

Algunas preguntas de teórico de Mecánica Cuántica (usar como guía para estudiar)- Curso 2023

Se espera que puedan tener respuestas CUALITATIVAS a estas preguntas. Cuando les preguntamos **cómo se hace algo**, no queremos que lo hagan, sino que **expliquen cómo hacerlo...** (usar esquemas, dibujos, pasos de una prueba). Cuando se pide **hacer** algo, hay que **saber hacerlo, explicarlo y escribirlo en el pizarrón**.

Sugerencia: no imitar las clases de teórico, mejor preparar su versión (breve y que les haga sentir seguras) de la explicación que van a querer dar para cada pregunta. Preparen explicaciones honestas, como si quisieran contarle del tema a alguien que QUIERE APRENDER.

Qué se estudia en este curso de mecánica cuántica?

1) Introducción

Plantear las primeras observaciones que llevaron a la necesidad de la Mecánica cuántica.

Explicar cualitativamente las soluciones de la ecuación de Schrödinger unidimensional, para potenciales constantes a tramos e independientes del tiempo. Qué condiciones cuantizan la energía?

Saber escribir un paquete de ondas gaussiano unidimensional, su ancho, su transformada de Fourier, y ver cómo se ensancha a medida que pasa el tiempo.

2) Formalismo

Saber escribir prolijamente las definiciones de: Espacios de Hilbert. Espacio de estados, ket, bra.

Qué es una representación? Ejemplos.

Saber definir Operadores: adjuntos, hermíticos, unitarios. Observables. Observables compatibles.

Problemas de autovalores : qué es un problema de Sturm-Liouville? Qué sabemos de los conjuntos de funciones que son soluciones de un problema de Sturm-Liouville?

3) Postulados

Saber enunciar TODOS los postulados de la mecánica cuántica. Explicar porqué es necesario postularlos.

Interpretar el postulado de la medida, y la interpretación probabilística.

Probar el principio de incertidumbre de Heisenberg, y discutir qué implica.

Por qué dos operadores que conmutan se pueden medir simultáneamente? Qué es la degeneración? Para qué va a ser útil contar con más de un observable que se pueda medir a la vez en un sistema?

Cuáles son las propiedades generales de la evolución de los estados de un sistema con la ec. de Schrödinger? Saber demostrar el teorema de Ehrenfest, e interpretarlo.

Cómo se caracterizan las constantes del movimiento? Cómo se obtiene e interpreta la relación de incertidumbre energía-tiempo?

Entender y explicar la diferencia entre una mezcla estadística y una superposición lineal cuántica.

4) Aplicaciones simples

Saber usar un sistema de spin $\frac{1}{2}$ como ejemplo de sistema simple en el que aplicar los postulados de la mecánica cuántica (ejemplo: medidas sucesivas en experimentos de Stern-Gerlach en diferentes direcciones).

Explicar la interacción entre spines y campos magnéticos, y la evolución temporal de una partícula de spin $\frac{1}{2}$ en un campo magnético.

Definir el sistema del oscilador armónico unidimensional. Explicar cualitativamente cómo se usan los operadores de creación y aniquilación para obtener los autoestados de número, cómo se obtiene la cuantización de los niveles de energía, y cómo sabemos que no son degenerados.

Qué características del oscilador cuántico se comparan con un oscilador clásico y cuáles son las diferencias?

Qué sistemas se van a modelar usando el formalismo del oscilador?

5) Momento angular y potenciales centrales

Qué es un momento angular en mecánica cuántica? Dar ejemplos de momentos angulares: orbital, intrínseco, total.

Qué relación hay entre la definición de momento angular en mecánica cuántica y las rotaciones geométricas del espacio?

Cuántos observables necesito medir para caracterizar un estado de momento angular? Cómo se cuantizan los autovalores de estos observables? Qué relación hay entre ellos?

Por qué se conserva el momento angular en sistemas con potenciales centrales?

Cuáles son los autovalores y autofunciones del momento angular orbital? Conocer las propiedades básicas.

Definir el sistema del átomo de hidrógeno, y explicar cómo se obtienen los niveles y autoestados de energía y momento angular. Explicar cómo caracterizamos los auto-estados del hamiltoniano del átomo de H, qué es cada número cuántico y cómo se relacionan entre sí. Explicar la degeneración de los niveles de energía y cómo se ``levanta``.

6) Teoría de perturbaciones

Explicar cómo se obtienen los diferentes órdenes de la teoría de perturbaciones.

Cómo se obtiene la corrección de primer orden de la energía de un sistema? Y la de los estados?

Cuál es el problema con el tratamiento de los niveles de energía degenerados y cómo se resuelve? Qué tienen que ver las simetrías del sistema con la degeneración?

Explicar cuáles son los términos de la corrección de estructura fina del hamiltoniano del átomo de hidrógeno (a qué se deben y cómo se obtienen?).

Dar una explicación cualitativa de cómo se calculan las correcciones de primer orden a la energía debido a estos términos.

7) Partículas idénticas

Dar definición, ejemplos y explicar en qué circunstancias pueden ser indistinguibles.

Explicar el postulado de simetrización a partir del operador de permutación. Probar que sólo hay dos tipos de auto-estados del operador permutación. Definir fermiones y bosones. Qué tiene que ver el spin con esto?

Aplicar el postulado a sistemas con fermiones y bosones, simetrizando estados con grados de libertad orbitales y de spin.

Explicar el principio de exclusión de Pauli, y mostrar sus consecuencias en términos de la separación espacial entre fermiones comparada con bosones o partículas distinguibles en un mismo potencial.