



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Flujo de información durante el proceso de medida cuántica

Descripción general (resumen y metodología):

El postulado de la medida en mecánica cuántica es, quizás, el postulado más difícil de aceptar para quienes se enfrentan a él por primera vez. Contrasta fuertemente con nuestra experiencia cotidiana de la medición y está plagado de expresiones provocadoras como el «colapso instantáneo de la función de onda». La interpretación de este postulado ha sido, y continúa siendo, uno de los principales puntos débiles de una teoría por lo demás extraordinariamente exitosa, provocando intensos debates entre los fundadores de la teoría cuántica y dando lugar a algunas de las interpretaciones más radicales de la mecánica cuántica.

Este proyecto investigará el proceso de medida cuántica desde una perspectiva basada en la teoría de la información. En lugar de considerar la medida como un proceso abstracto de colapso, el proyecto modelará la medición como una transferencia de información desde un sistema cuántico hacia un aparato de medida cuántico mediante una interacción física. Utilizando herramientas de la teoría cuántica de la información, la teoría de canales cuánticos, el control cuántico y los límites cuánticos de velocidad, se estudiará cómo un dispositivo de medida adquiere información y cómo este proceso depende del tamaño, la estructura y la dinámica tanto del sistema medido como del propio aparato de medida.

Se prestará especial atención al papel de los dispositivos de medida finitos, considerando el aparato de medida como un sistema cuántico sujeto tanto a retroacción (back-action) como a limitaciones de recursos. El proyecto explorará esquemas de medida débiles y proyectivos, así como medidas cuánticas generalizadas, e investigará cómo las restricciones de simetría y las interacciones físicamente realistas influyen en la velocidad a la que puede extraerse información. El objetivo final es identificar los compromisos fundamentales (trade-offs) entre la ganancia de información, la velocidad de la medida, la perturbación del sistema observado y la degradación del aparato de medida, proporcionando así una perspectiva moderna basada en la teoría de la información sobre el proceso de medida cuántica.

Actividades a desarrollar:

- Estudiar el proceso de medida cuántica como una interacción física entre un sistema cuántico y un dispositivo de medida, incorporando restricciones de simetría e interacciones de tipo ley del inverso del cuadrado.
- Modelar el proceso de medida mediante canales cuánticos y cuantificar la transferencia de información utilizando herramientas de teoría cuántica de la información, en particular la información coherente.
- Investigar el flujo de información en distintos escenarios de medida, incluyendo medidas débiles, medidas proyectivas y medidas cuánticas generalizadas (POVMs).
- Estudiar los efectos de la retroacción (back-action) de la medida sobre el sistema observado y sobre el propio dispositivo de medida.
- Analizar cómo la acumulación de efectos de retroacción afecta al estado cuántico del aparato de medida y a su capacidad para realizar medidas posteriores.

Tipología: Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

Objetivos planteados:

Desarrollar modelos analíticos y simulaciones numéricas que permitan cuantificar el flujo de información entre el sistema y el aparato de medida.

Obtener relaciones entre la información adquirida por el dispositivo de medida (expresada en bits) y parámetros físicos relevantes, tales como el tiempo de interacción, la intensidad del acoplamiento y el tamaño relativo del sistema y del aparato de medida.

Aplicar los modelos desarrollados a casos de estudio representativos, tales como sistemas de uno o varios qubits y superposiciones cuánticas macroscópicas.

Bibliografía básica:

[1] Strasberg P., Modi, K., and Skotiniotis, M., How long does it take to implement a projective measurement, Eur. J. Phys., 43, 35404 (2022)

[2] Sharma, G., Sazim, S., and Pati A.K., Quantum coherence, coherent information and information gain in quantum measurement, Europhys. Letts. 127, 50004 (2019)

[3] Xi, Z. Information gain and information leak in quantum measurements, Phys. Rev. A, 93, 052308 (2016)

[4] Wiseman H. M. Quantum trajectories and quantum measurement theory, Quantum Semiclassical Opt.: J. Eur. Opt. Soc. B, 8, 205 (1996)

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: MICHAEL SKOTEINIOTIS

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA

Correo electrónico: mskotiniotis@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos:

Correo electrónico: