



Propuesta de Trabajo Fin de Grado del Doble Grado en Física y Matemáticas (curso 2023-2024)

Responsable de tutorización: Peter Alexander Bouvrie Morales

Correo electrónico: bouvrie@ugr.es

Departamento: Estadística e Investigación Operativa

Área de conocimiento: Estadística, Matemáticas y Física

Responsable de cotutorización:

Correo electrónico:

Departamento:

Área de conocimiento:

(Rellenar sólo en caso de que la propuesta esté realizada a través de un estudiante)

Estudiante que propone el trabajo:

Título: Entrelazamiento en un sistema de cuatro fermiones apareados dos a dos en una red óptica de cuatro modos.

Número de créditos: 6 ECTS 12 ECTS

Tipología del trabajo (marcar una o varias de las siguientes casillas):

- 1. Revisiones y/o trabajos bibliográficos sobre el estado actual de aspectos específicos relacionados con la titulación
- 2. Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática de la titulación, a partir del material disponible en los centros
- 3. Trabajos experimentales, de toma de datos de campo, de laboratorio, etc.
- 4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio
- 5. Elaboración de un informe o un proyecto en el ámbito del grado de naturaleza profesional
- 6. Trabajos relacionados con las prácticas externas

Descripción y resumen de contenidos:

Sistemas de átomos ultrafríos son candidatos de gran importancia para realizar aplicaciones de información y computación cuántica por diversos motivos, por ejemplo, la posibilidad de manipularlos con alta precisión o por el hecho de que los átomos pueden interactuar entre sí (fotones no interactúan entre sí). El progreso en la generación y manipulación de átomos entrelazados ultrafríos, esenciales a la hora de realizar aplicaciones cuánticas, se ha centrado principalmente en partículas bosónicas. No obstante, recientemente se han producido importantes avances en este sentido usando sistemas átomos fermiones ultrafríos. Por ejemplo, estados de pocos fermiones atrapados pueden crearse en experimentos de forma determinista [1], por lo que no es necesario la certificación del estado cuántico. De hecho, muy recientemente se ha conseguido caracterizar experimentalmente el entrelazamiento cuántico, en un sistema de dos fermiones preparados en una doble trampa [2].

Actividades a desarrollar:

En este trabajo de fin de grado se pretende hacer una breve revisión bibliográfica del estado del arte de sistemas de átomos fermiónicos en redes ópticas, así como desarrollar un formalismo análogo al descrito en [2,3] para resolver de forma teórica el problema de entrelazamiento en un

sistema de cuatro fermiones en una red óptica bidimensional de cuatro modos. En este sistema consideraremos que fermiones con spin diferente interactúan de forma atractiva formando dos pares, que pueden “tunnelear” entre los diferentes modos. A priori, la dificultad que atañe el objetivo de este trabajo es, por una parte, un problema matemático que consiste principalmente en encontrar la base ortogonal de funciones apropiada para describir la función de correlación de segundo orden en espacio de momentos y, por otra, un problema relacionado con información cuántica que consiste encontrar qué tipo de estados entrelazados se pueden detectar correctamente con este procedimiento.

Objetivos planteados

- 1.- Revisión Bibliográfica de la temática.
- 2- Investigar el formalismo matemático del sistema físico propuesto.
- 3- Obtener de forma rigurosa o mediante simulación magnitudes físicas relevantes.
- 4- Redactar un informe de los resultados y conclusiones obtenidas de todo el proyecto.
- 5- Preparación de una presentación de los resultados para la defensa del TFG.

Bibliografía

- [1] Serwane F. et al, *Deterministic Preparation of a Tunable Few-Fermion System*, Science **332** 336–8 (2011)
- [2] Bergschneider A. et al, *Correlations and Entanglement in an Itinerant Quantum System*, Nature Physics **15**, 640-644 (2019)
- [3] Bonneau M. Munro W.J., Nemoto K., Schmiedmayer J., *Characterizing twin-particle entanglement in double-well potentials*, Physical Review A **98**, 033608 (2008)

Firma del estudiante
(solo para trabajos propuestos por estudiantes)

Firma del responsable de tutorización
(solo para trabajos propuestos por estudiantes)

Firma del responsable de cotutorización (*en su caso*)
(solo para trabajos propuestos por estudiantes)

En Granada, a de de 2022