

GRADO EN FÍSICA- CURSO 2016/17

Ficha Trabajo Fin de Grado

Departamento:

ÓPTICA

Título del tema:

¿Cuánto de clásico tiene un estado cuántico entrelazado?

Plazas:

1

Objetivos:

Solemos decir que un estado gaussiano o coherente (estados de Glauber, dentro del contexto de la óptica cuántica) es un estado típicamente clásico, porque su dinámica se asemeja a la de un estado análogo clásico. Cualquier otro tipo de estado será, en general, un estado cuántico, ya que tal analogía directa no se da. Una manera simple y directa de mostrar este tipo de comportamiento es, por ejemplo, representar los estados cuánticos en la representación de Wigner; cuanto mayor porción del espacio de fases ocupen las regiones donde la función de Wigner correspondiente es negativa, más cuántico podemos decir, en cierto modo, que es el estado cuántico analizado. Ante tal situación nos puede surgir una pregunta natural: si dos estados clásicos se entrelazan, ¿cuándo pierden su clasicidad? O, dicho de otra manera, ¿qué factores determinan que distribuciones clásicas y cuánticas diverjan y cómo tiene lugar este proceso?

Partiendo de esa base, el objetivo principal de este trabajo consiste en explotar la correspondencia clásico-cuántica para determinar cuánta de la correlación que se genera a lo largo del tiempo entre dos subsistemas cuánticos interactuantes puede ser asignada al entrelazamiento cuántico y cuánta procede simplemente de mezclado cuántico. Con este fin se tendrán en cuenta dos factores de interés. En primer lugar, la dinámica regular o caótica, clásicamente hablando, dependiendo de un determinado parámetro de control. En segundo lugar, la preparación del estado inicial, que en el caso clásico consistirá en introducir definiciones ad hoc en directa analogía con los estados cuánticos correspondientes. Para cuantificar el grado de correlación se analizarán cantidades como la entropía lineal o las entropías de Shannon (clásica) y von Neumann (cuántica).

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 clásicos y cuánticos.
- 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 teoría de sistemas cuánticos abiertos, teoría cuántica de la información, dinámica de sistemas o correspondencia clásico-cuántica, todos ellos complementarios de los que ha recibido en diversas asignaturas durante el 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.

Los códigos suministrados permitirán al alumno realizar simulaciones de dinámicas clásicas (estadística de trayectorias y cálculo de superficies de sección de Poincaré) y cuánticas (propagaciones de paquetes de onda), necesarias para determinar el grado de entrelazamiento o correlación entre dos subsistemas acoplados mediante una interacción no lineal.

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 entrelazamiento cuántico, su efecto sobre los sistemas cuánticos y cómo puede cuantificarse son:

- "Discussion of probability relations between separated systems," E. Schrödinger, *Proc. Cambridge Phil. Soc.* **31**, 555-563 (1935).
- "Can quantum-mechanical description of physical reality be considered

complete?," A. Einstein, B. Podolsky and N. Rosen, *Phys. Rev.* **47**, 777-780 (1935).

- "Entanglement measures and purification procedures," V. Vedral and M.B. Plenio, *Phys. Rev. A* **57**, 1619-1633 (1998).
- "Characterizing entanglement," D. Bruss, *J. Math. Phys.* **43**, 4237-4251 (2002).
- *The Theory of Open Quantum Systems*, H.-P. Breuer and F. Petruccione, (Oxford University Press, Oxford, 2002).
- *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).
- *Quantum Information and Quantum Computation*, M.A. Nielsen and I.L. Chuang (Cambridge University Press, Cambridge, 2000).