



Universidad
Nacional
de Córdoba



FAMAF
Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP - UNC 6245/2019

RES CD 68/2019

PROGRAMA DE ASIGNATURA	
ASIGNATURA: Decoherencia en Sistemas cuánticos abiertos.	AÑO: 2019
CARACTER: Especialidad	UBICACIÓN EN LA CARRERA: 5° año 1° cuatrimestre
CARRERA: Licenciatura en Física	
REGIMEN: Cuatrimestral	CARGA HORARIA: 120 horas

FUNDAMENTACIÓN Y OBJETIVOS

El curso propone una introducción al tratamiento de sistemas cuánticos abiertos. Este es un tema de mucho interés en un campo muy amplio que va desde los fundamentos de la Mecánica Cuántica y la Mecánica Estadística, hasta el diseño de dispositivos cuánticos para el procesamiento de la información, y que involucra muchas técnicas experimentales, siendo la RMN una de las principales, junto con la óptica cuántica.

El programa tiene tres partes:

En la primera, que comprende las unidades 1 y 2, se repasa el lenguaje común de la mecánica cuántica de utilidad para el resto de la materia, poniendo particular énfasis en la matriz densidad, sus propiedades y dinámica.

En la segunda se introducen dos estrategias diferentes para describir la dinámica: El tratamiento Hamiltoniano bajo la hipótesis adiabática (unidad 3) y la Ecuación Maestra (unidad 4). Se discutirá la aplicabilidad de los distintos enfoques. Como ejemplo de aplicación se hará referencia a la RMN tratando a los espines nucleares, como sistemas cuánticos abiertos (unidad 5).

En la última parte (unidad 6) se aborda una introducción a las "correlaciones cuánticas", los conceptos principales y las medidas de cuantidad.

Cabe señalar que algunos de los tópicos de la materia aluden a temas y conceptos que se han introducido en la literatura recientemente y que en consecuencia aún no son comunicados en los textos contemporáneos en un lenguaje unificado.

CONTENIDO

Unidad I: Revisitando la mecánica cuántica

Estados puros y mezclas estadísticas. Formalismo del operador densidad. Evolución temporal de una mezcla estadística: ecuación de Liouville-Von Neumann. Superposición coherente y superposición incoherente de estados cuánticos. Coherencia cuántica múltiple en RMN. Observación en mecánica cuántica. Separabilidad. Estados de Bell.

Unidad II: Dinámica del operador densidad reducido

Acople del sistema observado con grados de libertad no observados (ambiente). El fenómeno de decoherencia. La matriz densidad reducida. Ecuaciones para la matriz densidad de sistemas cuánticos abiertos. Condiciones de irreversibilidad. Evolución de un sistema finito cuasi-aislado. Irreversibilidad y pérdida de información.

Unidad III: Decoherencia inducida por el acople con el ambiente. Un modelo soluble exactamente

Atenuación de la coherencia sin decaimiento de poblaciones. Evolución temporal del sistema completo. Decoherencia de un sistema de espines no interactuantes en un campo magnético, mediada por bosones: modelo espín-bosón. Análisis de los regímenes: tiempos cortos ("quiet regime"), fluctuaciones del vacío y fluctuaciones térmicas. Decoherencia de sistemas de espines interactuantes: dinámica de coherencias cuánticas múltiples en RMN en sólidos y cristales líquidos.

Unidad IV: Decoherencia inducida por el acople con el ambiente. Ecuación Maestra.

Universidad
Nacional
de Córdoba

FAMAF

Facultad de Matemática,
Astronomía, Física y
Computación

EXP - UNC 6245/2019

RES CD 68/2019

Semigrupos dinámicos, la ecuación maestra markoviana cuántica. Formulación de Lindblad. Derivación microscópica de la ecuación maestra markoviana. Las ecuaciones maestras de la óptica cuántica y de la RMN (Bloch- Wangsness y Redfield). Interacción de sistemas de dos niveles con fotones. Transiciones espontáneas e inducidas. Fluctuaciones del vacío. Decaimiento de un sistema de dos niveles utilizando la ecuación maestra óptica.

Unidad V: Aplicación de las teorías de relajación espín-red markovianas en líquidos y sólidos.

Relajación Zeeman en líquidos debida a fluctuaciones del acople dipolar de espines iguales: Cálculo de T1 y T2 en función de densidades espectrales. Funciones de correlación de movimientos moleculares individuales: difusión rotacional y traslacional. Ejemplos e interpretación física de la densidad espectral. Contribuciones a T2 de los procesos adiabáticos de "pure dephasing" y no-adiabáticos o "termalización". Relajación Zeeman en sólidos. Relajación del orden dipolar.

Unidad VI: Correlaciones cuánticas

Definiciones. Distinción entre correlaciones clásicas y cuánticas. Diferentes cuantificadores de las correlaciones: Discordancia – Coherencia local – Entrelazamiento. Propiedades del discord. Interpretación de las correlaciones cuánticas. Einselection y el problema de la medición en cuántica. Surgimiento de propiedades clásicas a través de la interacción con el ambiente. Dinámica de las correlaciones. Decoherencia, desfase y disipación.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

K. Blum, Density Matrix Theory and Applications (2nd Edition Plenum Press New York 2004)

H.P. Breuer and F. Petruccione The Theory of Open Quantum Systems, (Oxford University Press 2002).

A. Rivas, S. Huelga, Open Quantum Systems. An Introduction, Springer Briefs in Physics (Springer 2011).

M. Goldman, Quantum Description of High Resolution NMR in Liquids, Clarendon, Oxford (1993).

M. H. Levitt, Spin Dynamics, Basics of Nuclear Magnetic Resonance, J. Wiley & Sons, Ltd. (2001).

Dynamics of quantum correlations in two-qubit systems within non-Markovian environments, R. Lo Franco, B. Bellomo, S. Maniscalco and G. Compagno.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

H.D. Zeh, Roots and Fruits of Decoherence, Seminaire Poincare 1, 115-129 (2005).

D. Mozyrsky and V. Privman, Adiabatic Decoherence, J. Stat. Phys. 91, 787 (1998).

W. H. Zurek, Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical, Rev. Mod. Phys. 75, 715 (2003).

Dynamics of non-Markovian open quantum systems, I. de Vega, and D. Alonso. Rev. Mod. Phys. 89, 015001 (2017).

EVALUACIÓN

FORMAS DE EVALUACIÓN

Durante el cursado:

Se pide que los alumnos presenten la resolución de ejercicios y problemas deber (cuatro instancias), a modo de parciales.



Universidad
Nacional
de Córdoba



FAMAF
Facultad de Ingeniería,
Astronomía, Física y
Computación

EXP - UNC 6245/2019

RES CD 68/2019

Examen de la materia

- Coloquio final sobre todos los temas del programa.
- Exposición sobre un trabajo (o conjunto de trabajos) representativo de los contenidos del curso.

REGULARIDAD

1. cumplir un mínimo de 70% de asistencia a clases teórico-prácticas.
2. aprobar al menos dos evaluaciones parciales o sus correspondientes recuperatorios.

CORRELATIVIDADES

Mecánica Cuántica I, Termodinámica y Mecánica Estadística I, Especialidad I de RMN.
(regularizadas para cursar, aprobadas para rendir)

F
A