

Informació Quàntica

Codi: 104408
Crèdits: 6

2024/2025

Titulació	Tipus	Curs
2503740 Matemàtica Computacional i Analítica de Dades	OB	3

Professor/a de contacte

Nom: Alessio Celi

Correu electrònic: alessio.celi@uab.cat

Equip docent

Anna Sanpera Trigueros

Andreas Johannes Winter

Idiomes dels grups

Podeu consultar aquesta informació al [final](#) del document.

Prerequisits

És recomenable tenir un bon domini d'àlgebra, especialment d'espais vectorials i, preferiblement, d'espais Euclidis complexos. Es recomana també tenir familiaritat amb conceptes bàsics d'informació clàssica, tractats al curs "Teoria de la informació" al primer trimestre.

Objectius

L'assignatura és una introducció a la visió actual de la mecànica quàntica i els seus paradigmes. Amb la tecnologia de què avui dia disposem, molts dels efectes quàntics més paradoxals han deixat ja de ser una curiositat acadèmica i han esdevingut recursos potentíssims que seran la base de nombroses i sorprenents aplicacions pràctiques en un futur no massa llunyà. En aquest curs se'n presenten algunes: criptografia i computació quàntiques, en particular. El curs està dirigit matemàtic amb una forta vocació informàtica d'anàlisi de dades, per tant, caldrà proveir la formació física imprescindible amb una introducció als fonaments de la mecànica quàntica, a la criptografia i a la computació clàssiques. Es repassen també uns conceptes bàsics de la teoria clàssica de la informació. El curs té també una component computacional, es faran simulacions numèriques de diversos fenòmens i s'usaran prototips d'ordinadors quàntics per a programar diversos protocols. L'objectiu de l'assignatura no és només donar una descripció dels avenços que s'han produït en informació quàntica, sinó també proporcionar a l'estudiant les eines bàsiques per a poder continuar la seva formació de post grau en aquest camp, si aquest és el seu interès.

Resultats d'aprenentatge

1. CM30 (Competència) Explicar els postulats de la física quàntica, aplicant-los a problemes de processament d'informació.
2. KM26 (Coneixement) Identificar l'impacte de les tecnologies quàntiques en la computació, la criptografia i altres protocols de comunicació en el medi ambient.
3. SM32 (Habilitat) Aplicar el concepte de mesura quàntica a problemes d'optimització senzills de discriminació, estimació i comunicació quàntiques.

Continguts

0. Repàs de algebra lineal i nombres complexos

- Espais vectorials reals
- Nombres complexos
- Espais vectorials complexos

1. Elements de la teoria quàntica

- Principis bàsics.
- Estats mixtes
- Operadors unitaris
- Qubits
- Estats entrellaçats
- Mesures de von Neumann.

2. Criptografia quàntica

- Seguretat de la informació
- Comunicacions quàntiques
- Distribució de claus quàntiques

3. Mesure generalitzades i Entanglement

- POVM vs von Neumann
- Estats de Bell i no localitat

4. Processament quàntic d'informació

- Electrònica digital
- Portes quàntiques
- Circuits quàntics

5. Computació quàntica

- Elements d'informàtica.
- Principis de la computació quàntica.
- Algoritme Deutsch-Jozsa i altres exemples

Alguns de aquests arguments es tractaran en forma de seminaris

Activitats formatives i Metodologia

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
-------	-------	------	--------------------------

Tipus: Dirigides

Classes teòriques	28	1,12
Seminarios temas específicos	10	0,4
Tipus: Supervisades		
Projectes amb ordinadors quàntic online	12	0,48
Tipus: Autònomes		
Estudi dels fonaments teòrics	20	0,8
Exercicis per a entregar	36	1,44
Resolució numèrica d'exercicis	36	1,44

L'assignatura s'estructura en classes de teoria, classes d'exercicis i activitats d'avaluació continuada.

Les classes teòriques són a la pissarra. Hi haurà algunes classes/seminaris.
Els exercicis expositius se solen realitzar a pissarra i consisteixen en la resolució de problemes.
Hi haurà 4 entregues. L'objectiu és aprofundir, consolidar i ampliar els coneixements.
Tot el material: llistes de problemes, material didàctic addicional, resolució de problemes.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, per a la complementació per part de l'alumnat de les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura/mòdul.

Avaluació

Activitats d'avaluació continuada

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Assistència i participació en seminaris especialitzats	5	0	0	CM30, KM26, SM32
Lliurament d'exercicis realitzats de forma autònoma	30	0	0	CM30, KM26, SM32
Prova d'avaluació aspectes computacionals	20	1,5	0,06	CM30, KM26, SM32
Prova d'avaluació de conceptes teòrics	45	2,5	0,1	CM30, KM26, SM32
Prova de recuperació de aspectes teòrics i computacionals	65	4	0,16	CM30, KM26, SM32

L'avaluació es estructura per a favorir els estudiants que segueixen regularment i entreguen els lliuraments sense penalitzar els estudiants que optin per a l'avaluació única.

Dels 4 lliuraments, dos, LL1 i LL2, correspon als arguments desenvolupats durant les classes de teoria i treballats a les classes de problemes. Els romanents dos, Sem1 i Sem2, seran sobre els arguments tractats en forma de seminaris.

La puntuació dels lliuraments serà: $LL = 0.4 \cdot (LL1 + LL2) + 0.1 \cdot (Sem1 + Sem2)$.

Hi haurà un examen final (i si cal un examen de repesca) únicament sobre els arguments tractats a les classes de teoria i problemes. La avaluació final constarà de la puntuació del examen (o de la repesca) Ex i dels lliuraments LL segon la formula:

$$0.4 \cdot LL + Ex \cdot (10 - 0.4 \cdot LL) / 10$$

Aquesta formula no penalitza qui fa sol l'examen final però favoreix qui fa els lliuraments.

Només poden participar a la repesca els alumnes que han participat a l'examen.

Bibliografia

A través del *Campus Virtual*, es posa a disposició de l'alumnat apunts de l'assignatura en format pdf i còpia del *Keynote/Powerpoint* del curs. Per a ampliar informació es recomana la següent bibliografia:

Bàsica

Teoria

- S.M. Barnett, *Quantum Information*, Oxford University Press, 2009.
- J. Preskill. *Lectures notes on Quantum Computation*. Es pot obtenir gratuïtament a la direcció: <http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/ph229>.
- M.A. Nielsen; S.L. Chuang. *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge Univ. Press, Cambridge 2000.
- A. Peres. *Quantum Theory: Concepts and Methods*. Kluwer, Dordrecht 1995.
- D. Applebaum. *Probability and Information*. Cambridge Univ. Press, Cambridge 1996.
- D. Boumeester; A. Eckert; A. Zeilinger. *The Physics of Quantum Information*. Springer 2000.
- D. Heiss. *Fundamentals of Quantum Information*. Springer 2002.

Problemas

- Steeb, Willi-Hans, and Yorick Hardy. *Problems and solutions in quantum computing and quantum information*. World Scientific Publishing Company, 2018.
- C. P. Williams; S. Clearwater. *Exploration in Quantum Computing*. Springer 1998

Programari

IBM quantum composer

Llista d'idiomes

Nom	Grup	Idioma	Semestre	Torn
-----	------	--------	----------	------

(PLAB) Pràctiques de laboratori	1	Català	segon quadrimestre	matí-mixt
(SEM) Seminaris	1	Català	segon quadrimestre	matí-mixt
(TE) Teoria	1	Català	segon quadrimestre	matí-mixt