

# 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** – Funciones de Green retardada y avanzada. Funciones de densidad espectral. Funciones de Green de dos partículas.

**Clase 18 – Viernes 31/05/24** – Encendido adiabático. Teorema de Gell-Mann y Low.

**Clase 19 – Martes 04/06/24** – Expansión de la función de Green en el picture de interacción. Operadores de partícula y hueco. Orden normal N. Pairing.

**Clase 20 – Viernes 07/06/24** – 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 21 – Martes 11/06/24** – Diagramas de Feynman. Diagramas de orden 1. Reglas de Feynman.

**Clase 22 – Viernes 14/06/24** – Amplitud del vacío. Factorización de diagramas desconectados. Diagramas conectados.

**Clase 23 – Martes 18/06/24** – Linked cluster theorem. Autoenergía. Inserciones reducibles e irreducibles de la auto-energía. Ecuación de Dyson.

**Viernes 21/06/24** – Feriado puente día de la bandera

**Clase 24 – Martes 25/06/24** – Temas a determinar.

**Viernes 28/06/24** – Charlas de doctorado y consultas.

**Martes 02/07/24** – Charlas de doctorado y consultas.

**Viernes 05/07/24** – **Segundo parcial**