10-11

GUÍA DE ESTUDIO DE LDI

MECANICA CUANTICA I (F.G.)

CÓDIGO 01074131

UNED

10-11

MECANICA CUANTICA I (F.G.)

CÓDIGO 01074131

ÍNDICE

OBJETIVOS
CONTENIDOS
EQUIPO DOCENTE
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
OTROS MATERIALES DID&AACUTE;CTICOS
IGUALDAD DE GÉNERO

OBJETIVOS

En el plan de estudios de Ciencias Físicas de la UNED, la Mecánica Cuántica se estudia en cuatro cuatrimestres divididos en una asignatura anual obligatoria de tercer curso, una asignatura cuatrimestral obligatoria en el cuarto curso de la especialidad de Física General, y una asignatura cuatrimestral optativa en el quinto curso de la misma especialidad. En el primer cuatrimestre se analizan diferentes procesos microscópicos desde un punto de vista fundamentalmente fenomenológico, dejando para el segundo cuatrimestre un estudio más formal que constituye una introducción a la Mecánica Cuántica propiamente dicha. La presente asignatura es continuación natural de este segundo cuatrimestre de tercer curso. Por tanto, se presupone que el estudiante está perfectamente familiarizado con los aspectos básicos del formalismo cuántico (representación de estados y observables, rudimentos de la teoría de la medida, evolución temporal y descripción de sistemas cuánticos sencillos).

El primer objetivo de esta asignatura es consolidar y profundizar en la exposición formal de la Mecánica Cuántica. Así, se repasarán conceptos básicos ya aprendidos en tercero y se presentarán nuevos contenidos: un tratamiento más profundo de la teoría de la medida y de la evolución temporal, la relación entre simetrías y leyes de conservación, la descripción de estados mezcla y los principios variacionales en mecánica cuántica.

A continuación se desarrollará la teoría del momento angular y del espín y se aplicará al caso de una partícula sometida a una fuerza central, prestando especial atención al paradigmático caso del átomo de hidrógeno. La adquisición de las herramientas necesarias para describir un sistema cuántico arbitrario se completa con el estudio de sistemas formados por partículas idénticas.

El tercer y último objetivo de la asignatura será el estudio de los métodos de aproximación para el cálculo de estados ligados. Estos métodos son imprescindibles para abordar el estudio de las asignaturas de Física Atómica y Molecular y Física Nuclear y Subnuclear del quinto curso de la especialidad.

CONTENIDOS

El contenido de la asignatura queda estructurado de acuerdo con el siguiente temario.

TEMA 1. EL FORMALISMO Y SU INTERPRETACIÓN I

1.1 Conceptos fundamentales: estados y observables.

El espacio lineal de los estados. Representación de observables. El espacio de los estados de una partícula. El espacio de los estados del espín.

1.2 Espacios de Hilbert y notación de Dirac.

Definición formal de un espacio de Hilbert. Funcionales lineales, espacio dual y vectores bra. Bases ortonormales. La transformada de Fourier y la delta de Dirac. Operadores lineales. Conjugación: operador adjunto. Operadores autoadjuntos. Proyectores ortogonales. Operadores unitarios. Autovalores y espacios propios. Espectro de un operador autoadjunto. Descomposición espectral. Producto tensorial.

1.3 Representaciones. Transformación de representaciones.

Conjunto completo de observables compatibles. Operadores de posición y momento: reglas canónicas de conmutación. La representación de posiciones y la Mecánica Ondulatoria. La

representación de momentos. La representación matricial y la Mecánica Matricial. Cambio de representación.

1.4 La medida en Mecánica Cuántica.

Preparaciones y medidas. Probabilidad en las medidas de observables. Valores medios e incertidumbre. Interacción entre medida y estado: reducción o colapso del estado cuántico. Compatibilidad y relación de incertidumbre generalizada. Entrelazamiento. La no localidad en Mecánica Cuántica: la paradoja EPR y las desigualdades de Bell.

1.5 Evolución temporal en Mecánica Cuántica.

Evolución temporal de los estados: la ecuación de Schrödinger. El operador de evolución temporal. Estados estacionarios. El teorema de Hellman-Feynman. Evolución temporal de valores medios. La imagen de Heisenberg. Desarrollo en serie del operador de evolución temporal: aproximación de Born. Probabilidades de transición y reglas de selección.

1.6. Estados mezcla y matriz densidad.

Estados mezcla. La matriz densidad. La medida en estados mezcla. Conexión con la física estadística.

1.7 Aplicación a sistemas cuánticos sencillos.

La partícula libre. Pozos cuadrados en una dimensión. El oscilador armónico en una dimensión. Sistemas separables.

TEMA 2: EL FORMALISMO Y SU INTEPRETACIÓN II

2.1 La aproximación semiclásica y el método WKB.

Límite clásico de la ecuación de Schrödinger. Soluciones básicas WKB. Soluciones en las cercanías de un punto de retroceso. Niveles de energía. Coeficientes de transmisión.

2.2 Principios variacionales en Mecánica Cuántica.

Principios variacionales. La teoría de Ritz. Cotas superiores a las autoenergías. Método variacional paramétrico. Cotas inferiores a las autoenergías.

2.3. Simetrías y leyes de conservación en Mecánica Cuántica.

Teoría general. Traslaciones y rotaciones. Transformaciones temporales. Simetrías y leyes de conservación. Algunas simetrías discretas.

TEMA 3. EL MOMENTO ANGULAR

3.1 El momento angular en Mecánica Cuántica.

Introducción. Momentos angulares generalizados. El espacio de los estados del momento angular.

3.2 Momento angular orbital.

Propiedades generales. Autoestados y espectro del momento angular orbital: armónicos esféricos. Reducción del hamiltoniano para fuerzas centrales. El oscilador armónico isótropo. Representación matricial. Momento angular orbital y rotaciones.

3.3 El espín del electrón.

Partícula en un campo electromagnético. Significado físico del espín. Espacio de los estados de una partícula con espín. La ecuación de Pauli.

3.4 Composición de momentos angulares.

Teoría general: reglas de composición y coeficientes de Clebsch-Gordan. Algunos casos particulares.

TEMA 4. ÁTOMOS MONOELECTRÓNICOS

4.1 Reducción del problema de dos cuerpos.

Planteamiento del problema. Sistema centro de masas y partícula reducida.

4.2 Estados estacionarios de átomos monoelectrónicos.

Planteamiento del problema. Autofunciones de la energía en la representación de posiciones. El teorema del virial. El método de operadores.

TEMA 5. PARTÍCULAS IDÉNTICAS

5.1 Partículas idénticas e indistinguibilidad.

Sistemas cuánticos de varias partículas. El principio de simetrización.

5.2 Bosones y fermiones.

Bosones y fermiones: teorema de conexión espín-estadística. Partículas idénticas sin interacción. El principio de exclusión. Efectos de la estadística sobre el espectro energético.

TEMA 6. LA TEORÍA DE PERTURBACIONES

6.1 Perturbaciones estacionarias.

Teoría de perturbaciones para niveles no degenerados. Teoría de perturbaciones para niveles degenerados. El efecto Stark. El efecto Zeeman.

6.2 Perturbaciones dependientes del tiempo.

Perturbaciones constantes y la aproximación súbita. La aproximación adiabática. Tratamiento perturbativo y relación con la aproximación de Born. Perturbaciones periódicas y la regla de oro. Absorción y emisión de radiación.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	JULIO JUAN FERNANDEZ SANCHEZ
Correo Electrónico	jjfernandez@fisfun.uned.es
Teléfono	91398-7142
Facultad	FACULTAD DE CIENCIAS
Departamento	FÍSICA FUNDAMENTAL

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13):9780471569527
Título:QUANTUM MECHANICS (2ª)
Autor/es:
Editorial:WILEY

ISBN(13):9789681678562
Título:INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA CUÁNTICA
Autor/es:
Editorial:FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

COHEN-TANNOUDJI, C.; DIU, B. et LALÖE, F.: *Mecanique Quantique*, Tomo I et II. Hermann, París. Existe también edición inglesa: *Quantum Mechanics*. Wiley, New York.

Aunque no está editado en español, citamos este libro por ser sin duda uno de los mejores y más didácticos libros de texto existentes. Por ello, **nosotros lo aconsejamos vivamente a aquellos alumnos que puedan consultarlo en cualquiera de los idiomas en los que está publicado**.

DE LA PEÑA, LUIS: *Introducción a la Mecánica Cuántica* (UNAM-FCE, México, 3.ª edición, 2006).
Es un libro excelente. Dado que está escrito en español es recomendable sin duda alguna para todos aquellos alumnos que prefieran estudiar en este idioma. Contiene también un buen número de problemas ilustrativos resueltos. La tercera edición contiene temas como la interpretación probabilista y la teoría de la medida que no eran mencionados en ediciones anteriores. Pese a todo, el tratamiento que se da a estos temas es bastante exiguo.

Puede adquirirse en:
Librería Juan Rulfo, del Fondo de Cultura Económica de España S.L. c/ Fernando el Católico 86, 28015 Madrid Teléfono: 91 543 29 04 / 29 60 Fax: 91 549 86 52 Correo electrónico: libreriafce@terra.es o fondodeculturae@terra.es Página web: www.fcede.es

MESSIAH, A.: *Mecánica Cuántica.* Vol. I y II. Ed. Tecnos.
La edición está agotada y no hay planes de reeditarlo. Sin embargo, hay una edición reciente edición inglesa, económica, en un único volumen, *Quantum Mechanics* en Dover. New York, 1999.
Se trata de uno de los textos clásicos de la disciplina. Hace más énfasis en los aspectos matemáticos del formalismo y utiliza la notación de Dirac, que requiere al principio algún esfuerzo de adaptación pero que, a la larga, resulta mucho más potente, cómoda y conveniente. El principal inconveniente es que el temario de nuestra asignatura queda excesivamente desperdigado entre sus dos volúmenes.
BALLENTINE, L. E.: *Quantum Mechanics.* World Scientific, 1998.
Este libro expone un desarrollo moderno, como reza el subtítulo del libro, y discute los problemas de interpretación de la Mecánica Cuántica de manera más profunda, y también más heterodoxa, que otros textos.
Cualquiera de los textos anteriores debe ser suficiente para que un alumno de cuarto curso prepare la asignatura adecuadamente.
Hay que advertir, por otra parte, que estos libros presentan algunas diferencias notables en cuanto enfoque y notación. Para paliar estas diferencias entre los textos-base, en el Curso Virtual de la asignatura habrá material complementario en donde figurará una guía detallada de las secciones que en cada libro cubren los diferentes temas, y notas complementarias sobre distintos apartados del temario, especialmente los que están más dispersos en los textos citados.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

ISBN(13):9788420681207
Título:MECÁNICA CUÁNTICA (1)
Autor/es:
Editorial:ALIANZA EDITORIAL, S.A.

ISBN(13):9788420681450
Título:FÍSICA CUÁNTICA (1)
Autor/es:
Editorial:ALIANZA EDITORIAL, S.A.

ISBN(13):9788429140637
Título:MECÁNICA CUÁNTICA (VOLUMEN III) (1ª)
Autor/es:
Editorial:REVERTÉ

ISBN(13):9788436254563
Título:INTRODUCCIÓN AL FORMALISMO DE LA MECÁNICA CUÁNTICA (2ª)
Autor/es:
Editorial:U.N.E.D.

ISBN(13):9788448198404
Título:FÓRMULAS Y TABLAS DE MATEMÁTICA APLICADA
Autor/es:
Editorial:MC GRAW HILL

ISBN(13):9788478003303
Título:MECÁNICA CUÁNTICA. FUNDAMENTOS Y APLICACIONES (2009)
Autor/es:
Editorial:EDICIONES UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

GARCÍA GONZÁLEZ, P.; ALVARELLOS, J. E. y GARCÍA SANZ, J.: *Introducción al formalismo de la Mecánica Cuántica.* Cuadernos de la UNED, Ed. UNED.
Aunque sólo trata parcialmente el tema primero, este texto-base de la asignatura de tercer curso es muy recomendable para aquellos alumnos que quieran fundamentar, tanto desde un punto de vista matemático como físico, el formalismo de los textos recomendados.

ALONSO M.; VALK H.: *Mecánica Cuántica. Fundamentos y aplicaciones*
Un texto recientemente traducido al castellano en el que se abordan todos los temas del curso, incluyendo aplicaciones en física atómica. La exposición es bastante didáctica,

aunque se echa en falta una colección de problemas resueltos.

LEVICH, B.: *Mecánica Cuántica*. Volumen III del Curso de Física Teórica. (Ed. Reverté, Barcelona)
Este texto está pensado como un paso intermedio hacia el Curso de Física Teórica de Landau; por ello, su nivel resulta bastante accesible aunque su notación es algo anticuada.

LANDAU, L. D. y LIFSHITZ, E. M.: *Mecánica Cuántica.* Vol. III del Curso de Física Teórica, Ed. Reverté.
Un libro clásico, ampliamente reconocido en todo el mundo, aunque debido a su fecha de edición conserva una notación algo anticuada. Como ya se ha comentado en el apartado relativo a los texto-base, el Curso de Landau presenta una afinidad notable, aunque a un nivel superior, con el Curso de Levich.

LANDAU, L. D. y LIFSHITZ, E. M.: *Mecánica Cuántica.* Vol. II del Curso Abreviado de Física, Ed. MIR, Moscú.
Una versión reducida del libro anterior.

VELARDE, G: *Mecánica Cuántica.* McGraw-Hill/Interamericana de España, Madrid.
Este libro incluye todo lo necesario para el estudio de esta asignatura, siempre que se complemente con el material que se envía desde la Sede Central. Pero en ocasiones resulta demasiado conciso, lo que puede dificultar el estudio. Por otra parte, adolece de la falta de enunciados de problemas.

GALINDO, A. y PASCUAL, R.: *Mecánica Cuántica*. Vol. I y II. EUDEMA Universidad, Madrid.
Libro excelente, que cubre totalmente el programa pero que, a causa de su rigor matemático muy elevado, puede resultar algo difícil para los alumnos que no posean los conocimientos matemáticos (espacios de Hilbert, teoría de la medida, resolución espectral de operadores) requeridos para su lectura. Existe un volumen adicional con problemas resueltos.

YNDURAIN, F. J.: *Mecánica Cuántica.* Alianza Universidad Textos, Madrid.
Aunque es un libro de nivel matemático accesible, la extremada concisión de sus explicaciones puede suponer una dificultad para un estudio individualizado.

SÁNCHEZ GUILLÉN, J. y BRAUN, M. A.: *Física Cuántica.* Alianza Universidad Textos, Madrid.

Libros de Problemas

DE LA PEÑA, L. y VILLAVICENCIO, M.: *Problemas y ejercicios de Mecánica Cuántica* (UNAM-FCE, 2003, ISBN: 968-16-7035-3), que se puede obtener en la librería Juan Rulfo antes mencionada.
Complementa al libro de teoría de DE LA PEÑA y contiene todas las soluciones a los problemas propuestos en éste.

LIM, Y.-K.: *Problems and solutions on Quantum Mechanics.* World Scientific, 1998. ISBN: 981-02-3133-4
Libro con unos 380 problemas resueltos, de todos los temas de la asignatura.

PELEG, Y.; PNINI,R. y ZAARUR, E.: *Schaum´s Outline of Theory and Problems of Quantum Mechanics.* Ed. McGraw-Hill, 1998.ISBN: 9780070540187
Libro de problemas resueltos, con una breve introducción teórica en cada capítulo.

FERNÁNDEZ ÁLVAREZ-ESTRADA, R. y SÁNCHEZ GÓMEZ, J. L.: *100 problemas de Física Cuántica*. Alianza Editorial, 1996.

SQUIRES, G. L.: *Problems in Quantum Mechanics* . Cambridge University Press, 1995.
Su nivel es intermedio entre las asignaturas de tercero y de cuarto cursos.

GALINDO, A. y PASCUAL, R.: *Problemas de Mecánica Cuántica.* EUDEMA Universidad, Madrid.
El libro de problemas de los textos de Galindo y Pascual, con un rigor matemático elevado.

FLÜGGE, S.: *Practical Quantum Mechanics.* Springer Verlag, Berlín.
CONSTANTINESCU, F. y MAGYARI, E.: *Problems in Quantum Mechanics.* Pergamon, Oxford.
Estos dos últimos libros son clásicos. El segundo de ellos tiene una pequeña introducción teórica en cada capítulo. Ambos abarcan la totalidad del temario de esta asignatura.

Tablas Matemáticas

SPIEGEL, M. R., LIU, J. y ABELLANAS, L.: *Fórmulas y tablas de matemática aplicada.* Ed. McGraw-Hill, Serie Schaum, 2000.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

PRUEBAS PRESENCIALES

La Prueba Presencial (en mayo/junio o en la convocatoria extraordinaria de septiembre) determinará la calificación de la asignatura.

El examen consistirá en la realización de tres problemas que serán similares a los que se proponen o resuelven en el material complementario que está a disposición de los alumnos en el Curso Virtual. Cada problema se evaluará de cero a diez y la calificación final del examen será la media de las notas obtenidas en cada problema. La nota mínima para aprobar el examen y, por tanto, la asignatura será un cinco.

En las pruebas se autoriza el uso de un único libro-base, de las notas complementarias de teoría (no la colección de problemas resueltos) y de unas tablas de fórmulas matemáticas.

PRUEBAS DE EVALUACIÓN A DISTANCIA

En esta asignatura no existen Pruebas de Evaluación a Distancia. No obstante, a lo largo del curso se propondrán problemas con fecha de entrega cerrada. La realización y entrega de estos problemas **no es obligatoria pero sí muy recomendable**. Su presentación será tenida en cuenta siempre favorablemente en la calificación final, pudiendo elevar ésta hasta dos puntos, pero *siempre y cuando la nota obtenida en la Prueba Presencial sea al menos un 4*.

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Miércoles de 16,00 a 20,00 horas, excepto las semanas de exámenes (cuando un miércoles sea festivo, el horario de consulta pasa al siguiente día lectivo).

Dr. D. Pablo García González
Despacho 207 Tel.: 91 398 76 36
Dr. D. José Javier García Sanz
Despacho 203 Tel.: 91 398 71 25

Los despachos se encuentran situados en el edificio de la Facultad de Ciencias, Senda del Rey, 9. 28040 Madrid.

Téngase en cuenta, no obstante, que el medio de comunicación habitual de la asignatura es el Curso Virtual, que dispone de las herramientas adecuadas para que los alumnos puedan plantear sus consultas.

Para cualquier comunicación por correo ordinario con los profesores de esta asignatura en la Sede Central, la dirección postal es:

Nombre del profesor
Departamento de Física Fundamental, UNED

Apdo. de Correos 60.141
28080 Madrid

OTROS MATERIALES DID&AACUTE;CTICOS

La asignatura se imparte virtualizada a través del correspondiente Curso Virtual al que tienen acceso todos los alumnos matriculados en la misma. El equipo docente introducirá en el curso diverso material complementario y de apoyo para el estudio de la asignatura. Asimismo, utilizando las herramientas de comunicación, en los Foros de Debate del curso se plantearán y discutirán las dudas y consultas de los alumnos.

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.