

Física de muchos cuerpos / Mecánica cuántica de muchas partículas

Primer cuatrimestre 2024

Profesor: Pablo Tamborenea, Ay. 1era: Joel Bobadilla

Cronograma de las clases teóricas

Clase 1 - Martes 19/03/24 – Repaso de partículas idénticas: producto tensorial de espacios de Hilbert, operadores de permutación y transposición, simetrizador y antisimetrizador, postulado de simetrización. Construcción de estados de bosones y fermiones. Normalización. Determinantes de Slater, algunas de sus propiedades.

Clase 2 - Viernes 22/03/24 – Introducción a la segunda cuantización. Algunos ejemplos de orbitales (base de estados de partícula única). Ordenamiento de orbitales y notación con N-uplas de números naturales. Operadores de destrucción: definición, su acción sobre los determinantes de Slater. Operadores de creación como adjuntos de los de destrucción. Definición del espacio de Fock. Representación de estados con números de ocupación.

Clase 3 - Martes 26/03/24 – Relaciones de conmutación de los operadores de creación y destrucción. Operador número de ocupación. Enunciado de la fórmula de los operadores de partícula única y de dos partículas en segunda cuantización. Gas de electrones libres con condiciones periódicas de contorno.

Clase 4 - Viernes 05/04/24 – Esfera de Fermi, k_F en función de la densidad. Sistemas con invariancia traslacional: base de ondas planas y espín, su ortonormalidad. Operador de energía cinética y de número de partículas en segunda cuantización. Cálculo de la energía cinética media y del k_F de Fermi. Cambio de base de orbitales y correspondiente transformación unitaria de los operadores de creación y destrucción.

Clase 5 - Martes 09/04/24 – Demostración de la forma de operadores de partícula única en segunda cuantización. Operadores de campo. Definición y significado físico. Dedución de la expresión de operadores de observables de una partícula con operadores de campo.

Clase 6 - Viernes 12/04/24 – Operador densidad de partículas en una dada posición. Sistemas con invariancia translacional, expresión del término de interacción del Hamiltoniano. Descripción de pozos cuánticos (sistemas cuasi-2D) hechos con materiales semiconductores: factorización de la función de onda, subbandas.

Clase 7 - Martes 16/04/24 - Gas de electrones en el jellium model. Potencial Coulombiano apantallado, límite termodinámico y convergencia en el cálculo de la energía. Cancelación de la energía del background de carga positiva, de la interacción electrón-background y del término $q=0$ de la interacción electrón-electrón.

Clase 8 – Viernes 19/04/24 – Media clase: Energía del estado fundamental del gas de electrones: interacción electrón-electrón sin el término directo. Adimensionalización del Hamiltoniano y comparación de los términos de energía cinética y de interacción en función de la densidad o r_s . Predominio de la energía cinética a alta densidad.

Martes 23/04/24 – Asueto por Marcha Universitaria.

Clase 9 – Viernes 26/04/24 – Corrección de la energía a primer orden en la interacción: energía de intercambio. Discusión del resultado a primer orden de la energía del estado fundamental del gas de electrones en función de r_s . Régimen de baja densidad: cristal de Wigner.

Transiciones ópticas interbanda. Modelo de dos bandas. Hamiltoniano de la interacción luz-materia en la aproximación dipolar. Ecuación de evolución de Heisenberg del operador densidad. (presentación Powerpoint)

Clase 10 – Martes 30/04/24 – Ecuaciones de Bloch ópticas en el modelo de dos bandas. Aproximación de onda rotante (Rotating-wave approximation, RWA). Oscilaciones de Rabi. Ecuaciones de Bloch de semiconductores: autoenergía y frecuencia de Rabi generalizada.

Clase 11 – Viernes 03/05/22 – Pictures (representaciones) en mecánica cuántica. Representaciones de Schrödinger, Heisenberg e Interacción. Ecuación de Tomonaga-Schwinger, operador de evolución en el picture de Interacción y serie de Dyson.

Clase 12 – Martes 07/05/22 – Operadores de creación y destrucción en el picture de interacción. Serie de Dyson con notación exponencial y operador de ordenamiento temporal.

Clase 13 – Viernes 10/05/22 – Definición de la función de Green en spin-posición, momento y base general de partícula única. Relación de la función de Green y los observables del sistema. Cálculo del valor medio de un operador de partícula única con la función de Green.

Clase 14 – Martes 14/05/22 – Función de Green de sistemas con invariancia temporal y traslacional. Interpretación física de la función de Green como propagador. Ejemplo: electrones libres y no interactuantes.

Clase 15 – Viernes 17/05/22 – Valor medio de un operador de partícula única en términos de la función de Green en la representación espín-posición.

Martes 21/05/24 – Primer parcial

Clase 16 – Viernes 24/05/24 -- Ejemplos: energía cinética, densidad, densidad de espín. Energía del estado fundamental a partir de la función de Green: enunciado. Representación de Lehmann: espectro de estados excitados.

Clase 17 – Martes 28/05/24 – Representación de Lehmann: espectro de estados excitados.

Clase 18 – Viernes 31/05/24 – Funciones de Green retardada y avanzada. Funciones de densidad espectral.

Clase 19 – Martes 04/06/24 – Definición de función de Green de n partículas. Correlación entre observables. Autocorrelación del operador densidad. Propagador de polarización. Valor medio de un operador local de dos partículas. Ecuación de movimiento de la función de Green de una partícula (comienzo del desarrollo).

Clase 20 – Viernes 07/06/24 – Ecuación de movimiento de la función de Green de una partícula (finalización). Encendido adiabático. Teorema de Gell-Mann y Low. Comentarios sobre evolución adiabática en papers de Murgida, Wisniacki y Tamborenea.

Clase 21 – Viernes 14/06/24 – Dos usos del teorema de GM-L: (1) Shift de la energía del estado fundamental, (2) Expansión en serie de la función de Green en el picture de interacción.

Clase 22 – Martes 18/06/24 – Operadores de partícula y hueco. Descomposición de los operadores de campo en sectores de partícula y hueco. Orden normal N. Pairing.

Viernes 21/06/24 – Feriado puente Día de la Bandera.

Clase 23 – Martes 25/06/24 – Teorema de Wick para productos. Contracciones. Teorema de Wick para productos ordenados temporalmente. Relación entre las contracciones y el propagador libre o función de Green no-interactuante $iG^{(0)}$.

Clase 24 – Viernes 28/06/24 – Diagramas de Feynman. Diagramas de orden 1. Reglas de Feynman. Amplitud del vacío. Factorización de diagramas desconectados. Diagramas conectados.

Se asigna para estudio en casa: clase 22 del año 2020 - Linked cluster theorem. Auto-energía. Inserciones reducibles e irreducibles de la auto-energía. Ecuación de Dyson.

Se recomienda ver después las clases 23, 24 y 25 del 2020.

Martes 02/07/24 – **Segundo parcial**

Viernes 05/07/24 – Charlas de doctorandos.