



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Ref. Expte. N° 792/2021

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 31 de mayo de 2021

**VISTO:**

La nota presentada por la Dirección del Departamento de Computación, mediante la cual eleva la información del curso de posgrado **Curso Intensivo sobre Estructuras Cuánticas e Información Cuántica** para el año 2021,

**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 113º del Estatuto Universitario,

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
R E S U E L V E:**

**ARTÍCULO 1º:** Aprobar el nuevo curso de posgrado **Curso Intensivo sobre Estructuras Cuánticas e Información Cuántica** de 15 horas de duración, que será dictado por el Dr. Federico Hernán Holik con la colaboración del Dr. Alejandro Díaz-Caro.

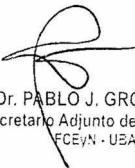
**ARTÍCULO 2º:** Aprobar el programa del curso de posgrado **Curso Intensivo sobre Estructuras Cuánticas e Información Cuántica** para su dictado en julio de 2021.

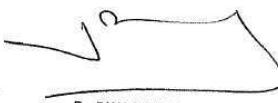
**ARTÍCULO 3º:** Aprobar un puntaje máximo de medio (0,5) punto para la Carrera del Doctorado.

**ARTÍCULO 4º:** Disponer que de no mediar modificaciones en el programa, la carga horaria y el arancel, el presente Curso de Posgrado tendrá una vigencia de cinco (5) años a partir de la fecha de la presente Resolución.

**ARTÍCULO 5º:** Comuníquese a todos los Departamentos Docentes, a la Dirección de Estudiantes y Graduados, a la Biblioteca de la FCEyN y a la Secretaría de Posgrado con copia del programa incluida. Cumplido, archívese.

**RESOLUCIÓN CD N° 0755**

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

  
Dr. JUAN CARLOS REBOREDA  
DECANO

**Formulario para la presentación de Cursos de Posgrado/Doctorado – Res. CD2819/18 - ANEXO 1****Información académica****Año de presentación (\*)****2021**

1-a-

Departamento docente que inicia el trámite:
Departamento de Computación
Nombre del curso:
Curso Intensivo sobre Estructuras Cuánticas e Información Cuántica
Nombre, Cargo y Título del docente responsable:
Federico Hernán Holik, Profesor Invitado, Doctor en Física de la Universidad de Buenos Aires.
En caso de dictarse en paralelo con una materia de grado, nombre de la misma:
Estructuras Cuánticas e Información Cuántica
Nombre y Título de los docentes que colaboran con el dictado del curso (*) (*):
Alejandro Díaz-Caro. Doctor en Computación de la Université de Grenoble.
Fecha propuesta para el primer dictado luego de la aprobación:
Julio 2021 (ECI2021)

**Duración:**

Duración total en horas	15
Duración en semanas	1

**Distribución carga horaria:**

Número de horas de clases teóricas	10
Número de horas de clases de problemas	5
Número de horas de trabajos de laboratorio	--
Número de horas de trabajo de campo	--
Número de horas de seminarios	--

**Forma de evaluación:**

Examen individual domiciliario.

**Lugar propuesto para el dictado (departamento, laboratorio, campo, etc.):**

Modalidad virtual.

**Puntaje propuesto para la carrera de doctorado:**

0.5 puntos

**Número de alumnos:**

Mínimo: 5

Máximo: 50

Audiencia a quién está dirigido el curso:

Estudiantes de doctorado en Cs. de la Computación y especialidades afines.

Necesidades materiales del curso:

Sala de reuniones virtual.

1-b-

**Programa analítico del curso con Bibliografía (puede adjuntarse en hojas separadas):**

La computación cuántica es un campo de estudio muy activo en la actualidad, debido a sus potenciales aplicaciones tecnológicas.

El objetivo de este curso es dar una breve introducción a la lógica cuántica y otras estructuras cuánticas que aparecen en el estudio del formalismo cuántico, en conexión con diferentes problemas de la teoría de la información cuántica. Se estudiarán las diferencias entre las probabilidades clásicas y las cuánticas, y las implicancias que tienen estas diferencias para la teoría de la computación cuántica.

En particular, discutiremos el rol del carácter no-Booleano del retículo de proyectores del espacio de Hilbert en distintos ejemplos de algoritmos cuánticos. Revisaremos distintos ejemplos de compuertas lógicas cuánticas y algoritmos cuánticos, para después presentar distintas caracterizaciones lógicas de sus propiedades.

Desde el punto de vista lógico algebraico, discutiremos las diferencias entre las medidas de información clásicas y las cuánticas, así como distintas versiones de los teoremas de codificación. En particular, discutiremos a la teoría de la información cuántica como una versión no-comutativa (o no-Kolmogoroviana) de la teoría de la información de Shannon.

#### **Programa del curso:**

- Lunes: Introducción a la lógica cuántica y las probabilidades cuánticas. Conceptos básicos de álgebra lineal y espacios vectoriales. Espacios de Hilbert de dimensión finita. Estados cuánticos y observables en el espacio de Hilbert. Regla de Born y valores medios. Operadores de proyección y experimentos SI-NO. Subespacios del espacio de Hilbert. Efectos cuánticos y proposiciones difusas. Proposiciones asociadas a los sistemas cuánticos y clásicos. Breve racconto histórico del desarrollo de la lógica cuántica.
- Martes: Introducción a la lógica cuántica y las probabilidades cuánticas. Estructura de retículo y álgebras de Boole. El retículo ortomodular de subespacios de un Hilbert. Conexiones con la geometría proyectiva. Álgebra de efectos. Axiomas de Kolmogorov. Probabilidades cuánticas vs probabilidades clásicas. Lógica cuántica y probabilidad cuántica. Contextos y álgebras de Boole maximales. Teoremas de Gleason y Kochen-Specker.
- Miércoles: Lógicas asociadas a compuertas cuánticas. Compuertas lógicas cuánticas: definiciones y ejemplos. Ejemplos de sistemas completos de compuertas lógicas cuánticas. Ejemplos de algoritmos cuánticos. Propiedades algebraicas de las compuertas lógicas cuánticas. Distintos ejemplos de axiomatizaciones de las lógicas computacionales cuánticas.
- Jueves: Estructuras cuánticas en la teoría de la información cuántica. Medidas de información y teoremas de codificación (Shannon, Schumacher, Campbell y Campbell Cuántico). La teoría de la información cuántica como una versión no-Kolmogoroviana de la teoría de la información de Shannon. Computación cuántica y probabilidades cuánticas.
- Viernes: Estructuras cuánticas en la teoría de la información cuántica. Lógica cuántica y contextualidad en la computación cuántica. El rol de la no-Booleanidad en los algoritmos cuánticos. Computación no determinista y probabilidad no-Kolmogoroviana.

#### **Bibliografía sugerida:**

- M. Dalla Chiara, R. Giuntini and R. Greechie, *Reasoning in quantum theory*, Trends in Logic-

Studia Logica Library, Vol. 22. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, (2004).

M. Rédei and S. Summers. *Quantum Probability Theory*, Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics, Volume **38**, Issue **2**, 390-417(2007).

- M. A. Nielsen and I. L. Chuang. *Quantum Computation and Quantum Information* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000).
- I. Bengtsson and K. Zyczkowski. *Geometry of Quantum States: An Introduction to Quantum Entanglement* (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2006).
- Jeffrey Bub. "Quantum computation from a quantum logical perspective", *Quantum Information And Computation*, **7** (4):281-296, May 2007.
- Holik, G. Bosyk and G. Bellomo. "Quantum information as a non-Kolmogorovian generalization of Shannon's theory", *Entropy*, **17** (11), 7349-7373; doi:10.3390/e17117349, (2015).
- F. Holik, G. Sergioli, H. Freytes and A Plastino. "Logical structures underlying quantum computing", *Entropy*, **21** (1), 77, (2019). <https://doi.org/10.3390/e21010077>

#### Bibliografía extra:

- M. L. Dalla Chiara, R. Giuntini, R. Leporini and G. Sergioli, "Quantum Computation and Logic: How Quantum Computers Have Inspired Logical Investigations", Springer International Publishing, (2018).
- Xin Sun and Feifei He, "A First Step to the Categorical Logic of Quantum Programs", *Entropy*, **22**, 144; (2020) doi:10.3390/e22020144
- X. Wu, S. L. Tomarken, N. Anders Petersson, L. A. Martinez, Y. J. Rosen and J. L. DuBois, "High-Fidelity Software-Defined Quantum Logic on a Superconducting Qudit", *Physical Review Letters* **125**, 170502 (2020).
- K. K. Mehta, C. Zhang, M. Malinowski, T. Nguyen, M. Stadler and J. P. Home, "Integrated optical multi-ion quantum logic", *Nature* volume **586**, pages 533–537 (2020).
- M.L. Dalla Chiara, H. Freytes, R. Giuntini, R. Leporini, G. Sergioli, "Probabilities and epistemic operations in the logics of quantum computation", *Entropy* **20** (11), 837 (2018).
- G. Sergioli, "Towards a Multi Target Quantum Computational Logic", *Foundations of Science* **25**, 87–104 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10699-018-9569-8>

1-c-

Actividades prácticas propuestas (puede adjuntarse en hojas separadas):

El curso tiene una orientación teórico-práctica y se desarrollará con trabajos de ejercitación.

(\*) Todos los cursos tendrán una validez de 5 años

(\*)(\*) Las actualizaciones de los docentes colaboradores son informados por la Dirección departamental al inicio de cada dictado del curso

Firma Subcomisión  
Doctorado

Firma del docente responsable

E-mail y teléfono del docente responsable  
[holik@fisica.unlp.edu.ar](mailto:holik@fisica.unlp.edu.ar)  
+54 (0221) 6443202  
[adiazcaro@icc.fcen.uba.ar](mailto:adiazcaro@icc.fcen.uba.ar)  
011 15 2889 1452

**Solicitud de Financiación**

**Año de presentación (\*)**

**2021**

Departamento docente que inicia el trámite:

Nombre del curso:

Nombre y Título del docente responsable:

Costo propuesto del curso por alumno (\*):

Justificación del monto propuesto:

(\*) Las excepciones aplicables para cada alumno serán consistentes con la reglamentación del Consejo Directivo que regula los aranceles y excepciones (Res. CD 484/13). El docente responsable del curso solicitará las excepciones por nota al consejo directivo a través de Mesa de Entradas.