



Título: Simuladores cuánticos de muchos cuerpos

Carga horaria: 27 horas de clase.

Duración: 3 semanas (3 clases de 4 horas cada una por semana).

Evaluación: Trabajo Práctico Final

Fecha propuesta para el curso: Noviembre 2018.

Programa:

1. Introducción. Parte 1: Conceptos básicos de información cuántica: estados, espacio de Hilbert, principio de super-posición, entrelazamiento cuántico y algunas aplicaciones simples (teleportación cuántica, distribución de llave criptográfica, etc.). Parte 2: Motivación y pantallazo general de computación cuántica: i) Computadoras cuánticas universales; ii) simuladores cuánticos no universales de propósito específico; iii) annealing cuántico (D-Wave).
2. Computadoras cuánticas universales. Parte 1: modelo de circuito (conjuntos universales de compuertas lógicas, teorema de Solovay-Kitaev) y modelo basado en medidas (estados estabilizadores). Parte 2: Ejemplos de algoritmos y complejidad computacional (jerarquía polinomial).
3. Simuladores cuánticos de muchos cuerpos. Parte 1: Preparadores de estados de Gibbs y evoluciones temporales fuertemente fuera del equilibrio, nociones fuerte y débil de simulación, problemas de muestreo clásicos vs. cuánticos. Parte 2: supremacía cuántica y verificación.
4. Verificación cuántica. Parte 1: Paradigmas de verificación y fidelidad entre estados. Parte 2: Caracterización de estados (tomografía cuántica) y estimación directa de fidelidad (*importance sampling* y desigualdades de Chernoff).
5. Verificación cuántica como problemas de membresía débiles (*hypothesis testing*). Parte 1: Testigos de fidelidad (definición e interpretación geométrica). Parte 2: Aplicación de testigos de fidelidad para verificación de computadoras cuánticas universales.
6. Tomografía de estados de producto de matrices (*matrix-product states*). Parte 1: estados de producto de matrices, estados de redes de tensores y "el rincón físico" del espacio de Hilbert. Parte 2: Testigos de estados fundamentales (Hamiltonianos sin frustración, locales y con gap espectral).
7. Aplicaciones de testigos de fidelidad para simuladores cuánticos. Parte 1: Testigos bosónicos (formalismo Gaussiano) y fermiónicos (transformada de Jordan-Wigner), cadenas de espines $\frac{1}{2}$ y sistemas locales con gap espectral. Parte 2: Eficiencia experimental y complejidad de muestreo. Posibles aplicaciones experimentales.

8. Fronteras de investigación I: Formulación basada en Machine-learning para computación cuántica. Parte 1: Redes neuronales artificiales y máquinas de Boltzmann restringidas. Parte 2: Estados cuánticos de redes neuronales y su conexión con estados de matrices de productos.
9. Fronteras de investigación II: tomografía de estados cuánticos de muchos cuerpos con redes neuronales. Parte 1: aprendizaje no supervisado con máquinas de Boltzmann restringidas (*maximum-likelihood estimation*) y tomografía de estados puros con máquinas de Boltzmann restringidas. Parte 2: Tomografía de estados arbitrarios (mixtos) con máquinas de Boltzmann restringidas (POVMs topográficamente completos).

Bibliografía:

- Simulating Physics with Computers*. Richard Feynman. International Journal of Theoretical Physics. 21 (6-7): 467-488 (1982).
- Quantum simulation*, I. M. Georgescu, S. Ashhab, and Franco Nori, Rev. Mod. Phys. 86, 153 (2014).
- Can One Trust Quantum Simulators?* Philipp Hauke, Fernando M. Cucchietti, Luca Tagliacozzo, Ivan Deutsch, Maciej Lewenstein, Rep. Prog. Phys. 75, 082401 (2012).
- Reliable quantum certification for photonic quantum technologies*. L. Aolita, C. Gogolin, M. Kliesch, and J. Eisert, Nat. Comms. 6, 8498 (2015).
- The computational complexity of linear optics*. S. Aaronson and A. Arkhipov, Proceedings of ACM Symposium on the Theory of Computing, STOC, pp. 333-342 (Association for Computing Machinery, New York, 2011).
- Efficient quantum state tomography*. M. Cramer, M. B. Plenio, S. T. Flammia, R. Somma, D. Gross, S. D. Bartlett, O. Landon Cardinal, D. Poulin, and Y.-K. Liu, Nat. Commun. 1, 149 (2010).
- Fidelity witnesses for fermionic quantum simulations*. M. Gluza, M. Kliesch, J. Eisert, and L. Aolita, arXiv: 1703.03152.



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Ref. Expte. N° 509.778/18

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 02 JUL 2018

VISTO

La nota a foja 1 presentada por la Dirección del Departamento de Física, mediante la cual eleva la información del curso de posgrado **Simuladores Cuánticos de Muchos Cuerpos**, para el año 2018.

CONSIDERANDO

Lo actuado por la Comisión de Doctorado,

Lo actuado por la Comisión de Posgrado,

Lo actuado por este Cuerpo en la sesión realizada en el día de la fecha,

En uso de las atribuciones que le confiere el Artículo 113° del Estatuto Universitario,

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

ARTÍCULO 1°: Autorizar el dictado del nuevo curso de posgrado **Simuladores Cuánticos de Muchos Cuerpos**, de 36 hs de duración, que será dictado por los Dres. Mario L. Aolita y Augusto Roncaglia.

ARTÍCULO 2°: Aprobar el programa del curso de posgrado **Simuladores Cuánticos de Muchos Cuerpos**, obrante a fojas 4 (anverso y reverso) del expediente de referencia, para su dictado durante el segundo cuatrimestre de 2018.

ARTÍCULO 3°: Aprobar un puntaje máximo de uno y medio (1,5) puntos para la Carrera del Doctorado.

ARTÍCULO 4°: Comuníquese a la Dirección del Departamento de Física, la Dirección de Alumnos, la Biblioteca de la FCEyN y la Secretaría de Posgrado, con fotocopia del programa incluido. Cumplido archívese.

1628

Resolución CD N° _____
ga/ 26/06/2018

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

Dr. JUAN CARLOS REBOREDA
DECANO