

# Física de muchos cuerpos / Mecánica cuántica de muchas partículas

Primer cuatrimestre 2022

Profesor Pablo Tamborenea, JTP Nicolás Mirkin

## Cronograma de las clases teóricas

**Clase 1 - Lunes 28/03/22** – Repaso de los postulados de la mecánica cuántica. Repaso de partículas idénticas: producto tensorial de espacios de Hilbert, operadores de permutación y transposición, simetrizador y antisimetrizador, postulado de simetrización.

**Clase 2 - Jueves 31/03/22** – Contrucción de estados de bosones y fermiones. Normalización. Determinantes de Slater, algunas de sus propiedades. Ordenamiento de orbitales y notación con N-uplas de números naturales. Simetría de los observables en sistemas de N partículas idénticas.

**Clase 3 - Lunes 4/04/22** – Introducción a la segunda cuantización. Algunos ejemplos de orbitales (base de estados de partícula única). 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. Relaciones de conmutación de los operadores de creación y destrucción. Operador número de ocupación. Fórmula de los operadores de partícula única y de dos partículas en segunda cuantización.

**Clase 4 - Jueves 7/04/22** – Gas de electrones libres con condiciones periódicas de contorno. 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.

**Clase 5 - Lunes 11/04/22** – Cambio de base de orbitales y correspondiente transformación unitaria de los operadores de creación y destrucción. Demostración de la forma de operadores de partícula única en segunda cuantización.

**Clase 6 - Lunes 18/04/22** – Operadores de campo. Definición y significado físico. Deducción de la expresión de operadores de observables de una partícula con operadores de campo. Operador densidad de partículas en una dada posición.

**Clase 7 - Jueves 21/04/22** - Sistemas con invariancia traslacional, 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 8 – Lunes 25/04/22** – Repaso de sistemas con invariancia traslacional. 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 9 – Jueves 28/04/22** – 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. Corrección de la energía a primer orden en la interacción: energía de intercambio.

**Clase 10 – Lunes 02/05/22** – 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. Estudio de plasmones: operador densidad en el dominio espacial y de vector de onda. Ecuación de

movimiento del operador densidad para el gas de electrones en el jellium model: término de energía cinética y planteo del término de interacción Coulombiana.

**Clase 11 – Jueves 05/05/22** – Asistencia al coloquio del DF: charla sobre skyrmiones de Flavia Gómez Albarracín. En la práctica: primer parcialito.

**Clase 12 – Lunes 09/05/22** – Ecuación de movimiento del operador densidad para el gas de electrones en el jellium model: término de interacción Coulombiana, Random Phase Approximation (RPA). Paso al dominio frecuencia, función de respuesta de Linhard.

**Clase 13 – Jueves 12/05/22** – Análisis de la relación de dispersión de plasmones: límite  $q \rightarrow 0$ . Transiciones ópticas en semiconductores. Modelo de dos bandas. Hamiltoniano de la interacción luz-materia en la aproximación dipolar. Ecuación de evolución de Heisenberg del operador densidad.

**Clase 14 – Lunes 16/05/22** – 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 15 – Jueves 19/05/22** – 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 16 – Lunes 23/05/22** – Serie de Dyson con notación exponencial y operador de ordenamiento temporal. 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 17 – Jueves 26/05/22** – Valor medio de un operador de partícula única en términos de la función de Green en la representación spin-posición. Ejemplos: energía cinética, densidad, densidad de spin. Dependencia temporal de la función de Green en sistemas conservativos. Interpretación física de la función de Green.

**Clase 18 – Lunes 30/05/22** – Función de Green de sistemas con invariancia traslacional. Ejemplo: electrones libres y no interactuantes.

**Clase 19 – Jueves 02/06/22** – Energía del estado fundamental a partir de la función de Green: enunciado. Representación de Lehmann.

**Clase 20 – Lunes 06/06/22** – Representación de Lehmann. Funciones de Green retardada y avanzada. Funciones de densidad espectral. Encendido adiabático. Teorema de Gell-Mann y Low.

**Clase 21 – Jueves 09/06/22** – Repaso del teorema de Gell-Mann y Low. Encuentro con Willy Dussel.

**Clase 22 – Lunes 13/06/22** – Expansión de la función de Green en el picture de interacción. Operadores de partícula y hueco. Orden normal N. Pairing.

**Clase 23 – Jueves 16/06/22** – 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 – Jueves 23/06/22** – Diagramas de Feynman. Diagramas de orden 1. Reglas de Feynman.

**Clase 25 – Lunes 27/06/22** – Amplitud del vacío. Factorización de diagramas desconectados. Diagramas conectados.

**Clase 26 – Jueves 30/06/22** – Linked cluster theorem. Autoenergía. Inserciones reducibles e irreducibles de la autoenergía. Ecuación de Dyson.

**Lunes 04/07/22** – Charlas de doctorado y consultas.

**jueves 07/07/22** – Segundo Parcial.