

## Informació Quàntica

Codi: 104408  
Crèdits: 6

**2025/2026**

Titulació	Tipus	Curs
Matemàtica Computacional i Analítica de Dades	OB	3

### Professor/a de contacte

Nom: Alessio Celi

Correu electrònic: [alessio.celi@uab.cat](mailto:alessio.celi@uab.cat)

### 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 són la base de les tecnologies quàntiques amb nombroses i sorprenents aplicacions pràctiques. En aquest curs se'n presenten algunes: criptografia i computació quàntiques, en particular. El curs està dirigit a matemàtics 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. 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	CM30, KM26
Seminarios temas específicos	10	0,4	CM30, KM26, SM32
Tipus: Supervisades			
Projectes amb ordinadors quàntic online	12	0,48	
Tipus: Autònomes			
Estudi dels fonaments teòrics	20	0,8	CM30, KM26

Exercicis per a entregar	36	1,44	CM30, KM26, SM32
Resolució numèrica d'exercicis	36	1,44	SM32

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 sobre alguns temes del curs que generalment seran en anglès i es lliuraran a la pissarra o com a presentacions de PowerPoint.

Els exercicis expositius se solen realitzar a pissarra i consisteixen en la resolució dels problemes més significatius, els enunciats dels quals es posen a disposició de l'alumnat a través del Campus Virtual.

Hi haurà 3 lliuraments. L'objectiu és aprofundir, consolidar i ampliar els coneixements de l'alumnat sobre els aspectes i els resultats explicats al llarg del curs. Així, els lliuraments poden contenir problemes i qüestions de més complexitat i extensió. Aquests hauran de ser lliurats periòdicament al llarg del curs i en dates prèviament acordades. L'objectiu d'aquestes activitats és fomentar el treball autònom.

Tot el material: llistes de problemes, material didàctic addicional, resolució detallada d'alguns exercicis i notícies relacionades amb l'assignatura, es posen a disposició de l'alumnat a través del Campus Virtual.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, perquè els alumnes completin les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura.

## Avaluació

### Activitats d'avaluació continuada

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

L'avaluació s'estructura per afavorir l'alumnat que segueix regularment i entrega els lliuraments sense penalitzar l'alumnat que opti per a l'avaluació única.

Els 3 lliuraments correspon als arguments desenvolupats durant les classes de teoria i treballats a les classes de problemes.

La puntuació dels lliuraments serà:  $LL = (LL1 + LL2 + LL3) / 3$ .

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:

$$0.4 * LL + Ex (10 - 0.4 * LL) / 10$$

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

Només poden participar a la repesca l'alumnat 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

## Grups i idiomes de l'assignatura

La informació proporcionada és provisional fins al 30 de novembre de 2025. A partir d'aquesta data, podreu consultar l'idioma de cada grup a través daquest [enllaç](#). Per accedir a la informació, caldrà introduir el CODI de l'assignatura

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