

**Mecànica Quàntica**

Codi: 100171  
Crèdits: 6

Titulació	Típus	Curs	Semestre
2500097 Física	OT	4	0

**Professor/a de contacte**

Nom: Joaquim Matías Espona  
Correu electrònic: Joaquim.Matias@uab.cat

**Utilització d'idiomes a l'assignatura**

Llengua vehicular majoritària: anglès (eng)  
Grup íntegre en anglès: Sí  
Grup íntegre en català: No  
Grup íntegre en espanyol: No

**Prerequisits**

És recomanable haver cursat  
- Física Quàntica I  
- Física Quàntica II

Es recomana també cursar o haver cursat:  
- Mètodes Matemàtics Avançats

**Objectius**

L'objectiu d'aquesta assignatura és que l'estudiant domini diversos mètodes i aspectes formals de la Mecànica Quàntica que permeten aprofundir en el seu coneixement i que tenen un gran ventall d'aplicacions en diversos àmbits de la física moderna com ara la física atòmica, nuclear, de partícules, de la matèria condensada, fòtonica, etc. S'aprofundirà en l'ús dels Espais de Hilbert, s'introduiran les diferents imatges d'evolució temporal així com els operadors unitaris d'evolució temporal i els de realitzacions de simetries, contínues i discretes. Les aplicacions més importants a assimilar són els operadors d'espectre continu, l'addició mecano-quàntica de moments angulars, partícules idèntiques i la teoria de perturbacions depenent del temps, així com els exemples notables de potencials depenents del temps.

**Competències**

- Aplicar els principis fonamentals a l'estudi qualitatiu i quantitatiu de les diferents àrees particulars de la física
- Comunicar eficaçment informació complexa de manera clara i concisa, ja sigui oralment, per escrit o mitjançant TIC, i en presència de públic, tant a públics especialitzats com generals
- Conèixer els fonaments de les principals àrees de la física i comprendre'ls
- Conèixer les bases d'alguns temes avançats incloent desenvolupaments actuals en la frontera de la física sobre els quals poder-se formar posteriorment amb més profunditat
- Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom
- Desenvolupar la capacitat d'anàlisi i síntesi que permeti adquirir coneixements i habilitats en camps diferents al de la física i aplicar a aquests camps les competències pròpies del grau de Física, aportant propostes innovadores i competitives
- Desenvolupar un pensament i un raonament crítics i saber comunicar-los de manera efectiva tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua

- Formular i abordar problemes físics identificant els principis més rellevants i utilitzant aproximacions, si fos necessari, per arribar a una solució que ha de ser presentada explicitant hipòtesis i aproximacions
- Generar propostes innovadores i competitives en la recerca i en l'activitat professional.
- Raonar críticament, tenir capacitat analítica, fer servir correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics
- Respectar la diversitat i pluralitat d'idees, persones i situacions
- Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte
- Treballar en grup, assumint responsabilitats compartides e interaccionant professional i constructivament amb altres amb absolut respecte als seus drets.
- Utilitzar les matemàtiques per descriure el món físic, seleccionant les eines apropiades, construint models adequats, interpretant resultats i comparant críticament amb l'experimentació i l'observació

## Resultats d'aprenentatge

1. Analitzar les conseqüències de nous plantejaments amb propostes concretes i posar a prova la seva validesa dins del marc de la mecànica quàntica.
2. Analitzar nous i vells experiments quàntics des de diferents punts de vista per consolidar les bases del formalisme quàntic i plantejar punts de vista no convencionals.
3. Aplicar diferents maneres equivalents de resoldre un mateix problema, utilitzant per exemple, imatges diferents o descripcions equivalents relacionades per operadors unitaris.
4. Calcular coeficients de Clebsch-Gordan i saber-ne utilitzar les taules.
5. Calcular l'evolució d'un sistema al qual apliquem un potencial dependent del temps.
6. Calcular les probabilitats de la mesura d'un observable en un sistema quàntic.
7. Comunicar eficaçment informació complexa de manera clara i concisa, ja sigui oralment, per escrit o mitjançant TIC, i en presència de públic, tant a públics especialitzats com generals.
8. Descriure el concepte de generador d'una transformació contínua i la simetria que hi està associada.
9. Descriure el teorema d'Ehrenfest.
10. Descriure la composició de moments angulars.
11. Descriure la dinàmica d'un sistema i la seva evolució a partir de l'operador d'evolució temporal i les diferents imatges equivalents.
12. Descriure la interacció en mecànica quàntica, la imatge d'interacció i el desenvolupament de la teoria de pertorbacions.
13. Descriure les diferències entre estats purs i barreja i el seu formalisme.
14. Descriure les transformacions discretes així com el concepte de partícules idèntiques i d'intercanvi de partícules i les seves conseqüències.
15. Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom.
16. Desenvolupar la capacitat de relacionar el formalisme matemàtic de la mecànica quàntica amb els experiments del món físic.
17. Desenvolupar un pensament i un raonament crítics i saber comunicar-los de manera efectiva, tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua.
18. Discernir entre les hipòtesis implícites al problema tractat i les conseqüències d'eliminar-les i, per tant, aprendre a generalitzar la solució.
19. Dur a terme correctament la composició de moments angulars.
20. Enumerar i descriure els postulats de la mecànica quàntica.
21. Generar propostes innovadores i competitives en la recerca i en l'activitat professional.
22. Identificar les característiques essencials del problema quàntic tractat i traduir-les en termes d'operadors i estats quàntics per descriure el sistema i els observables rellevants.
23. Manipular amb rigor les propietats dels espais de Hilbert i del producte i suma directa d'espais.
24. Plantejar correctament l'evolució temporal d'un sistema quàntic.
25. Predir correctament el resultat d'aplicar transformacions discretes com a paritat o inversió temporal sobre un sistema.
26. Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
27. Relacionar algunes de les aplicacions de la mecànica quàntica amb desenvolupaments tecnològics actuals.
28. Relacionar resultats recents d'investigació amb alguns dels aspectes fonamentals de la mecànica quàntica.

29. Respectar la diversitat i la pluralitat d'idees, persones i situacions.
30. Treballar autònomament, tenir iniciativa pròpia, ser capaç d'organitzar-se per assolir uns resultats i planejar i executar un projecte.
31. Treballar en grup, assumir responsabilitats compartides i interaccionar professionalment i de manera constructiva amb altres persones amb un respecte absolut als seus drets.
32. Utilitzar correctament els operadors de translació i rotació sobre un sistema quàntic concret.
33. Utilitzar correctament les bases contínues i la notació de Dirac.
34. Utilitzar la representació espectral i matricial dels operadors hermitians i unitaris.

## Continguts

### Formalism of Quantum Mechanics

Hilbert Spaces, Linear Operators and Dirac Notation  
Observable and Representations  
The Postulates

### Quantum Dynamics

Operator of Time Evolution  
Schrödinger and Heisenberg Pictures  
The Ehrenfest theorem

### Simetries

Translations  
Rotations Angular momentum. Adding Angular Momenta  
Discrete symmetries. Parity and Time reversal  
Identical Particles

### Time-Dependent Potentials

Interaction image  
Time evolution in systems of two states. Rabi's formula.  
Time-dependent perturbation theory.

## Metodologia

El format de l'assignatura serà de sessions de teoria i de problemes intercalades.

Es proporcionaran llistats de problemes de cada capítol per resoldre individualment o en grup amb el propòsit que l'estudiant consolidi els coneixements que s'expliquen a la part de teoria. Les solucions dels problemes es discutiran conjuntament amb el professor de problemes a la classe de problemes.

Els estudiants hauran de resoldre individualment en un temps limitat i entregar una selecció de problemes que contabilitzarà a la nota final i que constituirà la nota de l'avaluació continuada.

Finalment, els estudiants s'hauran de preparar per una prova de síntesi escrita al final del curs.

## Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
<b>Tipus: Dirigides</b>			
Hores presencials de problemes	15	0,6	3, 4, 5, 7, 17, 18, 22, 23, 24, 26, 33, 34

Hores presencials de teoria	30	1,2	3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 23, 25, 27, 28
<b>Tipus: Autònomes</b>			
Entrega de Problemes Resolts	24	0,96	3, 7, 16, 17, 18, 26, 30, 31
Estudi dels conceptes teòrics	30	1,2	4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 19, 20, 24, 25, 32
Resolucio de Problemes	45	1,8	1, 3, 4, 5, 6, 15, 23, 24, 26, 30, 32, 34

## Avaluació

L'avaluació de l'assignatura constarà de dos blocs:

- un examen escrit (de teoria i problemes) que comptarà el 65% de la nota, i amb dret a un examen de recuperació (pel 70%).

- es proposaran DUES entregues de problemes que comptaran el 30% restant de la nota.

- l'assistència i participació activa a classe comptarà un 5% de la nota i te la seva recuperació en l'examen de recuperació que pesarà un 70% i no un 65%.

Per optar a l'examen de recuperació cal haver-se presentat a un mínim de 2/3 de la nota final.

Un alumne s'ha de considerar presentat a avaluació si es presenta a més d'un 35% de la nota final de l'avaluació.

La nota mínima per fer mitjana que cal treure a l'examen és de 4.

## Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Assistència i participació activa a classe	5%	1	0,04	7, 16, 17, 26
Entrega de Problemes Resolts	30%	0	0	1, 7, 15, 16, 17, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31
Examen Final	65%	2,5	0,1	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 32, 33, 34
Examen de recuperació	70%	2,5	0,1	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 32, 33, 34

## Bibliografia

- J. J. Sakurai, "Modern Quantum Mechanics", Ed. Addison-Wesley.  
 C. Cohen-Tannoudji, B. Diu and F. Laloe "Quantum Mechanics", Vols 1&2, Ed. Hermann and Wiley & Sons.  
 W. Greiner, "Quantum Mechanics: An Introduction", Ed. Springer.  
 W. Greiner and B. Müller, "Quantum Mechanics. Symmetries", Ed. Springer.  
 R. Shankar, "Principles of Quantum Mechanics", Ed. Plenum Press.  
 L. I. Schiff, "Quantum Mechanics", Ed. McGraw-Hill.