

F 2016
7



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Referencia Expediente. 506.774/16

Buenos Aires, 14 NOV 2016

VISTO:

la nota presentada por el Dr. Fernando C. Lombardo, Director del Departamento de Física, en la que se eleva información y el programa del curso de posgrado **INFORMACIÓN CUÁNTICA Y FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA**, que será dictado en el segundo cuatrimestre de 2016 por los Dres. Fernando Pastaswki y Juan Pablo Paz,

CONSIDERANDO:


- lo actuado en la Comisión de Doctorado
- lo actuado en la Comisión de Posgrado,
- lo actuado por este cuerpo en Sesión Ordinaria realizada en el día de la fecha,
- en uso de las atribuciones que le confiere el Artículo N° 113 del Estatuto Universitario,

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
RESUELVE

- Artículo 1º: Autorizar el dictado del curso de posgrado **INFORMACIÓN CUÁNTICA Y FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA** de 16 hs de duración.
- Artículo 2º: Aprobar el programa del curso de posgrado **INFORMACIÓN CUÁNTICA Y FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA** obrante a fs. 5 a 7 del expediente de la referencia.
- Artículo 3º: Aprobar un puntaje máximo de un (1) punto para la Carrera del Doctorado.
- Artículo 4º: Comuníquese a la Biblioteca de la FCEN, con fotocopia del programa incluida.
- Artículo 5º: Comuníquese a la Dirección de Alumnos, a la Dirección del Departamento de Física y a la Secretaría de Posgrado. Cumplido, archívese.

RESOLUCION CD N° 2738 4
SP/fga01/11/2016

Dr. PABLO J. PAZOS
Secretario Adjunto de Posgrado
FCEyN - UBA


Dr. JUAN CARLOS REBORADA
DECANO

Descripción del Curso.

A continuación se esboza el contenido de curso destinado a estudiantes del último año de licenciatura en física o de la carrera de doctorado en física. En este curso se describen algunas de las nociones y herramientas provenientes de la información cuántica que son útiles a la hora de entender sistemas de muchos cuerpos en materia condensada. El enfoque seguirá será similar al del libro "Quantum Information Meets Quantum Matter", donde se encuentran la mayoría de los temas propuestos. Se detalla un temario clase por clase, consistiendo en ocho unidades que podría exponer en aproximadamente tres horas cada una.

Unidad 1: Correlations and entanglement

En esta unidad se introducen (recuerdan) algunas nociones básicas de mecánica cuántica, como espacio de Hilbert, estados puros y estados mezcla. La representación de estados mezcla en términos de la matriz densidad. Como obtener una matriz densidad asociada aun subsistema a partir de un estado global puro. Luego se introducen medidas de correlación como, correladores, información mutua y entrelazamiento. Se presentan algunos estados entrelazados simples como pares de Bell y GHZ. Finalmente se prueba la monogamia del entrelazamiento en estados cuánticos.


Unidad 2: Hamiltonianos locales y sus estados fundamentales

En esta unidad se contrastan los estados aleatorios de un espacio de Hilbert con estados fundamentales de Hamiltonianos locales en términos de la cantidad de parámetros necesarios para describir/aproximarlos. Se introduce la medida de Haar sobre el espacio de Hilbert. Se presenta el teorema de Page, mostrando que la mayoría de los estados están altamente entrelazados. Luego se intenta contrastar esto con estados fundamentales de Hamiltonianos locales. Se describe como la evolución temporal y la evolución a tiempo imaginario se pueden aproximar utilizando la descomposición Suzuki-Trotter y como en esta descomposición se vuelven evidentes las limitaciones en cuanto a la cantidad de correlaciones que puede haber en estados fundamentales.

Unidad 3: Matrix product states, PEPS tensor networks

Se introduce la descripción de estados cuánticos como una contracción parcial de tensores ejemplificando con matrix product states (MPS) y PEPS. Se discute la eficacia de estas representaciones económicas para representar estados que satisfacen la ley de área en entropía. Se considera la posibilidad de representar estados con redes sensoriales más generales como MERA. Se describe como calcular valores de expectativa y se discute la complejidad computacional de hacerlo. Se describen métodos para obtener estados fundamentales como la evolución a tiempo imaginario y los métodos variacionales.

Unidad 4: Hamiltonianos con gap y transiciones de fase cuánticas



Se estudia el modelo de Ising a campo transverso. Utilizando la transformación de Jordan-Wigner se resuelve su Hamiltoniano completamente, reduciéndolo a un Hamiltoniano cuadrático de Fermiones. Se describe como este modelo es equivalente al modelo de Majorana wire y se observa la robustez de degeneración en este último caso. Se introduce la noción de equivalencia de fase en base a a) transformaciones unitarias locales del estado fundamental b) evolución con un Hamiltoniano local c) la existencia de un camino Hamiltoniano con un gap uniforme. Se explica como ninguno de estos procesos es capaz de hacer cambios cuantitativos en las correlaciones definidas en la unidad 1.

Unidad 5: Códigos correctores de errores

Primero se introduce la noción de código corrector de errores clásico. Se describe informalmente el código de repetición y su versión cuántica. Se describe el formalismo estabilizador y como este puede ser usado para describir códigos correctores de errores cuánticos. Se describe la condición teórica de QECC y se utiliza como ejemplo el código de Shor. Si el tiempo permite se describen las condiciones de códigos correctores de errores cuánticos a nivel de operadores (Heisenberg picture).

Unidad 6: Código tórico

Se da la definición del código torcido presentando los operadores, lógicos y discutiendo los parámetros del código. Se discute el problema de recuperación de pérdida de qubits en términos de percolación. Se discute como el espacio de mínima energía de un Hamiltoniano local puede utilizarse para representar el código y las excitaciones como anyones. Se describen las tres cargas no triviales y como estas pueden ser medidas de manera no local.

Unidad 7: Orden topológico

Se describe una teoría de perturbaciones degeneradas en el código tórico. Al observar que estas solo tienen efecto a alto orden se conecta la noción de LTQO como condición QECC que permite garantizar la robustez de la degeneración. Se introduce topological entanglement entropy como un parámetro para diagnosticar la presencia de orden topológico. Si el tiempo permite, se introducen los modelos de string nets de Levin-Wen.

Unidad 8: Computación topológica

Se introduce la fase geométrica o fase de Aharonov-Bohm como una forma holonómica y adiabática de computar. Se describe como esta fase puede tomar un carácter no abeliano para sistemas de dimensión mayor. Se introducen algunos elementos de las teorías topológicas en dos dimensiones como formulas de fusión de anyones, bases del espacio de Hilbert descritas por arboles de fusión y la matriz de cambio de base entre estas. Reglas de trenzado. Se describe la formula de Verlinde para conectar el movimiento de cargas anyónicas con los proyectores asociados a ciclos no triviales.



Referencias:

Quantum Information Meets Quantum Matter -- From Quantum Entanglement to Topological Phase in Many-Body Systems. Bei Zeng, Xie Chen, Duan-Lu Zhou & Xiao-Gang Wen (2015). arXiv:1508.02595v2

Introduction to Topological Quantum Computation. Jiannis K. Pachos:
ISBN:9781107005044 Cambridge University Press (2012)

A practical introduction to tensor networks: Matrix product states and projected entangled pair states. Román Orús, Annals of Physics vol. 349 p. 117-158 (2014)

Local unitary transformation, long-range quantum entanglement, wave function renormalization, and topological order. Xie Chen, Zeng Cheng Gu & Xiao Gang Wen. Physical Review B, 82(15), 155138. (2010).

