

Propuesta de proyecto de prácticas: caminatas cuánticas con decoherencia

José Alfredo de León

28 de noviembre de 2024

Resumen

Se presenta una propuesta de proyecto de prácticas para un estudiante de física de la ECFM de octavo semestre como mínimo para estudiar el efecto de la decoherencia en caminatas cuánticas discretas en 1 dimensión.

1. Objetivo principal

Estudiar cómo se modifican las caminatas cuánticas discretas en 1 dimensión (“DQWL” por sus siglas en inglés: *discrete quantum walks in a line*) bajo la acción de decoherencia, modelada con canales cuánticos Pauli component erasing.

2. Objetivos específicos

- Estudiar el formalismo de la matriz de densidad.
- Estudiar la teoría de los canales cuánticos y los canales cuánticos Pauli component erasing.
- Estudiar el modelo de DQWL.
- Hacer un revisión bibliográfica del estado del arte en modelos de caminatas aleatorias con decoherencia.
- Implementar numéricamente un modelo de DQWL con decoherencia modelada con Pauli component erasing channels.

3. Duración

El proyecto se pretende que sea finalizado en 1 semestre (4 meses), considerando como finalizado el proyecto hasta la entrega del informe final. Se espera que la o el estudiante dedique 6 horas como máximo a la semana al proyecto.

4. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en tres partes, no todas igual de extensas: (1) el estudiante estudiará el marco teórico, que se compone del formalismo de la matriz de densidad, la teoría de los canales cuánticos y las caminatas cuánticas discretas en 1 dimensión; (2) el estudiante hará una revisión bibliográfica del estado del arte de las caminatas cuánticas aleatorias; (3) finalmente, el estudiante implementará numéricamente un modelo de decoherencia en caminatas cuánticas discretas en 1 dimensión y estudiará cómo se modifican

en contraste con caminatas sin decoherencia. Se estipula que cada parte del proyecto consista en el 50 %, 25 % y 25 %, respectivamente.

Ahora se describen con un más detalle las partes 1 y 2. En la primera parte, el estudiante estudiará el formalismo de la matriz de densidad y la teoría de los canales cuánticos de los capítulos 2 y 8 del libro introductorio [2] de Nielsen y Chuang, además estudiará la forma de Kraus de los canales *Pauli component erasing*, que modelan decoherencia de sistemas de partículas dos niveles, del artículo [1]; por último, estudiará las caminatas cuánticas discretas en 1 dimensión del artículo de revisión [3] de Venegas-Andraca. Para la segunda parte, se orientará al estudiante para que aprenda a hacer un revisión bibliográfica y que lo ponga en práctica investigando el estado del conocimiento de los modelos de decoherencia en caminatas cuánticas. El acceso a los artículos de revistas se hará por medio de la cuenta institucional de la UNAM del asesor. El estudiante escribirá en el informe final sobre lo aprendido del marco teórico y sobre su revisión bibliográfica.

Finalmente, se describe en breve la última parte del proyecto. El objetivo de esta parte del proyecto es que el estudiante ponga inmediatamente en práctica lo aprendido en las primeras dos partes. El estudiante creará sus propias herramientas computacionales, en el lenguaje de programación de su preferencia, para modelar caminatas aleatorias discretas en 1 dimensión con decoherencia. Él o ella estudiará sistemáticamente cómo se modifican las caminatas cuánticas discretas en 1 dimensión bajo la acción de los canales Pauli component erasing. Sus resultados y una discusión deberán ser incluidos en la última parte del informe final.

5. Sobre la dinámica de asesoría

El asesor se compromete a orientar durante todo el proyecto al estudiante y a reunirse de manera virtual con él o ella por lo menos 1 vez cada 2 semanas. Se pretende que en estas reuniones periódicas se resuelvan dudas del estudiante y que él o ella presente sus avances de estudio, revisión bibliografía o implementación numérica, para así asegurar la finalización del proyecto en el tiempo estipulado.

Referencias

- [1] Jose Alfredo de Leon, Alejandro Fonseca, François Leyvraz, David Davalos, and Carlos Pineda, *Pauli component erasing quantum channels*, Phys. Rev. A **106** (2022), 042604, arXiv:2205.05808.
- [2] Michael A. Nielsen and Isaac L. Chuang, *Quantum computation and quantum information: 10th anniversary edition*, Cambridge University Press, 2010.
- [3] Salvador Elías Venegas-Andraca, *Quantum walks: a comprehensive review*, Quantum Information Processing **11** (2012), no. 5, 1015–1106, arXiv:1201.4780.