

PROGRAMA DE ASIGNATURA

ASIGNATURA: Teoría Cuántica de Campos en Sólidos: Una introducción al problema de muchos cuerpos en fenómenos fuera de equilibrio (posgrado) Responsable: Horacio M. Pastawski (Prof. Titular-Investigador Superior)		AÑO: 2018
CARÁCTER: Optativa		
CARRERA: Doctorado en Física		
RÉGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 60 hs.	
UBICACIÓN en la CARRERA: etapas iniciales de formación.		

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

Este curso está dirigido a los doctorandos en Física, Química o disciplinas afines y pretende cubrir **formalismos fundamentales** que permitan iniciar los trabajos de investigación en la Física del Estado Sólido Teórica. Para ello se tomarán temas de la especialidad del docente que no son cubiertos en detalle en otros cursos. En cuanto sea posible, el énfasis de los distintos tópicos se adaptará los campos de investigación de cada uno de los alumnos, principalmente a través de problemas de resolución individual.

Fundamentación: En términos conceptuales este curso se extienden los conceptos desarrollados en los cursos de Mecánica Cuántica, Termodinámica y Mecánica estadística para explicar propiedades de la Materia Condensada que impactan en los desarrollos conceptuales y las tecnologías actuales.

Objetivos: Propósito del curso:

Desarrollar en profundidad las técnicas de teoría de Campos, principalmente Integrales de Camino, Funciones de Green y Formalismo de Keldysh para campos fuera de Equilibrio. A partir de ellos, justificar algunas de las novedosas propiedades de nuevos materiales y dispositivos (electrónicas, térmicas, mecánicas y magnéticas) y las interacciones a escala atómica formuladas dentro de un formalismo cuántico avanzado.

Poner al estudiante, en condiciones de iniciar investigación original para explicar experimentos o hacer desarrollos teóricos originales en estos campos:

1. Entender y diseñar las propiedades de transferencia electrónica en reacciones químicas concertadas y catalizadas por sustratos metálicos.
2. Comprender las propiedades básicas de las vibraciones de la red cristalina y como estas se acoplan con la estructura electrónica.
3. Explicar propiedades básicas de los estados electrónicos de nanopartículas y cristales no tradicionales (grafeno, nanotubos de carbono, aislantes topológicos).
4. Proponer modelos que describan dispositivos que involucren transferencia electrónica en diversas estructuras: Transistores MOS, Diodos tunneling y Zener, Puntos Cuánticos, Bombas y Motores Cuánticos, etc.
5. Proponer diseño de materiales para modificar sus propiedades magnéticas y magnetoelectrónicas.

CONTENIDO

- 1 **Respuesta lineal** en un problema simple: Oscilador armónico forzado, Función respuesta (Kramers-Kronig). Osciladores acoplados, Función de Green y Función Respuesta, Diagramas de Feynman, Perturbación de Wigner-Brillouin, Ecuación de Dyson. (Angostamiento por intercambio).
- 2 **Campos clásicos como problema de muchos cuerpos**: Cadena infinita de osciladores: expresiones analíticas para la self-energy, relación de dispersión. Estados extendidos. Eco mesoscópico. Defecto en una Cadena lineal: estados localizados. Aparición del rozamiento. Transición de fase dinámica.
- 3 **Formulación de Integrales de Caminos**: Ejemplos, Partícula libre; Solución en forma exacta y aproximada. Aproximación Semi-clásica, equivalencia con la ecuación de Schrödinger. Algoritmo numérico para el cálculo de integrales de caminos para obtener el estado fundamental.
- 4 **Dinámica Cuántica**. Función de Green Retardada (Propagador). Método de Trotter-Suzuki. Método de fase estacionaria. Expansión Perturbativa. Resolución del problema con condición inicial dependiente del tiempo (inyección temporal). Transformada de Fourier de la Función de Green en el tiempo y el espacio: coordenadas de Wigner transformación de Weyl. Resolución de la ecuación de Difusión.
- 5 **Modelos Solubles**. tight-binding de la ecuación de Schrödinger. Casos: 2 orbitales, N orbitales. Propiedades asintóticas de la Serie de Fibonacci: exponente de Lyapunov. Matriz de promoción y las propiedades espectrales.

- 6 **Sistemas Lineales.** Cadena Ordenada finita y Semi-infinita: Densidad de estados local, coarse graining. Ramificación y localización topológica. Mapa de Poincaré. Modelo de Lloyd para una cadena desordenada. Desorden de Anderson. Estado superficial, estado de impureza y estado absorbido. Regímenes de decaimiento de la G_{00} (cuadrático \rightarrow exponencial $\rightarrow t^3$).
- 7 **Función de Green.** Promedio sobre ensambles. Vida media por colisiones con impurezas. Calculo diagramático. Camino libre medio. Decoherencia vs. coherencia de fase.
- 8 Repaso: Atomos multielectrónicos y moléculas. Las soluciones de Hartree. La propuesta de Fock. Determinante de Slater. Identidad de la Partículas. Segunda cuantificación. Operadores de Campo. Analogías con los campos clásicos.
- 9 **Bosones.** Fonones acústicos. Condensado de Bose. Transformación de Bogoliuvov. Superfluidos. (Capítulo 2, Kittel)
- 10 **Gas de Electrones Interactuantes.** Aprox. de Hartree-Fock. Método de la ecuación de Movimiento. Screening. Aproximación de Lindhard. Oscilaciones de Friedel. Oscilaciones de Plasma. Anomalía de Kohn. Regla de suma de Friedel. Transición de Peierls.
- 11 **Dinámica semi-clásica:** Campo eléctrico pequeño. Oscilaciones de Bloch. Ecuación de Boltzmann. Tensor de conductividad. Ejemplos. Corriente alterna, Gradiente térmico. Coeficientes generales de transporte. Tiempos de vida de transporte. Camino libre medio de transporte. Teoría de Líquidos de Fermi, Tiempo de vida electro-electrón. Interacción electrón-fonón. Ley de Bloch. Efecto Kondo.
- 12 **Temperatura Finita y la Descripción en Tiempos Imaginarios.** Funciones de Matsubara. Identificación con las funciones retardadas. Funciones de Una Partícula. Evaluación de las sumas de Matsubara. Ecuaciones de Movimiento. Teorema de Wick. Polarizabilidad.
- 12 **Formalismo de Keldysh y ecuaciones Generalizadas de Landauer-Büttiker.** Repaso del transporte decoherente. Idea de Hamiltoniano efectivo. El formalismo de Keldysh para las funciones de temperatura finita. Una aproximación semiclásica para la dependencia temporal. Densidad de estados y ocupaciones. Contactos como condiciones de contorno. Ecuaciones cinéticas. Evaluación de corrientes. Tunneling dependiente del tiempo. Efectos de la decoherencia. Ecuaciones de Landauer-Büttiker en el régimen macroscópico. Regimen Balístico: Sistemas debilmente desordenados. Aproximación de escalera para el propagador partícula agujero. Ecuación de Difusión. Régimen localizado. Transporte por Saltos de Rango Variable.

13 **Aplicaciones de Dinámica Cuántica:** Oscilaciones de Bloch. Teoría de Floquet. Formalismos y magnitudes básicas: Emisividad, tiempo de tránsito, tiempo de coherencia cuántica. Bombas y motores cuánticos.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics : An Introduction

[Henrik Bruus](#), [Karsten Flensberg](#)

Oxford University Press, USA (2004)

Alexander Altland and Ben D. Simons

“Condensed Matter Field Theory”

Cambridge University Press; 2 edition (2010)

R. P. Feynman and A. R. Hibbs

Quantum Mechanics and Path Integrals

McGraw Hill 1965

Charles Kittel

Quantum Theory of Solids

John Wiley & Sons 1963

Richard D. Mattuck

“A Guide to Feynman Diagrams in the Many-Body Problem, 2nd Ed.” ISBN: 0-486-67047-3

Dover (1992)

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- • Artículos y Reviews recientes varios disponibles en <http://www.lanais.famaf.unc.edu.ar/cursos/qts/>

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El curso se desarrolla en la forma de clases teórico-prácticas donde se presenta material teórico que los estudiantes complementarán con lecturas de la bibliografía listada y artículos científicos. Se incentivará fuertemente la discusión con el docente y entre los alumnos.

EVALUACIÓN

FORMAS DE EVALUACIÓN

- El examen final contará de una evaluación oral expositiva de un tema central a

partir del cual se explorarán los conceptos desarrollados en el curso.

- Se propondrán el desarrollo exhaustivo de problemas de nivel pre-investigación que contengan elementos originales.

CONDICIONES PARA OBTENER LA REGULARIDAD

En acuerdo a lo establecido en la Ordenanza 4/2011, "El alumno deberá:

- *cumplir un mínimo de 70% de asistencia a clases teóricas, prácticas, o de laboratorio,*
- *La asistencia se complementará con la aprobación de los problemas resueltos,*

CONDICIONES PARA OBTENER LA PROMOCIÓN

(completar sólo en caso que se considere el régimen de promoción directa)

- *no hay régimen de promoción.*