



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Ciencias Físicas

Sílabo

CFO703 Mecánica Cuántica II
5 créditos
13.1 Escuela Profesional de Física
14 semanas
4 horas de teoría y 2 horas de práctica
Dr. Pablo H. Rivera
Departamento Académico de Física del Estado Sólido

Objetivo

Comprender cómo los conceptos básicos, adquiridos en la primera parte del curso, para caracterizar la dinámica de los sistemas cuánticos son aplicados en una variedad de problemas que abarca desde el problema de dos cuerpos, como el átomo de hidrógeno y sus correcciones relativísticas, hasta el problema de muchos cuerpos, así como el tratamiento de la interacción radiación-materia, la cuantización del campo electromagnético, el estudio de los estados enmarañados que se manifiestan en las bandas de valencia próximas a la energía de Fermi.

Contenido

Simetría rotacional y traslacional en el problema de dos cuerpos Elementos de la mecánica ondulatoria en tres dimensiones. Invariancia traslacional y conservación del momento lineal. Coordenadas relativas y coordenadas de centro de masa. Estimando las energías del estado fundamental usando las relaciones de incertidumbre. Invariancia rotacional y conservación del momento angular. Un conjunto completo de observables conmutantes. Vibraciones y rotaciones de una molécula diatómica. Representaciones en el espacio de posición de L en coordenadas esféricas. Autofunciones del momento angular orbital. *Lectura:* Cap.9 de la referencia [1].

Estados ligados en potenciales centrales El comportamiento de la función de onda radial próximo al origen de coordenadas. El potencial coulombiano y el átomo de hidrógeno, las autofunciones hidrogenoides y degenerescencia. El pozo esférico finito y el deuterón. El pozo esférico infinito. El oscilador esférico isotrópico tridimensional, en coordenadas cartesianas, en coordenadas esféricas y degenerescencia. *Lectura:* Cap.10 de la referencia [1].

Teoría de perturbaciones I Teoría de perturbaciones no degenerado. Oscilador armónico en un campo eléctrico. Teoría de perturbaciones degenerado. Efecto Stark en el hidrógeno. Molécula de amoníaco en un campo eléctrico externo. Perturbaciones relativísticas al átomo de hidrógeno. Los niveles de energía del hidrógeno incluyendo estructura fina, corrimiento de Lamb y corrimiento hiperfino. Efecto Zeeman en el hidrógeno. *Lectura:* Cap.11 de la referencia [1].

Teoría de perturbaciones II Teoría de perturbaciones dependiente del tiempo. Oscilaciones perturbantes simples. La regla de oro de Fermi. Índice de refracción. Coeficientes ópticos no lineales. *Lectura:* Cap.7 de la referencia [3]. **Primera evaluación, E_1 .**

Problema de muchos cuerpos El principio de Pauli. El problema de dos electrones. Tabla periódica. Movimiento de electrones en los sólidos. Gas de electrones. Estructura de bandas en cristales. Fonones en estructuras de red. Puntos cuánticos. Condensación de Bose-Einstein. Efecto Hall cuántico: entero y fraccionario. Estadística cuántica. Representación del número de ocupación. *Lectura:* Cap.7 de la referencia [2].

Matriz de densidad Estados puros y mixtos. Operador de densidad. Matriz de densidad y valores promedios de ensembles. Evolución temporal de la matriz de densidad. Interacción de la luz con un sistema atómico de dos niveles. Matriz de densidad y la teoría de perturbaciones. Decoherencia. *Lecturas:* Cap.14 de la referencia [3] y Cap.12 de la referencia [2].

Scattering La función de onda asintótica y la sección eficaz diferencial. La aproximación de Born. El potencial de Yukawa. La expansión de ondas parciales. Análisis del corrimiento de fase. *Lectura:* Cap.13 de la referencia [1].

Fotones y átomos El efecto Aharonov-Bohm. El hamiltoniano del campo electromagnético. Cuantizando el campo de radiación. Propiedades de los fotones. El hamiltoniano del átomo y del campo electromagnético. Emisión y absorción de radiación. Reglas de selección. Láseres y máseres. *Lectura:* Cap.14 de la referencia [1] y Cap.9 de la referencia [2].

Operadores fermiónicos Postulación de los operadores de creación y aniquilación fermiónicos. Estados fermiónicos. Hamiltonianos fermiónicos. Estados y relaciones de conmutación para diferentes tipos de partículas. Operadores para sistemas con diferentes tipos de partículas. Teoría de perturbación con operadores de creación y aniquilación. Emisión estimulada, emisión espontánea y absorción óptica. *Lectura:* Cap.16 y 17 de la referencia [3].

Información cuántica Mediciones mecánico cuánticas y colapso de la función de onda. Enmarañamiento (entanglement). Los estados de Bell. El teorema de no clonamiento. Criptografía cuántica. Computación cuántica. Teleportación cuántica. Compuertas cuánticas. *Lectura:* Cap.10 de la referencia [2] y Cap.18 de la referencia [3]. **Segunda evaluación, E_2 .**

Evaluación Tercera evaluación, E_3 .

Referencias

- [1] John S. Townsend; *A Modern Approach to Quantum Mechanics*; University Science Books, Sausalito, California (2012).
- [2] Daniel R. Bes; *Quantum Mechanics. A Modern and Concise Introductory Course*; Springer, Berlin (2007).
- [3] David A. B. Miller; *Quantum Mechanics for Scientists and Engineers*; Cambridge University Press, Cambridge (2008).

Sumilla

Fundamentación Este curso es el segundo que corresponde al tema más importante en la formación básica de un científico en el área de la física, la mecánica cuántica. Como las evidencias experimentales del mundo nanoscópico contradicen el sentido común desarrollado a través de la observación del mundo macroscópico desde el nacimiento del estudiante, es necesario desarrollar en el alumno una visión más pragmática respecto a los fenómenos de la naturaleza a escalas muy pequeñas. Cultivando su curiosidad, honestidad, incredulidad e integridad respecto a los fenómenos del mundo microscópico sin los prejuicios adquiridos en el mundo macroscópico. Por ello, mostramos de primera mano los nuevos horizontes que actualmente está enfrentando la física y entrenamos su capacidad de resolver nuevos problemas con nuevas ideas en una retroalimentación continua.

Metodología Está basado en el método socrático. Se dan las lecturas desde el comienzo del curso (ver detalle del contenido), las notas y los capítulos de las referencias se entregan anticipadamente. Se discuten en clase los detalles de los cálculos más importantes y se dejan como problemas los detalles complementarios. Las discusiones en las clases están basados en material audiovisual preparado por el profesor cuyas copias se entregan a los alumnos. Se discuten los problemas más relevantes.

Contenido El curso comprende los temas: El problema de dos cuerpos. Teoría de perturbaciones independientes del tiempo. Teoría de perturbaciones dependientes del tiempo. Problema de muchos cuerpos. Matriz de densidad. Scattering. Fotones y átomos. Operadores fermiónicos. Información cuántica.

Competencias a lograr

Liderazgo El trabajo concienzudo y la dedicación exclusiva al curso traerá para el estudiante una capacidad de visulizar la nueva problemática de la ciencia en los años venideros y la capacidad de tomar nuevos hitos en la solución de nuevos problemas.

Trabajo en equipo El trabajo concienzudo y la dedicación exclusiva del estudiante le permite al estudiante intercambiar ideas continuamente con sus compañeros y con el profesor. Este intercambio es vital porque cultiva y fortalece los vínculos de cooperación existentes en la comunidad de físicos a nivel mundial.

Responsabilidad social La formación del estudiante basado en el trabajo exclusivo y concienzudo dedicado al curso trae como correlato un mejor conocimiento y mayor respeto hacia la naturaleza. Conocer los procesos a escalas muy pequeñas de la naturaleza genera una admiración por la misma que se proyecta en un mayor compromiso con el cuidado y el respeto de la naturaleza y la especie humana que la habita.

Ética El curso pretende continuar cultivando las cuatro características básicas de un científico: la honestidad, la incredulidad, el coraje y la integridad.

Evaluación En el semestre se realizan tres evaluaciones, la primera E_1 abarca la primera parte del curso y la segunda E_2 corresponde a la segunda parte del curso. La tercera evaluación E_3 abarca todo el contenido del curso y es opcional para realizarlo para aquellos alumnos que han participado y desaprobado en promedio de las dos primeras evaluaciones. P es el puntaje de las prácticas. El promedio del curso es obtenido por la ecuación

$$\bar{E} = \frac{1}{3} \left[\text{Sum}(E_1, E_2, E_3) - \text{Min}(E_1, E_2, E_3) + P \right].$$