
Título del curso:

“ Entrelazamiento cuántico en sistemas de variables continuas (VC)”

Fechas del curso: 19 de octubre al 6 de noviembre del 2015.

Número de horas del curso: 27 horas
(tres horas por día tres veces por semana).

Resumen del programa.

Dr. Fabricio Toscano

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

1. Resumen.

Existen dos abordajes al procesamiento de información usando los recursos de la mecánica cuántica (Información Cuántica, IC): una basada en codificación de información en sistemas físicos cuyo espacio de Hilbert de los estados cuánticos tiene dimension finita (Ej. "qubits" o "qudits") y otros en donde la codificación de información se hace en sistemas físicos cuyo espacio de Hilbert de los estados cuánticos tiene dimension infinita. Estos últimos son los llamados sistemas de Variables Continuas (VC). Ejemplos de este tipo de sistema los Modos del Campo Electromagnético Cuantizado (MCEC), los modos de vibración de iones o átomos y los Modos Espaciales Transversos de Fotones Individuales (METFI). Recientemente hubo un incremento grande en el interés por los sistemas VC como sistemas usados en tareas de IC. Esto se debe a que casi todas las tareas de IC, 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.

El entrelazamiento cuántico es un recurso esencial en diversas tareas de IC, como la teleportación, la computación cuántica, la criptografía cuántica, entre otras. Actualmente los sistemas de VC poseen el récord de estados cuánticos con mas partes entrelazadas y se encuentran entre los sistemas con mas futuro en la realización de tareas de IC, con ventajas reales en relación a la implementación con recursos clásicos. Este curso será una introducción al estudio del entrelazamiento en sistemas de VC. El curso dará una introducción a la generación y manipulación de estados entrelazados cuánticos (estados Gaussianos y no Gaussianos) así como también a las diversas técnicas de detección de entrelazamiento y a la cuantificación de entrelazamiento. Los sistemas de VC usados como ejemplos en el curso serán los MCEC y los METFI.

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 (MCEC) y los Modos Espaciales Transversos de Fotones Individuales (METFI).
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 en 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.* en 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. Ejemplo protocolo de información cuántica: el protocolo de teletransporte cuántico en sistemas de variables continuas.
6. Criterios de detección de entrelazamiento cuántico bipartido y multipartito 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 multipartito basados en la matriz de momentos de orden arbitraria (ex. criterio de Shchukin&Vogel y su extensión a sistemas de muchos modos).
7. Procedimiento sistemático de creación de criterios de detección de entrelazamiento cuántico (bipartito y genuinamente multipartito) en sistemas de VC basados en el criterio de separabilidad de la Transpuesta Parcial Positiva ("Positive Partial Transpose criterion-PPT") e relaciones de incerteza.
8. Breve introducción a medidas de cuantificación de entrelazamiento. Aplicaciones en estados Gaussianos.