

**PROGRAMA DE LA ASIGNATURA:
MECANICA CUANTICA
Curso académico 2009/2010**

Identificación y características de la asignatura				
Denominación	MECANICA CUANTICA		Código	103946
Créditos (T+P)	8T+4P			
Titulación	LICENCIADO EN FISICA			
Centro	FACULTAD DE CIENCIAS			
Curso	4º	Temporalidad	ANUAL	
Carácter	TRONCAL			
Descriptor (BOE)	Formalismo matemático de la Mecánica Cuántica. Postulados. Métodos aproximados. Partículas idénticas. Teoría de colisiones. Introducción a la Mecánica Cuántica Relativista.			
Profesor/es	Nombre	Despa cho	Correo-e	Página web
	Jaime Sañudo Romeu	B007	jsr@unex.es	http://www.unex.es/fisica/
Área de conocimiento	FÍSICA ATOMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR			
Departamento	FISICA			
Profesor coordinador (si hay más de uno)				

Objetivos y/o competencias

OBJETIVOS GENERALES DE LA ASIGNATURA:

- Iniciarse en el estudio del problema de dispersión de partículas y estados ligados en casos sencillos.
- Adquirir las nociones básicas del formalismo matemático de la Mecánica Cuántica.
- Adquirir los conocimientos básicos para comprender la evolución temporal de los sistemas cuánticos y de los mecanismos de medida.
- Conocimiento del momento angular y de los armónicos esféricos.
- Conocer el tratamiento de dos cuerpos en interacción con un potencial central.
- Saber manejar partículas con spín.
- Conocimiento de la composición de momentos angulares.
- Entender la indistinguibilidad de las partículas idénticas y sus consecuencias.
- Saber manejar perturbaciones tanto estacionarias como dependientes del tiempo.
- En esencia que el alumno aprenda las reglas de juego que rigen en el microcosmos de una manera formal para que se pueda enfrentar más tarde con éxito a las asignaturas de Física Atómica, Estado Sólido, Física Nuclear, Física de Partículas, y en general a todas que cabría englobar como Física Moderna

OBJETIVOS ESPECIFICOS: APTITUDES/DESTREZAS:

- Saber calcular los coeficientes de transmisión y reflexión en casos sencillos de dispersión de partículas así como determinar el espectro de estados ligados.
- Manejar con soltura el formalismo básico, en particular la notación de Dirac: Operadores, bases, representaciones, etc.
- Determinar la evolución temporal en sistemas sencillos.
- Calcular valores medios y elementos de matriz de magnitudes físicas del sistema.
- Obtener las probabilidades para los posibles resultados de una medida.
- Aprender a resolver problemas con potenciales centrales, planteando la ecuación radial: Oscilador armónico y átomos hidrogenoideos.
- Saber usar los armónicos esféricos.
- Comprender el concepto de momento angular y saber manejar sus propiedades algebraicas para calcular magnitudes físicas.
- Tener conocimiento de la estructura de estados de partículas con spín.
- Utilizar el método aproximado adecuado al sistema físico en estudio.
- Saber calcular en casos sencillos la influencia sobre el sistema de una perturbación tanto estacionaria como dependiente del tiempo.

Temas y contenidos

(especificar prácticas, teoría y seminarios, y actividades en general, en su caso)

TEMARIO *

1. **ONDAS Y PARTÍCULAS.-** Ondas electromagnéticas y fotones. Aspectos ondulatorios de los sistemas materiales. Descripción cuántica de una partícula libre: Paquete de ondas. Principio de Incertidumbre de Heisenberg. Partículas en potenciales escalares independientes del tiempo. Comportamiento de un paquete de ondas en potenciales cuadrados unidimensionales. Coeficientes de reflexión y de transmisión. Caso de potenciales tipo delta. Resolución aproximada de problemas unidimensionales. Procedimiento gráfico. **(Teoría y Problemas)**

2. **ESPACIOS DE HILBERT.-** Espacio de las Funciones de Onda de una partícula. Espacio de los Estados: Notaciones de Dirac. Representaciones en el espacio de los Estados. Ecuación de los valores propios. C.C.O.C. Ejemplos de Representaciones y de Observables. Producto tensorial de Espacios de Estados. Propiedades de los Operadores Lineales. Operadores Unitarios. Estudio sobre las Representaciones $\{|r\rangle\}$ y $\{|p\rangle\}$. Operador Paridad. Pozo de potencial infinito en una, dos y tres dimensiones. **(Teoría y Problemas)**

3. **POSTULADOS DE LA MECÁNICA CUÁNTICA.-** Repaso de Mecánica Clásica e introducción a la Mecánica Cuántica. Postulados de la Mecánica Cuántica. Interpretación física de los postulados sobre los observables y su medida. Contenido físico de la ecuación de Schrödinger. Sistemas conservativos. Constantes del movimiento Principio de superposición. Desviación cuadrática media de dos observables conjugados. El Operador Densidad. Operador de Evolución. Punto de vista (o imagen) de Heisenberg. Imagen de Interacción. **(Teoría y Problemas)**

4. **OSCILADOR ARMÓNICO EN UNA DIMENSIÓN.-** Introducción. Valores propios del Hamiltoniano. Vectores propios del Hamiltoniano. Discusión física. Estados estacionarios del oscilador armónico Unidimensional. Estados coherentes. Oscilador armónico tridimensional. Vibraciones de los núcleos de una molécula diatómica. Átomos muónicos pesados. El oscilador armónico cargado en la presencia de un campo eléctrico uniforme. **(Teoría y Problemas).**

5. **MOMENTOS CINÉTICOS EN MECÁNICA CUÁNTICA.-** Propiedades Generales. Teoría general del Momento Cinético. Aplicación al Momento Cinético Orbital. El rotor rígido. **(Teoría y Problemas).**

6. **PARTÍCULA EN UN POTENCIAL CENTRAL: ÁTOMO DE HIDRÓGENO.-** Sistemas de dos partículas. Atomo de Hidrógeno. Introducción a la tabla periódica de los elementos. Sistemas hidrogenoides. Efecto Zeeman. Espectro vibracional-rotacional de moléculas diatómicas. **(Teoría y Problemas).**

7. **EL SPIN.-** Introducción. Postulados de Pauli. Propiedades particulares de un

momento angular $\frac{1}{2}$. Cálculo de las previsiones físicas. Isospin. Relación spin-estadística. (Teoría y Problemas).

8. **COMPOSICIÓN DE MOMENTOS CINÉTICOS.-** Introducción. Composición de dos spines $\frac{1}{2}$: método elemental. Partículas idénticas. Composición de dos momentos cinéticos cualesquiera: método general. Ejemplos. Coeficientes de Clebsch-Gordan. Teorema de Wigner-Eckart. (Teoría y Problemas).
9. **MÉTODOS APROXIMADOS PARA LA RESOLUCIÓN DE LA ECUACIÓN DE SCHRÖDINGER.-** Perturbaciones estacionarias: Casos de nivel no degenerado y degenerado. Aplicación: Otros términos de potencial en el oscilador. El efecto de volumen en átomos. El método variacional. Ejemplos. (Teoría y Problemas).
10. **PERTURBACIONES DEPENDIENTES DEL TIEMPO.-** Introducción. Aplicación a perturbaciones constantes y armónicas. Regla de oro de Fermi. (Teoría y Problemas).
11. **ECUACIÓN DE ONDAS RELATIVISTAS.-** Introducción general: Ecuaciones de Klein-Gordon y de Dirac. (Teoría).

Este último tema está, en esencia, desgranado en diferentes temas anteriores (implementación de la ecuación de Schrödinger). Su estudio concreto en un tema dependerá de las disponibilidades horarias, y en todo caso será meramente descriptivo.

TEMPORIZACION DE LA ASIGNATURA

La Asignatura de Mecánica Cuántica abarca un curso completo anual, dicho de otra manera dos semestres en el lenguaje de Bolonia, o en lo que todos entendemos mejor como dos cuatrimestres. Si somos más realistas debemos descontar las vacaciones de Navidad y de Semana Santa. Es decir, nos quedan siete meses, o lo que es lo mismo de 30 semanas (habrá algún día que caiga en fiesta o algún puente, dejamos esas “pequeñas” correcciones). Como se señala más adelante el curso lo dividiremos en dos partes de aproximadamente el 50% .Si somos un poco más precisos, la materia del primer parcial es un poco más corta que la del segundo. De modo que al primer parcial le corresponden unas 14 semanas reales de clase mientras al segundo parcial unas 16 semanas reales. Especificando un poco más tenemos La siguiente distribución.

Tema 1: 2,5 semanas

Tema 2: 5,5 semanas

Tema 3: 6 semanas
Tema 4: 2,5 semanas
Tema 5: 2,5 semanas
Tema 6: 2,5 semanas
Tema 7: 2,5 semanas
Tema 8: 2,5 semanas
Tema 9: 2,5 semanas
Tema 10: 1 semana

METODOLOGÍA Y ACTIVIDADES

Debemos recordar que el curso de Mecánica Cuántica está concebido como un curso Teórico, es decir no hay prácticas de laboratorio. Cada tema lleva su hoja de ejercicios (problemas) correspondiente. De hecho, se hacen un número suficiente de ejercicios para ir aclarando al alumno las sucesivas lecciones en que se divide el Tema.

Al alumno, por otra parte, se le ofrecen la posibilidad de una serie de actividades tal como vienen descritas en los criterios de valuación.

RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIO

Se recomienda a los alumnos el haber cursado la asignatura de Física Cuántica.

Mecánica Cuántica Virtual

Actualmente sólo tenemos acceso a una página WEB colectiva de la Universidad (y otra para el Departamento de Física, cuya dirección he puesto en la primera hoja). Sólo ciertos profesores en un primer momento pudieron obtener el correspondiente permiso. La mayoría estamos pendientes de la regularización de la creación de páginas WEB personales por parte de la Universidad. No obstante puedo señalar que unas buenas referencias para poder tener un curso Virtual en Mecánica Cuántica las podemos obtener en la página WEB correspondiente a Física Cuántica. Un curso virtual de Mecánica Cuántica que a mi modo de ver es interesante es: *Interactive Quantum Mechanics* (Springer-Verlag, 20003) por S. Brandt, H.D. Dahnmen y T. Stroh. Este libro dispone del CD titulado InterQuanta en el que vienen ejemplos (y que podemos nosotros modificar los parámetros para abarcar muchas situaciones físicas) de 1D-3D tanto de estados ligados como de dispersión. Funciones Matemáticas de

aplicación en la Mecánica Cuántica, así como el problema de dos partículas en interacción. Los alumnos que lo deseen pueden utilizar el programa en el Departamento como un elemento de ayuda al estudio

* Es recomendable establecer una temporalidad, al menos aproximada

Criterios de evaluación

En una aproximación a lo que sería una evaluación continua, en el curso se realizarán dos parciales. El primero coincidiendo, aproximadamente, con el primer cuatrimestre; mientras el segundo vendrá a coincidir con el segundo cuatrimestre. Las fechas aproximadas serán: entre finales de Enero y el comienzo del segundo cuatrimestre para el primer parcial, y a finales de Mayo para el segundo parcial. Las fechas concretas se fijarán lo antes posible para que el alumno tenga toda la información posible para poder planificar el estudio.

El examen consistirá en la resolución de unos ejercicios en los cuales se simultanean preguntas y cuestiones relacionadas con conceptos teóricos para ver la comprensión del alumno sobre la materia estudiada, así como el grado de entendimiento e interpretación de los resultados obtenidos en los diversos apartados que comprenden los ejercicios.

Para la realización de los ejercicios, el alumno podrá disponer de un pequeño guión que él mismo habrá elaborado.

En el primer parcial la materia abarcada será la comprendida entre los temas 1 a 3 (aproximadamente 50% del curso) y para el segundo parcial la comprendida entre los temas 4 al 10 (resto de la materia del curso).

La asignatura es global: se aprueba íntegra. Los alumnos deben superar el 5 en cada parcial. Se admite una compensación con el otro parcial si la nota supera el 4. Los alumnos que hayan superado con éxito los parciales estarán exentos del examen de Junio.

TRABAJOS VOLUNTARIOS

- 1) Con el fin de potenciar la actividad creadora y motivar al alumno se le ofrece la posibilidad de realizar un trabajo de modo voluntario y académicamente dirigido por el profesor de la asignatura.

Su extensión será de unas cinco o seis páginas mínimo, figurando en ellas el título de del trabajo y nombre del autor (en el encabezando de la primera página) así como las referencias necesarias para la comprensión y ulterior posible desarrollo del trabajo.

En principio el tema es libre, pero siempre relacionado con la asignatura. Puede ser un tema de actualidad o incluso la resolución detallada de un ejercicio. Lo básico aquí es que el alumno sepa expresarse y comunicar sus conocimientos (desarrollo de capacidades transversales). El trabajo, que como ha quedado dicho es voluntario, puede tener una incidencia en la nota final de un punto positivo. **El trabajo debe defenderse en público.** Se considerará especial mérito la buena exposición y defensa del trabajo (0.25 puntos más).

Antes de acabar el primer cuatrimestre el alumno debe presentarse al profesor con el

tema seleccionado. Antes de las vacaciones de Semana Santa el alumno debe entregar el trabajo personalmente al profesor. Entre estos dos periodos de tiempo habrá realizado algún borrador que será corregido atendiendo a las sugerencias del profesor de la asignatura. La exposición se realizará a la vuelta de Semana Santa.

- 2) En el primer cuatrimestre, que es cuando el alumno está más descansado y es el momento de motivarlo, se propondrán la formación de grupos de no más de tres alumnos cada uno.

A cada grupo se le propondrá la realización de uno o dos ejercicios de la segunda hoja de problemas (y otro tanto de la tercera). Deberán realizarlos en la pizarra (previo acuerdo del día, pero siempre en fechas relacionadas con la realización del resto de ejercicios de cada hoja). Cada alumno realizará una parte del ejercicio en la pizarra. Cada grupo deberá entregar dicho ejercicio por escrito al profesor.

La incidencia sobre la calificación obtenida en el examen del primer parcial puede ser de un punto.

- 3) De vez en cuando, casi siempre en el primer cuatrimestre, pero que se procurará también en el segundo, el profesor propondrá la realización de algún pequeño ejercicio (al menos uno). La resolución del mismo se entregará por escrito al profesor. La incidencia sobre la calificación obtenida en cada examen parcial puede ser de 0.25 puntos.

Bibliografía

Básicos:

- C. COHEN-TANNOUDJI, B. DIU y F. LALOË: *Mecanique Quantique*. Tomos I y II. Hermann (1980).[Existe edición en inglés por parte de Wiley].
- A. MESSIAH: *Mecánica Cuántica*. Tomos I y II. Tecnos (1975).
- L.I. SCHIFF: *Quantum Mechanics*: McGraw-Hill Kogakusha (1968).

Recomendados:

- S. BOROWITH: *Fundamentos de Mecánica Cuántica*. Reverté (1973).
- A. BOHM: *Quantum Mechanics (foundations and applications)*. Springer (1993).
- R.H. DICKE Y J.P. WITTKE: *Introducción a la Mecánica Cuántica*. Librería Gral. (1975).
- P.A.M. DIRAC: *The Principles of Quantum Mechanics*. Oxford Univ. Press (1958).
- A. GALINDO y P. PASCUAL: *Mecánica Cuántica*. Alhambra (1978).
- W. GREINER: *Quantum Mechanics (an Introduction)*. Springer (2001).
- W. GREINER: *Quantum Mechanics (Symmetries)*. Springer (2000).

- L.D. LANDAU y E.M. LIFSHITZ: *Mecánica Cuántica (Teoría no relativista)*. Vol. 3 del Curso de Física Teórica. Reverté (1972).
- E. MERZBACHER: *Quantum Mechanics*. 3ª edición. John Wiley and Sons., Inc. (1998).
- F. YNDURAIN: *Mecánica Cuántica*. Alianza Universidad (1988).
- F. YNDURAIN: *Mecánica Cuántica Relativista*. Eudeba (1990).
- J. J. SAKURAI: *Modern Quantum Mechanics*. Addison-Wesley (1993).

Problemas:

- Y. AYANT et E. BELORIZKY: *Cours de Mécanique Quantique*. Dunod (1974).
- F. CONSTANTINESCU and E. MAGYARI: *Problems in Quantum Mechanics*. Pergamon Press (1982).
- S. FLÜGGE: *Problems in Quantum Mechanics*. Springer (1974).
- A. Galindo y P. Pascual: *Problemas de Mecánica Cuántica*. Eudeba (1989).
- Y.K. LIM: *Problems and solutions on Quantum Mechanics*. World Scientific (1998).
- D. ter Haar: *Selected Problems in Quantum Mechanics*. Infosearch (1964).

Tutorías

Según normativa vigente los horarios de las tutorías deben figurar en lugar visible. Habitualmente se podrán en la propia puerta del despacho, siendo generalmente el horario de 12 a 14 horas. No obstante, como el número de alumnos es poco numeroso no nos limitaremos a encorsetar las dudas, revisiones de exámenes, trabajos, etc. al horario previsto si no que habrá una disponibilidad, en general amplia, para atender todas estas cuestiones en otros horarios.

	Horario	Lugar
Lunes		
Martes		
Miércoles	12-14 horas	Habitualmente el Despacho del Profesor (B007 del edificio de Físicas)
Jueves	12-14 horas	Habitualmente el Despacho del Profesor (B007 del edificio de Físicas)
Viernes	12-14 horas	Habitualmente el Despacho del Profesor (B007 del edificio de Físicas)