

22-23

GRADO EN FÍSICA  
TERCER CURSO

# GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA



## FÍSICA CUÁNTICA II

CÓDIGO 61043070

UNED

22-23

FÍSICA CUÁNTICA II

CÓDIGO 61043070

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN  
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA  
EQUIPO DOCENTE  
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE  
TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS  
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE  
RESULTADOS DE APRENDIZAJE  
CONTENIDOS  
METODOLOGÍA  
SISTEMA DE EVALUACIÓN  
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA  
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA  
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

|                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| Nombre de la asignatura   | FÍSICA CUÁNTICA II |
| Código                    | 61043070           |
| Curso académico           | 2022/2023          |
| Departamento              | FÍSICA FUNDAMENTAL |
| Título en que se imparte  | GRADO EN FÍSICA    |
| Curso                     | TERCER CURSO       |
| Periodo                   | SEMESTRE 2         |
| Tipo                      | OBLIGATORIAS       |
| Nº ETCS                   | 6                  |
| Horas                     | 150.0              |
| Idiomas en que se imparte | CASTELLANO         |

## PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

La física cuántica es un pilar de la ciencia moderna. Desarrollada inicialmente para explicar el dominio atómico y subatómico, su campo de aplicación no ha dejado de crecer con el tiempo.

El objetivo de esta asignatura Física Cuántica II, que es continuación de Física Cuántica I (asignatura obligatoria y de 6 ECTS), es aplicar y desarrollar el formalismo matemático visto en Física Cuántica I para analizar problemas importantes de Mecánica Cuántica. La idea principal de este estudio es mostrar el potencial y la relevancia de la Física cuántica, resaltando su aplicabilidad a distintos sistemas físicos.

Como continuación de Física Cuántica I, esta asignatura presentará conceptos básicos que amplían las posibilidades de interpretación de muchos fenómenos de la naturaleza (por ejemplo, el espín). Por otra parte, se tratarán varias técnicas de aproximación, que permiten obtener soluciones aproximadas para problemas cuya solución exacta es imposible de alcanzar. Esa técnicas nos permitirán además hacer una descripción realista de diversos sistemas físicos (átomos, moléculas).

Todos los contenidos de la asignatura son, así mismo, relevantes para aquellos estudiantes que quieran cursar la asignatura que cierra el bloque de Física Cuántica en el cuarto curso del Grado: *Mecánica Cuántica* (asignatura optativa de cuarto curso y 5 ECTS).

También debemos reseñar que los conceptos y herramientas matemáticas adquiridos en las asignaturas de Física Cuántica serán fundamentales para abordar las asignaturas Física Estadística, Física del Estado Sólido y Física Nuclear y Subnuclear, todas ellas de cuarto curso.

Es necesario reseñar que el entendimiento de las posibles aplicaciones de la teoría cuántica es de vital importancia en estos días, ya que nuestra forma de vivir actual se basa en muchos casos en aplicaciones tecnológicas fundamentadas en las teorías cuánticas.

## REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR LA ASIGNATURA

Para abordar esta asignatura el estudiante deberá conocer la fenomenología básica que dio lugar al desarrollo de la Mecánica Cuántica que se explica en la asignatura de **Fundamentos de Física III** de segundo curso del grado en Física. También es recomendable que el estudiante domine los contenidos de las asignaturas de **Fundamentos de Física I y II** de primer curso y los conceptos principales de asignaturas de matemáticas relacionados con espacios vectoriales, espacios de Hilbert, la transformada de Fourier (contenidos de las asignaturas de **Métodos Matemáticos I y II**) y la estadística.

Es muy importante que el estudiante domine los contenidos de **Física Cuántica I** y que pueda utilizar con soltura los conocimientos básicos sobre radiación electromagnética que se imparten en la asignatura de **Electromagnetismo II** (de segundo curso).

Solamente si se tienen bien afianzados esos conocimientos previos es posible entender y aprovechar plenamente los contenidos de la asignatura de Física Cuántica II.

## EQUIPO DOCENTE

|                    |   |
|--------------------|---|
| Nombre y Apellidos | EVA MARIA FERNANDEZ SANCHEZ (Coordinador de asignatura) |
| Correo Electrónico | emfernandez@fisfun.uned.es                              |
| Teléfono           | 91398-8863  |
| Facultad           | FACULTAD DE CIENCIAS                                    |
| Departamento       | FÍSICA FUNDAMENTAL                                      |
| Nombre y Apellidos | JOSE ENRIQUE ALVARELLOS BERMEJO                         |
| Correo Electrónico | jealvar@fisfun.uned.es                                  |
| Teléfono           | 91398-7120  |
| Facultad           | FACULTAD DE CIENCIAS                                    |
| Departamento       | FÍSICA FUNDAMENTAL                                      |

## HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

La asignatura se imparte virtualizada, y en el curso virtual se ofrece una herramienta para el seguimiento de la asignatura: los **Foros de debate** por cada uno de los temas, con intención de ayudar a generar debate entre los estudiantes acerca de conceptos o aplicaciones y, como consecuencia, mejorar el aprendizaje.

Al plantear preguntas en los foros (dudas de teoría, ejercicios, problemas, etc.) tanto las dudas como las respuestas pueden ser también útiles para el resto de los estudiantes. Se pretende que en esos foros se inicien los debates planteando dudas o preguntas libremente, pero siempre proponiendo una respuesta meditada al respecto, aunque sea equivocada, indicando por qué se tienen dudas sobre la misma.

Además, a través de las herramientas de comunicación del Curso Virtual los alumnos pueden plantear sus dudas al Equipo Docente.

### Horario de atención al alumno

El estudiante puede contactar en todo momento a través del curso virtual o por correo electrónico con el equipo docente.

Profesora: Eva M. Fernández Sánchez (coordinadora)

E-mail: emfernandez@fisfun.uned.es

Teléfono: 91 398 8863

Horario: Miércoles, de 11:00 a 13:00 y de 15:00 a 17:00

Edificio Biblioteca UNED, planta 1 (Mediateca).

Paseo Senda del Rey 5. 28040 Madrid, España

Profesor: José E. Alvarellos

E-mail: jealvar@fisfun.uned.es

Teléfono: 91 398 7120

Horario: Miércoles, de 12:00 a 14:00 y de 16:00 a 18:00

Edificio Biblioteca UNED, planta 1 (Mediateca).

Paseo Senda del Rey 5. 28040 Madrid, España

## TUTORIZACIÓN EN CENTROS ASOCIADOS

En el enlace que aparece a continuación se muestran los centros asociados y extensiones en las que se imparten tutorías de la asignatura. Estas pueden ser:

- Tutorías de centro o presenciales:** se puede asistir físicamente en un aula o despacho del centro asociado.

- Tutorías campus/intercampus:** se puede acceder vía internet.

Consultar horarios de tutorización de la asignatura 61043070

## COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

Con el estudio de la asignatura el estudiante adquirirá las siguientes competencias generales:

**CG07** Resolución de problemas.

**CG09** Razonamiento crítico.

**CG10** Aprendizaje autónomo.

**CG11** Capacidad de análisis y síntesis.

Además, adquirirá las siguientes competencias específicas:

**CE01** Tener una buena comprensión de las teorías físicas más importantes: su estructura lógica y matemática, su soporte experimental y los fenómenos que describen; en especial, tener un buen conocimiento de los fundamentos de la física moderna. Será capaz de entender el concepto de espín y su relación con los resultados experimentales.

**CE02** Saber combinar los diferentes modos de aproximación a un mismo fenómeno u objeto de estudio a través de teorías pertenecientes a áreas diferentes.

**CE07** Ser capaz de identificar los principios físicos esenciales que intervienen en un fenómeno y hacer un modelo matemático del mismo; ser capaz de hacer estimaciones de

órdenes de magnitud y, en consecuencia, hacer aproximaciones razonables que permitan simplificar el modelo sin perder los aspectos esenciales del mismo.

**CE11** Ser capaz de trabajar con un alto grado de autonomía y de entrar en nuevos campos de la especialidad a través de estudios independientes.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- Analizar los experimentos que conducen a la introducción del espín.
- Exponer las diferencias que supone la indistinguibilidad de las partículas en el comportamiento de un sistema cuántico.
- Entender el significado de la teoría de perturbaciones independientes del tiempo
- Comprender la aplicación del método variacional en mecánica cuántica.
- Adquirir nociones básicas sobre el enlace químico.
- Desarrollar los diferentes modos de aproximación para perturbaciones dependientes del tiempo.
- Conocer la regla de oro de Fermi para probabilidades de transición.
- Conocer la relación entre niveles electrónico, vibracionales y rotacionales en moléculas.
- Resolver la ecuación de Schrödinger para problemas unidimensionales.
- Resolver problemas tridimensionales, en particular los invariantes bajo rotaciones (átomo de hidrógeno, oscilador armónico).
- Utilizar el principio de Pauli para explicar la estructura de la tabla periódica de los elementos.
- Aplicar la teoría de perturbaciones al cálculo de la estructura fina de los espectros atómicos.
- Escoger las funciones de prueba adecuadas para la obtención de cotas por el método variacional.

## CONTENIDOS

Tema 1: Espín. Partículas idénticas

Tema 2: Perturbaciones independientes del tiempo

Tema 3: Átomo de hidrógeno

Tema 4: Estructura fina e hiperfina

Tema 5: Átomos multielectrónicos

Tema 6: Perturbaciones dependientes del tiempo

Tema 7: Método variacional

Tema 8: La molécula de  $H_2^+$ . Enlace químico.

Tema 9: Moléculas

## METODOLOGÍA

La docencia de la asignatura se desarrolla de acuerdo a la metodología de la enseñanza a distancia característica de la UNED, en la que el trabajo autónomo personal y continuado del estudiante es pieza fundamental.

Este estudio autónomo se verá apoyado por el equipo docente a través del Curso virtual de la asignatura, en el que se ofrecen:

-- **material complementario** (que incluye una colección de problemas resueltos) que enmarca el contenido de los textos básicos dentro de la progresión de la asignatura, y ofrece complementos útiles.

-- los **Foros de debate** por cada uno de los temas, con intención de ayudar a plantear dudas y a generar debate entre los estudiantes acerca de ellas y de los conceptos o aplicaciones y, como consecuencia, mejorar el aprendizaje. Al plantear preguntas en los foros (dudas respecto a conceptos a aplicaciones, ejercicios, problemas, etc.), tanto las dudas como las respuestas pueden ser también útiles para el resto de los estudiantes. La participación activa en el debate será siempre bien vista por parte del Equipo Docente y solamente podrá tener consecuencias positivas en la calificación; los posibles errores, de concepto o de desarrollo, nunca serán contados negativamente para el alumno. Se pretende que en esos foros se inicien debates planteando dudas o preguntas libremente, pero siempre proponiendo una respuesta meditada al respecto, aunque sea equivocada, indicando por qué no se tiene seguridad sobre la misma.

-- herramientas para la realización de **pruebas de evaluación continua** (PECs), que se propondrán a través del Curso virtual, con el objetivo de fomentar el aprendizaje de la asignatura. Sobre la evaluación de esas pruebas, consúltese el apartado "*Sistema de evaluación*".

-- también se ofrecerá en el Curso virtual una distribución temporal (estimativa) de las diversas actividades del curso y una estimación del tiempo que se debe dedicar a cada tema. Siguiendo ese esquema temporal de la asignatura, el estudiante abordará de forma autónoma el estudio de los contenidos de los textos básicos.

## SISTEMA DE EVALUACIÓN

### TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

|                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| Tipo de examen                  | Examen de desarrollo |
| Preguntas desarrollo            | 4                    |
| Duración del examen             | 120 (minutos)        |
| Material permitido en el examen |                      |

En el examen se permitirá el uso de un libro de Tablas y Fórmulas. Dicho libro deberá ser un libro editado (en ningún caso un conjunto de hojas manuscritas por el estudiante) y no podrá contener anotaciones que no sean del texto editado.

### Criterios de evaluación

La puntuación de cada uno de las preguntas se incluirá en el enunciado de la prueba presencial. Se evaluará el planteamiento, desarrollo y resolución de cada una de las preguntas.

|  |     |
|--|-----|
| % del examen sobre la nota final                                 | 100 |
| Nota del examen para aprobar sin PEC                             | 5   |
| Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC | 10  |
| Nota mínima en el examen para sumar la PEC                       | 5   |

### Comentarios y observaciones

Para sumar la aportación de las pruebas de evaluación continua, el estudiante debe obtener en la prueba presencial al menos cinco puntos sobre diez.

### PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si

### Descripción

La primera prueba de evaluación continua o PEC1 consistirá en un test de calificación objetiva realizado en línea. La prueba se corresponderá con el contenido de los temas 1 a 4 de la asignatura.

**La segunda prueba presencial consistirá en un conjunto de preguntas similares a las que el estudiante encontrará en la Prueba Presencial. Los contenidos de la prueba corresponderán a los temas del 1 al 7 de la asignatura.**

### Criterios de evaluación



La puntuación de cada uno de las preguntas se incluirá en el enunciado de las PECs. Se evaluará el planteamiento, desarrollo y resolución de las mismas.

**La primera prueba de evaluación continua, o PEC1, es un test que podrá aportar hasta 0.5 puntos a la nota final de la asignatura. No es necesario alcanzar una puntuación mínima en la prueba.**

**La segunda prueba de evaluación continua tendrá una estructura similar a la Prueba Presencial. Podrá aportar hasta 1 punto a la nota final de la asignatura. No es necesario alcanzar una puntuación mínima en la prueba.**

|  |   |
|--|---|
| Ponderación de la PEC en la nota final | Suma hasta un máximo de 1,5 puntos. Su aportación se suma a la nota final de la prueba presencial en el caso de que al menos sea de cinco puntos sobre los diez posibles. |
| Fecha aproximada de entrega            | Serán anunciadas en el curso virtual.   |
| Comentarios y observaciones            |   |

Las pruebas de evaluación continua tienen carácter voluntario. Su contribución se añadirá a la calificación del examen si ésta es al menos de cinco puntos sobre diez.

#### **OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES**

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| ¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? | No |
| Descripción                           |    |
| Criterios de evaluación               |    |
| Ponderación en la nota final          | 0  |
| Fecha aproximada de entrega           |    |
| Comentarios y observaciones           |    |

#### **¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?**

-- Si el estudiante no ha realizado la prueba de evaluación continua, su nota será la obtenida en la Prueba Presencial.

-- **Si el estudiante ha realizado la evaluación continua, su aportación se podrá añadir a la calificación obtenida en la Prueba Presencial siempre que esta sea, al menos, de cinco sobre diez puntos. En caso de que el estudiante no alcance la puntuación requerida en la prueba presencial no se le sumará la nota de las PECs.**

**Nota sobre la convocatoria de septiembre: En caso de los estudiantes calificados en las PECs, su posible aportación a la calificación final se guardará para la convocatoria de septiembre. Solamente tendrán nota de las PECs si las han realizado en las fechas correspondientes del curso.**

## BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9786071601766

Título:INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA CUÁNTICA (2013, tapa blanda)

Autor/es:Luis De La Peña ;

Editorial:FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

ISBN(13):9788436833041

Título:FÍSICA CUÁNTICA (5ª edición, 2015)

Autor/es:Carlos Sánchez Del Río (Coordinador) ;

Editorial:PIRÁMIDE

Cualquiera de los dos textos que se mencionan en este apartado es suficiente, junto con los apuntes que hay en el curso virtual (y que son de apoyo) para preparar la asignatura.

El texto **FÍSICA CUÁNTICA** (7ª edición, 2020, Editorial Pirámide), cuyo coordinador es el profesor **Sánchez del Río**, es un libro colectivo de un grupo de profesores de la Universidad Complutense de Madrid.

El contenido de este texto es más amplio que el temario de la asignatura. Eso es una ventaja, aunque a costa de que sus contenidos estén un poco desperdigados, y de que el enfoque y la notación de los distintos temas no sea completamente uniforme. En cualquier caso, es un buen texto para utilizar a este nivel.

Para cubrir los contenidos del curso deben estudiarse, de este libro:

CAPÍTULOS COMPLETOS:

Caps. 13,14,19,20,23,24,26,27 y 28.

SECCIONES DE OTROS CAPÍTULOS:

Sec 12-3,

Sec14-1 a 14-3 y 14-4,

Sec 15-1 a 15-6.

El texto **INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA CUÁNTICA** (Luis de la Peña, Fondo de Cultura Económica) es un libro excelente, pero claramente más avanzado, de los mejores escritos en castellano sobre la materia. Su contenido es también más amplio que el temario de la asignatura, y puede servir de base para quien desee introducirse en temas más avanzados. También es algo heterodoxo cuando se trata de cuestiones de interpretación.

Además de los desarrollos teóricos contiene una gran cantidad de problemas resueltos y la tercera edición en tapas blandas permite la descarga online de muchos más problemas desde la propia editorial.

Los capítulos que cubren el contenido del curso son:

-- Caps 13,14,15,17,18 y 19.

## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9786077815051

Título:FUNDAMENTOS DE FÍSICA CUÁNTICA (1ª)

Autor/es:Pereyra Padilla, Pedro ;

Editorial:REVERTE

El texto *FUNDAMENTOS DE FÍSICA CUÁNTICA* (Editorial Reverté) es de un profesor de la Universidad Autónoma Metropolitana de México, y tiene un enfoque moderno. Mucho de su temario cubre los contenidos de la asignatura *Física Cuántica II*, aunque lo hace de manera bastante concisa.

## RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

**Todos los recursos de apoyo al estudio están contenidos en el Curso virtual.**

El estudiante ha de prestar particular atención a:

- 1.- El Material didáctico complementario, que complementa los textos básicos, y que incluye una colección de ejercicios y problemas.
  - 2.- El Curso Virtual, pues en él se podrá encontrar información actualizada sobre aspectos relacionados con la organización académica y actividades del curso, los anuncios acerca de las **pruebas de evaluación continua** (PECs), que tienen el objetivo de fomentar el aprendizaje de la asignatura, etc. Sobre la evaluación de esas pruebas, recuerde consultar el apartado "*Sistema de evaluación*".
  - 3.- Los *Foros de debate* del Curso virtual, que han de servir para que las dudas, comentarios y sugerencias sobre los temas de la asignatura se puedan compartir entre los miembros del curso.
  - 4.- Por otra parte, debe recordarse que en las bibliotecas de los Centros Asociados se puede consultar la bibliografía básica recomendada y la bibliografía complementaria.
- 

## IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.