



Teaching Guide						
Identifying Data				2024/25		
Subject (*)	Quantum Computing		Code	610G04035		
Study programme	Grao en Nanociencia e Nanotecnoloxía					
Descriptors						
Cycle	Period	Year	Type	Credits		
Graduate	1st four-month period	Fourth	Optional	4.5		
Language	Spanish/Galician					
Teaching method	Face-to-face					
Prerequisites						
Department	Ciencias da Computación e Tecnoloxías da Información					
Coordinador	Mosqueira Rey, Eduardo	E-mail	eduardo.mosqueira@udc.es			
Lecturers	Chobanova, Veronika Georgieva Magaz Romero, Samuel Mayorga Redondo, Alejandro Mosqueira Rey, Eduardo	E-mail	v.chobanova@udc.es s.magazr@udc.es alejandro.mayorga@udc.es eduardo.mosqueira@udc.es			
Web	ciencias.udc.es/es/grado-en-nanociencia-y-nanotecnologia					
General description	Este curso pretende transmitir ao alumnado os conceptos fundamentais da Computación Cuántica, o formalismo matemático necesario para trabajar con qubits, as vantaxes informáticas e computacionais da superposición cuántica e do enredo cuántico, e definir un marco que contemple a evolución dos sistemas deterministas clásicos ata chegar a sistemas cuánticos, pasando por sistemas tipicamente probabilísticos. Unha vez establecido este marco, analizaranse conceptualmente algúns dos algoritmos cuánticos más relevantes.					

Study programme competences / results	
Code	Study programme competences / results
A1	CE1 - Comprender los conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales relacionados con la Nanociencia y Nanotecnología.
A2	CE2 - Aplicar los conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales relacionados con la Nanociencia y Nanotecnología a la resolución de problemas de naturaleza cuantitativa o cualitativa.
A3	CE3 - Reconocer y analizar problemas físicos, químicos, matemáticos, biológicos en el ámbito de la Nanociencia y Nanotecnología, así como plantear respuestas o trabajos adecuados para su resolución, incluyendo el uso de fuentes bibliográficas.
A7	CE7 - Interpretar los datos obtenidos mediante medidas experimentales y simulaciones, incluyendo el uso de herramientas informáticas, identificar su significado y relacionarlos con las teorías químicas, físicas o biológicas apropiadas.
A9	CE9 - Evaluar correctamente los riesgos sanitarios y de impacto ambiental asociados a la Nanociencia y la Nanotecnología.
A10	CE10 - Comprender la legislación en el ámbito del conocimiento y la aplicación de la Nanociencia y Nanotecnología. Aplicar principios éticos en este marco.
B1	CB1 - Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio
B2	CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio
B3	CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética
B4	CB4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado
B5	CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía
B6	CG1 - Aprender a aprender
B7	CG2 - Resolver problemas de forma efectiva.
B8	CG3 - Aplicar un pensamiento crítico, lógico y creativo.



B9	CG4 - Trabajar de forma autónoma con iniciativa.
B10	CG5 - Trabajar de forma colaborativa.
B11	CG6 - Comportarse con ética y responsabilidad social como ciudadano/a y como profesional.
B12	CG7 - Comunicarse de manera efectiva en un entorno de trabajo.
C1	CT1 - Expresarse correctamente, tanto de forma oral como escrita, en las lenguas oficiales de la comunidad autónoma
C2	CT2 - Dominar la expresión y la comprensión de forma oral y escrita de un idioma extranjero
C3	CT3 - Utilizar las herramientas básicas de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) necesarias para el ejercicio de su profesión y para el aprendizaje a lo largo de su vida
C4	CT4 - Desarrollarse para el ejercicio de una ciudadanía respetuosa con la cultura democrática, los derechos humanos y la perspectiva de género
C5	CT5 - Entender la importancia de la cultura emprendedora y conocer los medios al alcance de las personas emprendedoras
C7	CT7 - Desarrollar la capacidad de trabajar en equipos interdisciplinares o transdisciplinares, para ofrecer propuestas que contribuyan a un desarrollo sostenible ambiental, económico, político y social.
C8	CT8 - Valorar la importancia que tiene la investigación, la innovación y el desarrollo tecnológico en el avance socioeconómico y cultural de la sociedad
C9	CT9 - Tener la capacidad de gestionar tiempos y recursos: desarrollar planes, priorizar actividades, identificar las críticas, establecer plazos y cumplirlos

Learning outcomes	Learning outcomes			Study programme competences / results		
	A1	B1	C1	A2	B2	C2
Understand the need for quantum computing in nanoscience and nanotechnology.	A3	B3	C3	A7	B4	C4
	A9	B5	C5	A10	B6	C7
				B7	C8	
				B8	C9	
				B9		
				B10		
				B11		
				B12		
Learn the fundamental concepts of quantum computing.	A1	B1	C1	A2	B2	C2
	A3	B3	C3	A7	B4	C4
	A9	B5	C5	A10	B6	C7
				B7	C8	
				B8	C9	
				B9		
				B10		
				B11		
				B12		



Understand, learn to build and operate qubit systems.	A1 A2 A3 A7 A9 A10	B1 B2 B3 B4 B5 B6	C1 C2 C3 C4 C5 C7
To understand how quantum computers work.	A1 A2 A3 A7 A9 A10	B1 B2 B3 B4 B5 B6	C1 C2 C3 C4 C5 C7
Learn to design quantum algorithms.	A1 A2 A3 A7 A9 A10	B1 B2 B3 B4 B5 B6	C1 C2 C3 C4 C5 C7

Contents	
Topic	Sub-topic
Introduction	Historical background Context of quantum computing Preliminary thoughts
Mathematical Foundations	Complex numbers Vector spaces Hilbert spaces
Reversible Computing	Logic operators Reversible logic operations Reversible computer design



The Quantum Unit of Information	Formal description of the qubit Superposition of states Non-cloning principle
Qubit systems	Canonical basis Tensor product of states Serial and parallel operations
Quantum Operations and Circuits	Unitary matrices Unitary operations Quantum circuits
Quantum Computer Design	Annihilation operators Creation operators The Hamiltonian of Quantum Computing
Quantum Algorithms	Deutsch's algorithm Simon's algorithm Quantum teleportation
Final considerations	Content analysis Synthesis of results Discussion and conclusions

Planning				
Methodologies / tests	Competencies / Results	Teaching hours (in-person & virtual)	Student?s personal work hours	Total hours
Guest lecture / keynote speech	A1 A2 A3 A7 A9 A10 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B10 B11 B12 C1 C2 C3 C4 C5 C7 C8 C9	15	60	75
ICT practicals	A1 A2 A3 A7 A9 A10 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B10 B12 C1 C2 C3 C4 C5 C7 C8 C9	23	11.5	34.5
Personalized attention		3	0	3

(*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies	
Methodologies	Description
Guest lecture / keynote speech	Classroom explanation of the contents of the subject. Resolution of problems and practical cases. Interactive seminars.
ICT practicals	Practical problem solving in ICT environments. Carrying out in teams laboratory practices with quantum simulators.

Personalized attention	
Methodologies	Description



ICT practicals	Resolution by the teachers of the subject of the doubts and questions raised by the students. Supervision and assistance in carrying out the practices presented. Depending on the timetable and the subject matter already covered, interactive seminars will be held. Resolution of practical cases with real problems, promoting interdisciplinarity. It is a tradition in this subject to carry out supervised work in teams. Particular cases, handicapped, part-time, will have adapted treatment.
----------------	---

Assessment				
Methodologies	Competencies / Results	Description	Qualification	
Guest lecture / keynote speech	A1 A2 A3 A7 A9 A10 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B10 B11 B12 C1 C2 C3 C4 C5 C7 C8 C9	Evaluación continua de actividades realizadas individualmente. Evaluación continua de actividades realizadas en equipo. Prueba final de desarrollo de cinco preguntas cortas de la materia.	50	
ICT practicals	A1 A2 A3 A7 A9 A10 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 B10 B12 C1 C2 C3 C4 C5 C7 C8 C9	Evaluación de prácticas individuales. Evaluación de prácticas realizadas en equipo.	50	

Assessment comments	
No cut-off mark is established, neither in Theory nor in Practicals. Final_grade = 0.5 x (Theory_grade + Practical_grade).	
In order to pass the course, the Final_grade must be greater than or equal to 5.00 points.	
The fraudulent realization of tests and/or activities will directly imply the qualification of failure ("0") in the subject in the corresponding call, invalidating any qualification obtained in all the activities for the next opportunity, if any, within the same academic year.	
All aspects related to "academic dispensation", "dedication to study", "permanence" and "academic fraud" will be governed in accordance with the current academic regulations of the UDC.	
For the December extraordinary exam, if held, the practices carried out during the course will be taken into account or, alternatively, the performance of a practice exam or a specific practice for that call will be considered.	

Sources of information	
Basic	- Noson S. Yanofsky, Mirco A. Mannucci (2009). Quantum Computing for Computer Scientists. Cambridge University Press - Richard P. Feynman (2001). Feynman Lectures On Computation. CRC Press - Vicente Moret Bonillo (2017). Adventures in Computer Science. Springer
Complementary	

Recommendations	
Subjects that it is recommended to have taken before	
Physics of the Nanoscale/610G04041	
Computational Nanoscience and Nanotechnology/610G04034	
Numerical and Statistical Methods/610G04013	
Fundamentals of Quantum Theory/610G04015	
Fundamentals of Mathematics/610G04001	
Physics: Mechanics and Waves/610G04002	
Fundamentals of Computing Science/610G04010	



Subjects that are recommended to be taken simultaneously

Subjects that continue the syllabus

Other comments

The development of a critical, open and respectful citizenship with diversity in our society will be encouraged, highlighting the equal rights of students without discrimination based on gender or sexual condition. Inclusive language will be used in the material and in the development of the sessions, working to identify and modify sexist prejudices and attitudes and influencing the environment to modify them and promote values of respect and equality. To help achieve an immediate sustainable environment and comply with point 6 of the "Environmental Declaration of the Faculty of Science (2020)", the documentary work carried out in this subject may be requested in virtual format and computer support.

(*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.