
Título del curso:

“Entrelazamiento y Información cuántica en sistemas cuánticos de variables continuas (VC)”

Fechas del curso: 26 de noviembre al 7 de diciembre del 2018.

Número de horas del curso: 12 horas
(6 clases de 2 hs cada una).

Resumen del programa.

Dr. Fabricio Toscano

Profesor Asociado del Instituto de Física
de la Universidad Federal de Rio de Janeiro (UFRJ),
Grupo de Óptica y Información Cuántica.

1. Objetivo del curso.

Este será un curso introductorio al estudio de la correlación cuántica llamada entrelazamiento (“quantum entanglement”) en sistemas físicos con espacio de Hilbert infinito, *i.e.* sistemas de variables continuas así como también una pequeña introducción a los protocolos de información cuántica en este tipo de sistemas. El curso dará una introducción a la generación y manipulación de estados entrelazados cuánticos (estados Guasianos y no Guasianos) así como también a las diversas técnicas de detección de entrelazamiento y a la cuantificación de entrelazamiento. El curso será una ampliación del curso de cinco aulas que leccione en la escuela internacional “Applications of Quantum Mechanics 2013 III” sediada en la Universidad de Guadalajara del 8 de julio hasta el 19 de julio de 2013 (título: “Entanglement Detection in Continuous Variables Systems”, vide: <http://gioc.fisica.unam.mx/ss2013/program.php>). Será una versión mas corta del curso que leccione en la “Universidad de Buenos Aires (UBA)”, Buenos Aires, Argentina, que tenia una duración de 27 horas. Este curso en la UBA lo leccione desde el 19 de octubre hasta el 9 de noviembre del 2015 donde me desempeñe como profesor visitante.

2. Motivación del curso.

El entrelazamiento cuántico es un recurso esencial en diversas tareas de información cuántica, como la teleportación, la computación cuántica, la criptografía cuántica, entre otras. Las tareas en el área de la física llamada de Información Cuántica generalmente son tratadas en términos de sistemas discretos de dos niveles, que se utilizan para codificar qbits (la forma más simple de la información cuántica). Sin embargo recientemente hubo un incremento grande en el interés por los sistemas de variables continuas como sistemas usados en tareas en Información Cuántica. Esto se debe a que casi todas las tareas en Información Cuántica, como por ejemplo computación cuántica universal (tanto el modelo standard de computación cuántica como el llamado modelo de computación cuántica de “sentido único” - “one-way quantum computación model”- basada en estados “cluster”) fue extendida a sistemas de variables continuas. Actualmente los sistemas de variables continuas poseen el récord de estados cuánticos con mas partes entrelazadas (hasta 60 modos bosónicos entrelazados todos igualmente accesibles al mismo tiempo!) y se encuentran entre los sistemas mas provisosos para realizar tareas en Información Cuántica con ventaja real en relación a su implementación con recursos clásicos. La generación, manipulación, así como la certificación de la existencia de entrelazamiento y la cuantificación de este es esencial para poder realizar cualquier tipo de tarea en Información Cuántica. Este curso tiene como objetivo dar una introducción a estos asuntos así como también dar una idea de como funcionan algunos de los protocolos básicos en Información Cuántica en VC.

3. Programa tentativo.

1. Definición de sistemas de variables continuas y ejemplos físicos relevantes. En particular se presentará dos de los sistemas de variables continuas mas usados hoy en dia: los modos del campo electromagnético cuantizado y los modos espaciales transversos de fotones individuales. En particular se analizara la generación de estados entrelazados en este tipo de sistemas (el Oscilador Paramétrico Óptico OPO y la Conversión Paramétrica Descendente).
2. Se introducirá el formalismo matemático apropiado al estudio de las variables continuas: la representación de los estados cuánticos en el espacio de fases através de distribuciones de cuasi-probabilidad. En particular se estudiará con algún detalle la representación de Weyl-Wigner.
3. Manipulación de estados em sistemas de variables continuas: evoluciones cuadráticas en sistemas de VC (“operaciones Gaussianas”): el grupo simpléctico y su representación unitaria (grupo metapléctico). Generadores del grupo real simpléctico en Óptica cuántica (*i.e.* em sistemas de VC de las cuadraturas del campo electromagnético). Generadores del grupo real simpléctico en los modos espaciales transversos de fotones individuales.

4. Estados Gaussianos: generación, detección y cuantificación de entrelazamiento cuántico. Condición necesaria y suficiente para certificar la detección de entrelazamiento bipartido en estados Gaussianos con un número arbitrario de modos en cada parte.
5. Criterios de detección de entrelazamiento cuántico en VC basados en el criterio de separabilidad de la Transpuesta Parcial Positiva (“Positive Partial Transpose criterion-PPT”). Criterios de detección de entrelazamiento cuántico bipartido y multipartido basados en la matriz de covariancia del estado cuántico (ex. criterio de Simon para dos modos y su generalización para un número arbitrario de modos). Detección de entrelazamiento cuántico mas allá de los estados Gaussianos: criterios de entrelazamiento bipartido y multipartido basados en la matriz de momentos de orden arbitraria (ex. criterio de Shchukin&Vogel y su extensión a sistemas de muchos modos).
6. Protocolo de teletransporte cuántico em sistemas de VC.