



ESTUDIOS DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA HANDS-ON QUANTUM INFORMATION (2ª ED.)

INFORMACIÓN GENERAL

CURSO ACADÉMICO: 2025/2026

ÁREA: Ciencias Experimentales

CRÉDITOS: 3,00 créditos ECTS (*)

PRECIO DE MATRÍCULA: 480,00 € (Seguro: 4 €, a consultar)

DIRECCIÓN ACADÉMICA: Mateo Casariego Vías, Mikel García de Andoin Bolaño

PRESENTACIÓN

La información cuántica es una rama de investigación que se consolida a principios del siglo XXI y que ha tenido un gran impacto tanto en la comprensión de los fundamentos de la teoría cuántica como en el desarrollo de las nuevas “tecnologías cuánticas”. En ella, tanto la evolución de los sistemas cuánticos como los procesos de medida se capturan mediante transformaciones matemáticas específicas, que se analizan en términos de aspectos asociados al procesamiento de la información: capacidades, entropías, información mutua, matrices de Fisher, etc. Un requerimiento crucial para cualquier tarea de procesamiento de la información es la distinguibilidad. En la teoría clásica de la decisión, por ejemplo, es obvio que es necesario ser capaz de discriminar perfectamente entre las opciones disponibles para poder tomar una decisión correcta y, en última instancia, óptima. Puesto que la observación o la “medida” no es problemática en teoría clásica, la distinguibilidad se da por sentada. Pero en la teoría cuántica, existe la posibilidad de que un experimentalista no pueda distinguir perfectamente dos estados cuánticos diferentes, ni siquiera a priori. Estas cuestiones están estrechamente relacionadas con las propiedades matemáticas de los estados cuánticos y de los espacios abstractos que habitan. Aquí ofrecemos un estudio riguroso sobre la distinguibilidad de los estados cuánticos. El curso proporcionará al estudiante una sólida comprensión de la relevancia de las mediciones como los únicos mapas que traducen información cuántica a información clásica. En primer lugar, analizaremos en profundidad las estructuras matemáticas que cimentan la información cuántica, con una interpretación geométrica que resultará útil cuando se desea establecer una noción de «distancia» entre estados cuánticos. Discutiremos las mediciones tanto desde la perspectiva matemática, a fin de profundizar en los aspectos teóricos de las mediciones de forma general y cómo estas van más allá de las medidas proyectivas que se suelen introducir en los cursos introductorios de cuántica, motivando el uso de las POVMs. Asimismo, veremos cómo diseñar estas medidas de manera específica para la extracción óptima de la información que nos interesa, discutiendo temas como la completitud de la información en tomografía cuántica.



Equipados con estas herramientas, discutiremos la discriminación de estados cuánticos en una variedad de configuraciones: desde la discriminación de dos estados ortogonales hasta la discriminación de múltiples estados mixtos arbitrarios. Por último, cubriremos temas de relevancia en metrología cuántica como la estimación de parámetros cuánticos y su interpretación geométrica, discutiendo temas célebres como el régimen de Heisenberg y las ventajas cuánticas en metrología. Con todo, el curso, de marcado carácter fundacional, pretende arrojar luz sobre el tema clave de la medida desde un punto de vista operacional, es decir, de relevancia práctica para trabajos tanto en computación cuántica y algorítmica, como metrología o sensórica cuánticas.

Temario

1. Introduction: Quantum information and correlations
 1. What is a quantum state?
 2. Entanglement and entanglement measures
 3. Quantum operations: CPTP maps
 4. Contractive distances, mixing and purifications
2. Quantum measurements
 1. POVMs, PVMs, Tensor Networks and quantum instruments
 2. Destructive and non-destructive measurements
 3. Weak measurements
3. Quantum state discrimination
 1. Ambiguous discrimination of two mixed states: Helstrom bound
 2. Unambiguous discrimination of two mixed states
 3. Discrimination of more than two states with symmetry: pretty good measurements
4. Quantum state tomography and information completeness
 1. Bloch ball and Pauli tomography
 2. Symmetric informationally complete POVMs
5. Quantum parameter estimation
 1. Frequentist classical parameter estimation: maximum likelihood method, Fisher information, and Cramér-Rao bound
 2. Estimating a single parameter in a quantum state: quantum Cramér-Rao
 3. Unitary encoding: Heisenberg scaling vs standard quantum limit
 4. Multiparameter estimation: Holevo quantum Cramér-Rao and open problems
 5. Geometry of quantum estimation
 6. Bayesian quantum metrology.



TE BUSCAMOS A TI

Si durante tus años como estudiante o trabajadora en disciplinas científicas has estado en contacto con la física cuántica, seguramente seas consciente de que estamos inmersos en la “segunda revolución cuántica” y habrás escuchado hablar de ordenadores cuánticos y supremacía cuántica, así como de protocolos de comunicación, encriptación y metrología cuánticos que tienen ventajas sobre los métodos clásicos. También es posible que, durante este tiempo, despertase en ti el interés por temas más fundamentales relacionados con la interpretación de la mecánica cuántica, que llevan fascinando las mentes de la comunidad científica desde sus orígenes en el siglo XX: el problema de la medida, el realismo, el entrelazamiento y otras correlaciones cuánticas, etc. La información cuántica es una disciplina que reformula estos asuntos en términos de cantidades asociadas a la noción de “información”. Permite, por ejemplo, identificar ventajas cuánticas en tareas de procesamiento de la información, o arrojar luz sobre la naturaleza del estado cuántico de un sistema como entidad que aglutina el conocimiento que tenemos sobre dicho sistema. En este curso nos centramos en uno de los cimientos de la información cuántica “operacional”: la distinguibilidad de estados. Si te interesa alcanzar una comprensión más profunda de los fundamentos de la metrología cuántica y teoría de la medida, así como iniciarte en el fascinante mundo de la geometría de los estados cuánticos, este es tu curso. El público al que va dirigido este curso es amplio, abarcando desde alumnos de máster o grado que hayan cursado asignaturas de mecánica cuántica hasta profesionales de la industria. En el caso de los estudiantes, aquí encontrarán contenidos que se extienden más allá de los impartidos en la formación académica reglada, pero que resultan esenciales para tener una visión más completa acerca de la cuántica. Para los estudiantes de grado, además, este curso supone una primera toma de contacto con una materia fundamental para las tecnologías cuánticas. En referencia a perfiles profesionales, este curso pretende ser una herramienta para profundizar en aspectos más fundamentales en teoría de mediciones así como para conectar conceptos matemáticos con el contenido físico, siendo útil también a la hora de proporcionar formación a miembros de equipos interdisciplinares en el ámbito de las tecnologías cuánticas.

SALIDAS PROFESIONALES

Este curso tiene como objetivo permitir a estudiantes y a investigadores en el inicio de su carrera enriquecer su formación sobre información cuántica, esencial para la investigación en fundamentos y para el desarrollo de tecnologías cuánticas, incluyendo computación cuántica. Igualmente, pretende ser de utilidad a profesionales en estos sectores que tengan formación en otras áreas, como matemática o informática, buscando ampliar su perspectiva sobre este tema y fomentando una mejor comunicación entre las diferentes disciplinas involucradas en el desarrollo de nuevos avances asociados a tecnologías cuánticas emergentes.

REQUISITOS

- Conocimientos básicos de álgebra lineal, espacios normados, espacios de Hilbert.
- Conocimientos básicos de los principales axiomas de la física cuántica.
- Inglés técnico.

IMPARTICIÓN

FECHAS DE IMPARTICIÓN: 10/02/20206 –30/04/2026

LUGAR DE IMPARTICIÓN: EHU Quantum Center

IDIOMA DE IMPARTICIÓN: Inglés

INFORMACIÓN / INSCRIPCIÓN

DEPARTAMENTO U ÓRGANO RESPONSABLE: EHU Quantum Center

DIRECCIÓN: Edificio María Goyri. Barrio Sarriena s/n. 48940 Leioa - Bizkaia

TELÉFONO: 94 601 5334

CORREO ELECTRÓNICO: mikel.garciadeandoin@ehu.eus, mateo.casariego@ehu.eus

(*) 1 Crédito ECTS equivale a 25 horas