

**FITXA IDENTIFICATIVA****Dades de l'Assignatura**

<b>Codi</b>	34268
<b>Nom</b>	Mecànica quàntica
<b>Cicle</b>	Grau
<b>Crèdits ECTS</b>	4.5
<b>Curs acadèmic</b>	2024 - 2025

**Titulació/titulacions**

<b>Titulació</b>	<b>Centre</b>	<b>Curs</b>	<b>Període</b>
1105 - Grau en Física	Facultat de Física	4	Primer quadrimestre
1928 - Programa Doble Grau en Física-Matemàtiques	Doble Grau en Física i Matemàtiques	5	Primer quadrimestre

**Matèries**

<b>Titulació</b>	<b>Matèria</b>	<b>Caràcter</b>
1105 - Grau en Física	15 - Ampliació de Física	Obligatòria
1928 - Programa Doble Grau en Física-Matemàtiques	5 - Cinquè Curs (Obligatori)	Obligatòria

**Coordinació**

<b>Nom</b>	<b>Departament</b>
BARENBOIM SZUCHMAN, GABRIELA ALEJANDRA	185 - Física Teòrica
FABBRI, ALESSANDRO	185 - Física Teòrica

**RESUM**

La Mecànica Quàntica és una eina fonamental en la descripció dels fenòmens físics. Són moltes les disciplines en física que utilitzen els conceptes quàntics com a base: Estat Sòlid, Teoria de Partícules Elementals, Física Nuclear, Òptica Quàntica, Teoria Quàntica de Camps... Les aplicacions tecnològiques d'aquests conceptes són també abundants.

Cal ressaltar que en l'actualitat s'està duent a terme una important labor, tant experimental com a teòrica, que afecta a la revisió d'aquesta disciplina. D'una banda, es realitzen experiments en els quals es manipulen àtoms, fotons, condensats de Bose-Einstein o fluxos en circuits superconductors (per citar alguns exemples) amb una precisió insospitada fa solament uns anys. D'altra banda s'avança en camps



com la computació quàntica, la tele-portació o la criptografia quàntica (ja en fase comercial). Això va generant un coneixement més profund de la realitat quàntica, de les seves limitacions i de la seva relació amb els fenòmens clàssics.

Es tracta, doncs, d'una disciplina amb una sòlida base i en constant desenvolupament.

### Objectiu

Aquesta assignatura té com a objectiu principal la construcció del formalisme matemàtic de la Mecànica Quàntica i la seua aplicació. Açò permet la formalització dels coneixements adquirits en les assignatures de Física Quàntica i el tractament de problemes més complexos incloent alguns nous desenvolupaments en el camp.

Per a açò s'introdueix l'espai d'estats d'un sistema i la relació d'estats d'aquest sistema amb vectors, i d'observables amb operadors. Es defineixen i discuteixen els postulats de la Mecànica Quàntica i s'introdueix el concepte de simetria. S'estudia l'evolució temporal de sistemes físics. El formalisme desenvolupat s'aplica a l'anàlisi de les interaccions depenents del temps.

### Relació amb assignatures anteriors

L'assignatura es planteja com una continuació de les assignatures de Física Quàntica. A part d'aquesta relació cal esmentar la seua relació amb les assignatures de Mecànica. En concret: i) es discuteix la diferència de tractament per a les variables quàntiques i clàssiques, fent èmfasi en el caràcter probabilístic dels resultats de la mesura per a les variables quàntiques i ii) s'estableix un paral·lelisme entre la formulació quàntica i la formulació hamiltoniana clàssica.

Així mateix són de gran importància en el desenvolupament formal els coneixements adquirits en Mètodes Matemàtics I sobre espais vectorials, àlgebra de matrius i diagonalització.

## CONEIXEMENTS PREVIS

### Relació amb altres assignatures de la mateixa titulació

No heu especificat les restriccions de matrícula amb altres assignatures del pla d'estudis.

### Altres tipus de requisits

Matemàtiques:

1. Espais vectorials.
2. Productes interns: espais vectorials euclidians.
3. Operadors lineals.
4. Matrius i determinants.
5. Diagonalització d'operadors lineals i matrius.
6. Transformades de Fourier.
7. Delta de Dirac.
8. Solució d'equacions diferencials lineals amb coeficients constants.
9. Nocions de probabilitat i estadística.



Física:

1. Mecànica Hamiltoniana: construcció del Hamiltoniano.
2. Moviment oscil·latori: l'oscil·lador harmònic clàssic.

## COMPETÈNCIES (RD 1393/2007) // RESULTATS DE L'APRENENTATGE (RD 822/2021)

### 1105 - Grau en Física

- Posseir i comprendre els fonaments de la física en els aspectes teòrics i experimentals, així com el bagatge matemàtic necessari per a la seua formulació.
- Saber aplicar els coneixements adquirits a l'activitat professional, saber resoldre problemes i elaborar i defensar arguments, recolzant-se en els dits coneixements.
- Resolució de problemes: ser capaç d'avaluar clarament els ordres de magnitud, de desenvolupar una percepció de les situacions que són físicament diferents però que mostren analogies, per permetre, doncs, l'ús de solucions conegudes a problemes nous.
- Comprensió teòrica de fenòmens físics: tenir una bona comprensió de les teories físiques més importants (estructura lògica i matemàtica, suport experimental, fenòmens físics descrits).
- Modelització i resolució de problemes: ser capaç d'identificar els elements essencials d'un procés/situació i d'establir-ne un model de treball. Ser capaç de realitzar les aproximacions requerides amb l'objecte de reduir un problema fins a un nivell manejable. Pensament crític per construir models físics.
- Cultura general en física: haver-se familiaritzat amb les àrees més importants de la física i amb enfocaments que compreguen i relacionen diferents àrees de la física, així com relacions de la física amb altres ciències.
- Investigació bàsica i aplicada: adquirir una comprensió de la naturalesa de la investigació física, de les formes en què es du a terme, i de com la investigació en física és aplicable a molts camps diferents, per exemple l'enginyeria; habilitat per dissenyar procediments experimentals i/o teòrics per: (i) resoldre els problemes corrents en la investigació acadèmica o industrial; (ii) millorar els resultats existents.
- Destreses generals i específiques en llengües estrangeres: haver millorat el domini de l'anglès (o d'una altra llengua estrangera d'interès) mitjançant: accés a bibliografia fonamental, comunicació oral i escrita (anglès científicotècnic), cursos, estudis a l'estranger, reconeixement de crèdits en universitats estrangeres etc.
- Cerca de bibliografia: ser capaç de buscar i utilitzar bibliografia en física i altra bibliografia tècnica, així com qualsevol font d'informació rellevant per a treballs d'investigació i desenvolupament tècnic de projectes.
- Capacitat d'aprenentatge: ser capaç d'iniciar-se en nous camps de la física i de la ciència i la tecnologia en general, a través de l'estudi independent.



- Comunicació oral i escrita: ser capaç de transmetre informació, idees, problemes i solucions mitjançant l'argumentació i el raonament propis de l'activitat científica, utilitzant els conceptes i les eines bàsiques de la física.
- Que els estudiants hagen demostrat posseir i comprendre coneixements en una àrea d'estudi que parteix de la base de l'educació secundària general, i se sol trobar a un nivell que, si bé descansa en llibres de text avançats, inclou també alguns aspectes que impliquen coneixements procedents de l'avantguarda del seu camp d'estudi.

## RESULTATS D'APRENTATGE (RD 1393/2007) // SENSE CONTINGUT (RD 822/2021)

- Conèixer i comprendre els límits de la Física Clàssica i els aspectes experimentals i teòrics de la Mecànica Quàntica.
- Entendre els conceptes fonamentals en la descripció dels fenòmens quàntics: la quantificació, la mesura d'observables quàntics, i les relacions d'incertesa.
- Conèixer com calcular els valors possibles de la mesura d'un observable quàntic, així com les probabilitats relatives dels diferents resultats i el seu valor mitjà.
- Determinar l'evolució temporal d'un sistema a partir dels estats propis del Hamiltoniano. Saber construir l'operador d'evolució temporal.
- Entendre les diferències entre estats pur i mescla. Adquirir el concepte d'operador densitat i saber calcular mitjanes i probabilitats a partir d'ell.
- Saber resoldre problemes en els quals un sistema quàntic és sotmès a una interacció externa que varia amb el temps.

## DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS

1. Conceptes fonamentals. Polarització d'un fotó i de dos fotons. Producte tensorial. Estats entrelaçats. L'experiment de Stern-Gerlach. Estats, operadors i observables.
2. Representacions matricials. Teorema espectral. Funcions d'un operador. Canvi de base. Diagonalització de matrius hermítiques.
3. Observables i mesures. Observables i valors esperats. Mesures. Observables compatibles. Relacions d'incertesa.
4. Simetries en mecànica quàntica. Transformacions de simetria en mecànica quàntica. Simetries i evolució temporal.
5. Espectre continu. Operadors posició i moment. Funcions d'ona. Diagonalització d'operadors. L'oscil·lador harmònic.
6. Operador densitat. Conjunts purs i barreja. Operador densitat. Vector de polarització. Mesures no filtrants.
7. Evolució d'estats i observables. Evolució de funcions d'ona. Imatges d'evolució. Sistemes de spin 1/2.





8. Introducció a la informació quàntica. Bits i Qubits. Computació quàntica. Teorema de no clonació. Teleportació. Desigualtats de Bell. Criptografia quàntica.

9. Potencials dependents del temps. La imatge d'interacció. Teoria de pertorbacions dependents del temps. Aplicacions.

## VOLUM DE TREBALL

ACTIVITAT	Hores	% Presencial
Classes de teoria	45,00	100
Preparació d'activitats d'avaluació	13,50	0
Preparació de classes de teoria	27,00	0
Preparació de classes pràctiques i de problemes	27,00	0
<b>TOTAL</b>	<b>112,50</b>	

## METODOLOGIA DOCENT

### • Classes teòriques:

Dues hores setmanals durant el període lectiu. Les classes teòriques seran, en general, de caràcter magistral i en elles s'exposaran els continguts de l'assignatura. Es posarà l'accent principalment en l'aplicació dels coneixements teòrics a la solució de qüestions i problemes. Es resoldran sistemes físics senzills com a exemple dels mètodes teòrics generals estudiats i es compararan els resultats amb les dades experimentals.

### • Classes pràctiques:

Una hora setmanal durant el període lectiu. En les classes pràctiques es resoldran problemes de cada tema de l'assignatura. El professor lliurarà als alumnes prèviament una col·lecció de problemes de cada tema. Els estudiants exposaran el treball realitzat sobre aquests problemes durant la classe pràctica.

## AVALUACIÓ

1. Exàmens escrits: s'avaluarà la comprensió dels aspectes conceptuals de la matèria, la capacitat d'aplicació del formalisme desenvolupat així com l'anàlisi crítica dels resultats obtinguts. L'examen consistirà en qüestions i problemes.
2. L'avaluació contínua comptarà en la nota final fins a un 20% sempre que la nota dels exàmens siga major o igual a 4 sobre 10.



## REFERÈNCIES

### Bàsiques

- Modern Quantum Mechanics. J.J. Sakurai. Addison-Wesley.
- Introduction to Quantum Mechanics. D. J. Griffiths. Benjamin Cummings.
- Quantum Mechanics and Quantum Information. Moses Fayngold y Vadim Fayngold. Wiley-VCH.
- Schaum's Outline of Quantum Mechanics. Yoav Peleg y otros. McGraw-Hill.
- Problems in Quantum Mechanics: With Solutions. G. L. Squires.

### Complementàries

- Quantum Computation and Quantum Information. M.A. Nielsen y I.L. Chuang. Cambridge University Press.
- Mecànica Cuàntica, F.J. Ynduráin. Ed. Alianza Universidad Textos.
- Mecànica Cuàntica. Alberto Galindo y Pedro Pascual. Alhambra.