

## **Curso Mecánica Cuántica de posgrado. PEDECIBA-FISICA 2024.**

### **Responsable: Lucía Duarte**

Examen oral: Preparar lo que van a contar de cada tema como para hablar a lo sumo 20 minutos. Se les preguntará un tema en el momento para que presenten, y eventualmente se realizarán más preguntas de otros temas del curso. Pueden preparar esquemas, mapas mentales, diagramas con los que conecten ideas, etc. También es muy importante que sepan escribir correctamente lo que están diciendo, y que manejen con seguridad el vocabulario del curso.

### **Unidad 1: Conceptos fundamentales.**

- Repaso de postulados de espacio de estados y de medida. Momento como generador de las traslaciones espaciales.
- Evolución temporal. Hamiltoniano como generador de la evolución temporal. Imágenes de Schrödinger y Heisenberg, amplitudes de transición.
- Potenciales dependientes del tiempo. Imagen de Interacción. Sistemas de dos niveles con potencial armónico, resonancia magnética de spin. Aproximaciones súbita y adiabática. Fases de Berry.
- Teoría de perturbaciones dependientes del tiempo. Serie de Dyson. Probabilidad de transición. Perturbaciones constante y armónica, regla de oro de Fermi. Corrimiento de niveles y ancho de decaimiento de estados inestables.
- Aplicación a interacciones de sistemas atómicos con campo electromagnético clásico: absorción, emisión y efecto fotoeléctrico (como perturbación dipolar).
- Formalismo de matriz densidad. Ensembles mixtos (lo vimos en el contexto de la unidad de la teoría de momento angular, pero de forma independiente).

Preguntas guía:

¿Cuáles son las diferencias entre las imágenes de Schrödinger, Heisenberg y la de Interacción? ¿En qué casos es conveniente usar cada una?

¿Cómo se tratan los sistemas con potenciales dependientes del tiempo? ¿Cómo se define el ancho de decaimiento de una partícula o estado inestable? ¿Qué ejemplos de cálculos podrían mencionar?

Saber deducir la regla de oro de Fermi. Y poder contar las aplicaciones que vimos: emisión, absorción. Repasar el estudio de las interacciones electromagnéticas a la luz de lo que aprendimos sobre operadores tensoriales esféricos.

Explicar el formalismo de la matriz densidad y las definiciones de ensembles puros y mixtos.

### **Unidad 2: Teoría del Momento angular y Rotaciones.**

- Momento angular y rotaciones del espacio euclídeo. Momento angular como generador de las rotaciones y relaciones de conmutación.
- Rotaciones en sistemas de spin 1/2. Formalismo en base de bi-espinores de Pauli.
- El grupo de las Rotaciones,  $SO(3)$  (y  $SU(2)$ ). Rotaciones de Euler. Representaciones irreducibles del operador rotación  $\mathcal{D}(R)$ .
- Suma de momentos angulares. Propiedades de los coeficientes de Clebsch-Gordan. Recurrencia.
- Serie de Clebsch-Gordan y matrices de rotación  $\mathcal{D}(R)$ . Armónicos esféricos como matrices de rotación.
- Operadores tensoriales, y operadores tensoriales esféricos irreducibles, producto. Teorema de Wigner-Eckart.

Preguntas guía:

¿Cuál es el comportamiento que les exigimos a los sistemas cuánticos al aplicar rotaciones del espacio euclídeo? ¿Por qué es razonable pedir lo que se pide? ¿Cuáles son las consecuencias de establecer la manera en la que los sistemas cuánticos responden a la rotación?

¿Qué es una representación irreducible de un grupo de simetría? ¿Por qué es importante trabajar con representaciones irreducibles?

Obtener las relaciones de recurrencia de los coeficientes de Clebsch-Gordan y saber explicar el algoritmo para obtener todos los coeficientes para un índice  $j$  dado.

Saber aplicar rotaciones a sistemas que transforman en las representaciones de  $j=1/2$  y  $1$ .

¿Por qué es tan importante el teorema de Wigner-Eckart? Dar ejemplos, tienen que buscar en la literatura.

### **Unidad 3: Simetrías en Mecánica Cuántica.**

- Simetrías y degeneración en Mecánica cuántica. Cantidades conservadas. Simetría en el átomo de Hidrógeno con potencial de Coulomb.
- Paridad o inversión espacial.
- Inversión del movimiento o inversión temporal.

Preguntas guía:

Poder explicar la relación entre operaciones de simetría en un sistema, las cantidades conservadas y las reglas de selección. Dar ejemplos.

¿Por qué se agregan las transformaciones antilineales como una posibilidad para los sistemas cuánticos?

Saber determinar qué operadores son pares/impares bajo transformaciones de Paridad e Inversión temporal. Saber definir operadores escalares, vectoriales, etc. Relacionar las definiciones respecto de las operaciones de simetría estudiadas en el curso.

### **Unidad 4: Sistemas de partículas idénticas.**

- Postulado de simetrización y estados de muchas partículas.
- Formalismo de segunda cuantización. Espacio de Fock, operadores dinámicos. Cuantización del campo electromagnético (no relativista).

Preguntas guía:

Saber enunciar el postulado de simetrización y por qué es necesario, con ejemplos.

¿Cómo se relaciona la parte espacial y la parte de spin de los kets que representan estados de múltiples fermiones o bosones?

Definir el espacio de Fock de un sistema, y saber aplicar cambios de base.

Saber definir operadores aditivos de una y dos partículas. Por ejemplo: ¿Cómo definirían el operador de momento angular en un sistema de muchas partículas idénticas?

Poder contar cómo se implementa en mecánica cuántica no relativista la cuantización del campo electromagnético clásico.

### **Unidad 5: Dispersión de partículas.**

- Teoría de la dispersión como perturbación dependiente del tiempo. Matriz de dispersión  $S$  y  $T$  en términos del potencial. Sección eficaz de dispersión. Estados de dispersión y amplitudes de dispersión. Interpretación física de los estados de dispersión.

Preguntas guía:

Explicar la necesidad de definir las matrices  $S$  y  $T$ , y los estados de dispersión.

Explicar la definición de sección eficaz de dispersión, y relacionar con las amplitudes de dispersión.

Para los que ya cursaron Teoría Cuántica de Campos, relacionar con lo visto en ese curso.