesional.

CG7 - Desarrollar la imaginación y la creatividad inherentes al avance de la Ciencia.

CG8 - Reconocer la dimensión ética de los problemas e investigaciones, así como la necesidad de un compromiso ético profesional.

Competencias transversales.

CT1 - Comunicar los resultados de un trabajo por medio de la elaboración de informes científicos claros y precisos, así como mediante la exposición oral de los mismos.

CT2 - Trabajar en equipo.

CT4 - Ser capaz de evaluar críticamente el propio aprendizaje y la actividad profesional, así como llevar a cabo estrategias de mejora.

CT5 - Desarrollar la capacidad de defender sus puntos de vista mediante la argumentación razonada a fin de emitir juicios sobre temas de índole social, científico o ético

CT6 - Aprender de forma autónoma nuevas técnicas y conocimientos que permitan emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

CT7 - Mostrar sensibilidad hacia temas medioambientales.

CT8 - Ser capaz de aplicar sus conocimientos en el mundo empresarial.

CT9 - Conocer una segunda lengua extranjera, preferentemente inglés.

CT10 - Fomentar el respeto a los derechos fundamentales, así como de igualdad de oportunidades y la no discriminación.

CT11 - Dominar adecuadamente las TIC.

Competencias específicas.

CE1 - Demostrar haber alcanzado una comprensión adecuada de los diferentes fenómenos físicos.

CE2 - Poseer conocimientos actualizados o de vanguardia en algunos aspectos de la Física.

CE3 - Identificar los elementos esenciales de una situación compleja a fin de construir un modelo simplificado que describa con la aproximación necesaria el problema de estudio.

CE4 - Buscar, analizar y sintetizar información propia del campo de la Física, tanto teórica como experimental, así como seleccionar y utilizar las tecnologías de la información y la comunicación más adecuadas en cada situación.

CE5 - Aprender el manejo de instrumentos y técnicas de medida en Física.

CE7 - Ser capaz de desarrollar software utilizando lenguajes de programación y usar paquetes informáticos en una variedad de áreas

	PROCESO DE COORDINACIÓN DE ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (P/CL009_FC)		
	Curso Académico: 2024-25	Código: P/CL009_FC_D002	

que incluyan la elaboración de documentos, la búsqueda de información, cálculo numérico y la presentación de datos.
CE8 - Resolver problemas en Física.

Contenidos

Breve descripción del contenido

Momento angular y espín. Átomo de hidrógeno. Métodos aproximados. Perturbaciones independientes del tiempo. Estructura fina. El principio de exclusión de Pauli.

Temario de la asignatura

PARTE I

Tema 1. Partícula en una caja d-dimensional

- 1.1 Introducción.
- 1.2 Obtención de la ecuación de Schrödinger dependiente e independiente del tiempo en tres dimensiones.*
- 1.3 La ecuación de Schrödinger independiente del tiempo para caja 3D como problema de autovalores y autofunciones. Resolución mediante separación de variables.*
- 1.4 Degeneración de los autovalores.
- 1.5 Comprobación de algunas propiedades del operador hamiltoniano y sus autofunciones para la caja 3D. Solución general de la ecuación de Schrödinger dependiente del tiempo.
- 1.6 Medida de autovalores degenerados

Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas

Tema 2. Resolución de la ecuación de Schrödinger para potencial central.

- 2.1 Introducción.
- 2.2 Ecuación de Schrödinger del sistema núcleo-electrón. Sistema reducido.
- 2.3 Resolución mediante separación de variables: ecuaciones radial, acimutal y polar.
- 2.4 Soluciones de la parte angular. Armónicos esféricos.
- 2.5 Soluciones de la parte radial. Cuantización de la energía.
- 2.6 Visualización y propiedades de las funciones de onda propias.

Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas

Tema 3. Cuantización del momento angular.

- 3.1 Introducción.
- 3.2 Operador momento angular orbital. Autovalores y autofunciones.
- 3.3 Observables que conmutan y bases comunes.
- 3.4 Observables compatibles y principio de incertidumbre. Modelo vectorial del momento angular.
- 3.5 Evolución temporal, medida de observables y estados no estacionarios.

Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas

PARTE II

	PROCESO DE COORDINACIÓN DE ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEX (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Curso Académico: 2024-25	Código: P/CL009_FC_D002	

Tema 4. Teoría perturbativa y principio variacional.

- 4.1 Introducción.
- 4.2 Perturbación no estacionaria.
- 4.3 Método perturbativo para estados no degenerados.
- 4.4 Método perturbativo para estados degenerados.
- 4.5 Ejemplo del método perturbativo para estados degenerados: efecto Stark.
- 4.6 Base de "buenos" estados en el método perturbativo para estados degenerados.
- 4.7 Principio variacional: desigualdad de Ritz. Estado base y estados excitados.
- 4.8 Ejemplo del método variacional: dos primeros estados del oscilador armónico

Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas

PARTE III

Tema 5. Espín e interacciones magnéticas.

- 5.1 Introducción.
- 5.2 Momento magnético orbital.
- 5.3 Experimento de Stern-Gerlach y espín del electrón.
- 5.4 Adición de momentos angulares.
- 5.5 Interacción espín-órbita.
- 5.6 Estructura fina.
- 5.7 Otras correcciones: desplazamiento de Lamb y estructura hiperfina.

Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas

Tema 6. Razones de transición y reglas de selección.

- 6.1 Introducción.
 - 6.2 Espectros y reglas de selección.
 - 6.3 Razón de transición y tiempo de vida medio.
 - 6.4 Razón de transición y reglas de selección para transiciones dipolares eléctricas.
 - 6.5 Ejemplo: cálculo de la razón de transición $2p \rightarrow 1s$ en el hidrógeno.
- Ensanchamiento de líneas espectrales.
- 6.6 Regla de selección sobre el número cuántico j .

Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas

PARTE IV

Tema 7. Átomos multielectrónicos. Estados base.

- 7.1 Introducción.
- 7.2 Partículas idénticas y principio de exclusión.
- 7.3 Fuerzas de intercambio y átomo de helio.
- 7.4 Teoría de Hartree.
- 7.5 Resultados de la teoría de Hartree.
- 7.6 Espectro de rayos X.

Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas

Tema 8. Átomos multielectrónicos. Excitaciones ópticas.

- 8.1 Introducción.
- 8.2 Excitaciones ópticas.
- 8.3 Átomos alcalinos.

	PROCESO DE COORDINACIÓN DE ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Curso Académico: 2024-25	Código: P/CL009_FC_D002	

- 8.4 Átomos con varios electrones ópticamente activos. Interacción coulombiana residual e interacción espín-órbita.
- 8.5 Adición de momentos angulares (revisita). Términos y niveles.
- 8.6 Acoplamiento LS. Energías de los términos y niveles.
- 8.7 Átomo de carbono y principio de exclusión.
- 8.8 Efecto Zeeman débil y fuerte (Paschen-Back).

Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas

Actividades formativas

Horas de trabajo del estudiante por tema		Horas Gran grupo	Actividades prácticas				Actividad de seguimiento	No presencial
Tema	Total	GG	CH	L	O	S	TP	EP
1	8	3				1		4
2	30	9				4		17
3	20	7				2		11
4	20	6				2		12
5	20	5				2		13
6	18	4				2		12
7	15	4				1		10
8	15	3				1		11
Evaluación	4	4						
TOTAL	150	45				15		90

GG: Grupo Grande (85 estudiantes).

CH: prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)

L: prácticas laboratorio o campo (15 estudiantes)

O: prácticas sala ordenador o laboratorio de idiomas (20 estudiantes)

S: clases problemas o seminarios o casos prácticos (40 estudiantes).

TP: Tutorías Programadas (seguimiento docente, tipo tutorías ECTS).

EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo, y lectura de bibliografía.

Metodologías docentes

- Explicación y discusión de los contenidos.
- Resolución, análisis y discusión de problemas. Realización y exposición de trabajos/proyectos.
- Trabajo autónomo del alumno.

Resultados de aprendizaje

Capacidad de análisis tanto en átomos con un electrón como en los multielectrónicos considerando el espín y teniendo en cuenta el cálculo perturbativo.

Sistemas de evaluación

	PROCESO DE COORDINACIÓN DE ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Curso Académico: 2024-25	Código: P/CL009_FC_D002	

Hay dos sistemas posibles de evaluación: uno mediante evaluación continua y otro mediante una única prueba final.

I. EVALUACIÓN CONTINUA

1. Criterios de evaluación:

- a) Elaboración, presentación y, en su caso, defensa de trabajos (casos prácticos, problemas, proyectos, etc.).
- b) Resolución de ejercicios y problemas.
- c) Demostrar la comprensión de los conceptos y aplicaciones fundamentales de la materia mediante la realización de los exámenes.

2. Actividades e instrumentos de evaluación:

I) Elaboración y presentación de trabajos, resolución de problemas y cuestionarios (25% de la calificación final).

- Estas actividades podrán realizarse en equipo o de forma individual.
- En la valoración de los trabajos se tendrá en cuenta la claridad de la resolución o de la memoria, la prontitud en la entrega y el número de iteraciones que hayan sido precisas hasta que el trabajo se considere aceptable.
- Es responsabilidad de los miembros del grupo procurar que los problemas sean resueltos mediante un auténtico trabajo en equipo, informando al profesor en el caso de que alguno de los integrantes no participe activamente en el grupo para que sea dado de baja en esta actividad.
- En algunas de las tareas asignadas los alumnos podrían hacer una breve exposición de los resultados obtenidos y de los métodos empleados. La exposición de alguno de los trabajos de equipo se realizaría de forma conjunta por parte del grupo. Se valorará la concisión, claridad y originalidad en la exposición y presentación, así como la calidad de las respuestas a las preguntas formuladas por el profesor y el resto de los alumnos.
- Estas actividades no son recuperables.

II) Examen (75% de la calificación final)

- La evaluación en este apartado se basará en los resultados del examen escrito final.
- El examen final consistirá en varias cuestiones teórico-prácticas cuya valoración aparecerá en la hoja del examen.
- Se valorará fundamentalmente la comprensión de los conceptos más que la aplicación repetitiva o memorística de esquemas o fórmulas.

Habrá de alcanzarse una nota mínima de 5 sobre 10 en el apartado II (exámenes) para computar las actividades del apartado I (actividades complementarias).

	PROCESO DE COORDINACIÓN DE ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Curso Académico: 2024-25	Código: P/CL009_FC_D002	

En las convocatorias extraordinarias de este curso académico la calificación del examen seguirá representando el 75% de la calificación global, manteniéndose la calificación obtenida (ponderada en un 25%) en las actividades complementarias realizadas a lo largo del curso

II. EVALUACIÓN MEDIANTE UN EXAMEN FINAL

El alumno tiene derecho a superar la asignatura mediante la realización de una prueba final alternativa de carácter global. La elección entre el sistema de evaluación continua o el sistema de evaluación con una única prueba final de carácter global corresponde al estudiante durante el periodo oficial habilitado para ello en cada semestre. Durante este plazo, el estudiante que desee acogerse a este método de evaluación deberá comunicárselo al profesor de la asignatura a través del espacio que se habilitará para ello en el campus virtual

Bibliografía (básica y complementaria)

- D. J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics*. (Prentice Hall).
- R. Eisberg y R. Resnick, *Física Cuántica. Átomos, Moléculas, Sólidos y Partículas* (Limusa).
- S. Gasiorowicz, *Quantum Physics* (Wiley).
- B.H. Bransden, C.J. Joachain, *Physics of Atoms and Molecules* (Addison-Wesley)
- J.J. Brehm y W. J. Mullin, *Introduction to the Structure of Matter* (Wiley).
- I. N. Levine, *Química Cuántica* (Reverté).
- C. Sánchez del Río (Coordinador), *Física Cuántica* (Pirámide).
- M. Alonso y E. J. Finn, *Fundamentos Cuánticos y Estadísticos. Vol III*. (Fondo Educativo Interamericano).
- R. P. Feynmann, R. Leighton y M. Sands, *Mecánica Cuántica*. (Addison-Wesley Iberoamericana).

Problemas

- R. Gautreau y W. Savin, *Teoría y Problemas de Física Moderna*. (Serie Schaum, McGraw-Hill).

	PROCESO DE COORDINACIÓN DE ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx (P/CL009_FC)		 Facultad de Ciencias
	Curso Académico: 2024-25	Código: P/CL009_FC_D002	

- N. Zettili, *Quantum Mechanics: Concepts and Applications* (Wiley)
- J. Tejada Palacios y J. García Roger, *Problemas de Física Atómica* (EUNIBAR).
- Y. Peleg, R. Pnini y E. Zaarur, *Theory and Problems of Quantum Mechanics* (Schaum's outlines, McGraw-Hill).

Otros recursos y materiales docentes complementarios

Páginas WEB útiles en Física Cuántica:

- [Un curso muy completo de Física Cuántica mediante hiperenlaces.](#)
- [Otro curso de Mecánica Cuántica en formato de página web](#)
- Valores precisos y actualizados de las constantes físicas en [National Institute of Standards and Technology](#).
- Propiedades de partículas elementales, constantes, coeficientes de Clebsch-Gordan, etc, en [Particle Data Group](#).
- [Microscopía electrónica de efecto túnel.](#)
- [Imágenes artísticas con microscopía electrónica de efecto túnel.](#)
- Selección de trabajos originales clásicos compilados por [Luis Navarro Veguillas](#) : [anteriores a 1900](#) y [posteriores a 1900](#)

Física Cuántica Virtual:

- [Imágenes del átomo de hidrógeno](#)
- [Wolfram Demonstrations Project](#)
- [Curso Interactivo de Física en Internet. Mecánica Cuántica \[\(C\) Angel Franco García, Universidad del País Vasco \(España\)\]](#)
- [ActivPhysics OnLine](#)
- [Quantum Physics Online \(english version\)](#). En francés: [Quantum Physics Online \(version française\)](#)
- [Enlaces sobre Física Cuántica](#)