

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2016/17

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

ÓPTICA

Título del tema:

¿Cuánto ruido hace falta para borrar un patrón de interferencia de Young?

Plazas:

1

Objetivos:

En mecánica cuántica, si un conjunto relativamente grande de fotones independientes es dirigido hacia una doble rendija, la estadística posterior de los mismos nos arroja el conocido patrón de interferencia de Young, con regiones donde se detectan muchos fotones y otras donde apenas llega alguno. Sin embargo, basta con que se intente “observar” por cuál de las dos rendijas pasan los fotones para que este patrón de franjas claras y oscuras desaparezca. El entrelazamiento que tiene lugar entre cada fotón del conjunto y el detector situado tras la rendija es tan intenso, que los fotones en su evolución posterior llegan a perder toda información sobre la existencia de la rendija adyacente. Ahora bien, si no es un detector, sino la presencia del entorno quien influye sobre la evolución de la partícula cuántica, ¿cuán intensas han de ser las fluctuaciones o ruido ambiental que actúen sobre los fotones para que desaparezca la interferencia?

El objetivo de este trabajo es analizar cómo el entorno puede cancelar de manera irreversible la formación de patrones de interferencia, es decir, la coherencia que exhiben los sistemas ópticos y cuánticos. Para ello se propone al alumno estudiar y analizar un modelo realista de doble rendija afectado por un ruido térmico mediante el enfoque de la difusión de estados cuánticos. Modulando la intensidad del ruido se determinarán diversos regímenes de coherencia, estableciendo así una relación entre pérdida de coherencia y condiciones ambientales globales, como son la temperatura del entorno o la intensidad de su acoplamiento con el sistema, pero sin necesidad de tener en cuenta su naturaleza y su evolución dinámica explícitamente.

A un nivel general, se pretende que el alumno:

- Aprenda a plantear y analizar modelos fenomenológicos físicamente razonables.
- Aprenda el manejo de técnicas estándar de simulación numérica de sistemas cuánticos estocásticos
- Comprenda la eficiencia de la transferencia metodológica de unas áreas a otras para resolver eficazmente problemas físicos.
- Experimente una primera aproximación a la investigación teórica, tanto en su vertiente analítica, como en la numérica.

A un nivel más particular, el alumno adquirirá conocimientos específicos de

sistemas abiertos en óptica cuántica, teoría de sistemas cuánticos abiertos, disipación y decoherencia, procesos estocásticos markovianos, borrado cuántico y teoría cuántica de la información, todos ellos complementarios de los que ha recibido en diversas asignaturas durante la Grado. En este sentido, se pretende que el alumno sea capaz de amalgamar y contextualizar esos conocimientos de una forma práctica, dejando de verlos como si se tratase de compartimentos estancos.

Metodología:

Este trabajo está planteado como un primer acercamiento o iniciación a la investigación, aunque está adecuado tanto a la formación del alumno, como al planteamiento de lo que ha de ser un Trabajo de Fin de Grado. Debido a la (relativa) complejidad intrínseca, es principalmente de naturaleza numérica. Por ello, es conveniente que el alumno posea cierta experiencia y habilidad con lenguajes de programación (preferiblemente, Fortran). Aunque contará con el asesoramiento del profesor especialista en el tema, dichas aptitudes son necesarias para manejar los códigos que le serán suministrados al comienzo, y desarrollar de manera óptima las tareas asignadas.

En concreto, los códigos suministrados permitirán al alumno realizar simulaciones cuánticas estocásticas basadas en técnicas desarrolladas dentro del ámbito de la óptica cuántica, como es la difusión de estados cuánticos. Esta técnica permite traducir las dinámicas gobernadas por la ecuación de Lindblad para la matriz densidad a unas dinámicas más simples en términos de vectores de estado (funciones de onda) que evolucionan estocásticamente en el tiempo. Las diferentes realizaciones estocásticas del valor esperado de un determinado operador es lo que se conoce como trayectorias cuánticas y el análisis del promedio estadístico sobre un cierto número de realizaciones es lo que suministra el observable dentro de este enfoque.

Actividades
Formativas

Dada la naturaleza teórico-computacional del problema que se plantea en este Trabajo de Fin de Grado, las principales actividades formativas con presencia de un profesor especialista en el tema serán:

- Sesión inicial informativa, en la que el profesor indicará una serie de directrices generales a seguir para la realización del trabajo, así como la descripción de puntos específicos del problema planteado (bibliografía específica recomendada, teoría relacionada y cuestiones numéricas).
- Tutorías, donde el alumno pueda discutir con el profesor cualquier aspecto relacionado con el desarrollo del trabajo, como la estructura del mismo, la metodología a seguir, los problemas técnicos o cuestiones teóricas que puedan surgir o su presentación final.

En cuanto a las actividades formativas sin presencia de profesor especialista, consisten esencialmente en la realización propiamente dicha del trabajo por parte del alumno, profundizando en la bibliografía sobre el tema, adquiriendo el manejo y habilidades necesarios para llevar a cabo algunas de las simulaciones propuestas, y obteniendo los conocimientos de teoría básicos para entender, interpretar y explicar los resultados obtenidos.

Bibliografía:

Algunas lecturas recomendables para comprender el concepto de pérdida de coherencia por decoherencia, cómo se induce o aparece en los sistemas cuánticos y cómo puede tratarse son:

- “Two-beam interference with partially coherent light,” B.J. Thomson and E. Wolf, *J. Opt. Soc. Am.* **47**, 895-902 (1957).
- *Principles of Optics*, M. Born and E. Wolf (Cambridge University Press, Cambridge, 2005, 7th ed.), Chap. 10.
- “The quantum state diffusion picture of physical processes,” N. Gisin and I.C. Percival, *J. Phys. A: Math. Gen.* **26**, 2245-2260 (1993).
- “Quantum state diffusion theory and a quantum jump experiment,” N. Gisin, P.L. Knight, I.C. Percival, R.C. Thomson and D.C Wilson, *J. Mod. Opt.* **40**, 1663-1671 (1993).
- *An Open Systems Approach to Quantum Optics*, H. Carmichael (Springer, Berlin, 1993).
- *Quantum State Diffusion*, I.C. Percival (Cambridge University Press, Cambridge, 1998).
- “Effective Markovian description of decoherence in bound systems,” A.S. Sanz, *Can. J. Chem.* **92**, 168-178 (2014).
- *Decoherence and the Appearance of the Classical World in Quantum Mechanics*, D. Giulini, E. Joos, C. Kiefer, J. Kupsch, I.-O. Stamatescu and H.D. Zeh (Eds.) (Springer, Berlin, 1996).