

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

<b>Codi</b>	34259
<b>Nom</b>	Física quàntica I
<b>Cicle</b>	Grau
<b>Crèdits ECTS</b>	6.0
<b>Curs acadèmic</b>	2023 - 2024

**Titulació/titulacions**

<b>Titulació</b>	<b>Centre</b>	<b>Curs</b>	<b>Període</b>
1105 - Grau en Física	Facultat de Física	3	Primer quadrimestre
1928 - Programa Doble Grau en Física-Matemàtiques	Doble Grau en Física i Matemàtiques	4	Primer quadrimestre
1929 - Programa de doble Grau Física-Química	Doble Grau en Física i Química	3	Primer quadrimestre

**Matèries**

<b>Titulació</b>	<b>Matèria</b>	<b>Caràcter</b>
1105 - Grau en Física	13 - Física Cuántica	Obligatòria
1928 - Programa Doble Grau en Física-Matemàtiques	4 - Quart Curs (Obligatori)	Obligatòria
1929 - Programa de doble Grau Física-Química	3 - Tercer Curs (Obligatori)	Obligatòria

**Coordinació**

<b>Nom</b>	<b>Departament</b>
HERNANDEZ GAMAZO, M PILAR	185 - Física Teòrica
TORTOLA BAIXAULI, M. AMPARO	185 - Física Teòrica
VIVES GARCIA, OSCAR MANUEL	185 - Física Teòrica

**RESUM**



Els orígens de la Física Quàntica, física quàntica elemental, equació de Schrödinger en una dimensió, observables quàntics: operadors i mesura, potencials unidimensionals, efecte túnel i penetració en zones clàssicament prohibides, estats lligats: el pou quadrat finit i infinit, l'oscil·lador harmònic.

- Objectius:

L'objectiu d'aquesta assignatura és familiaritzar a l'alumnat amb els fenòmens quàntics i les seues propietats fonamentals i introduir les tècniques matemàtiques bàsiques per a formalitzar la descripció dels mateixos en una teoria lògicament consistent.

- Relació amb altres matèries prèvies:

És molt recomanable que l'alumnat haja cursat prèviament les assignatures de Matemàtiques, Àlgebra i Geometria, que proporciona el bagatge algebraic necessari per a la descripció formal de la Física Quàntica, com espais vectorials, productes interns, matrius, determinants, operadors lineals i la seua diagonalització; Càlcul, en la qual s'estudia càlcul integral i diferencial, i s'introdueixen les equacions diferencials; Mètodes Matemàtics, en la qual s'aprofundeix en la resolució de les equacions diferencials que apareixen en multitud de problemes quàntics i s'introdueixen les transformades de Fourier i el mètode de separació de variables; Física General, on s'estableixen els fonaments de la física que s'estudiarà més profundament en aquest curs; Mecànica i Ones, en la qual es desenvolupen conceptes fonamentals per a la Física Quàntica, com la formulació lagrangiana i hamiltoniana, el moviment ondulatori i la descripció de les propietats de les ones, i Termodinàmica i Física Estadística, on es discuteixen els fonaments de la Física Estadística de Boltzmann, Maxwell i Gibbs, la influència de la qual en la gènesi de la Física Quàntica va ser cabdal.

Esment especial mereix l'assignatura de Laboratori de Física Quàntica, enquadrada en la matèria Laboratoris Experimentals de Física. En ella l'alumnat realitza algunes de les experiències més importants que van donar lloc al desenvolupament de les idees quàntiques. Durant les tres primeres setmanes del curs de Física Quàntica I s'estudien els orígens, les bases experimentals i els conceptes fonamentals de l'anomenada Física Quàntica Antiga, prèvia a la formulació de Schrödinger, i es descriuen amb detall les experiències del Laboratori de Física Quàntica. És, doncs, imprescindible cursar aquesta matèria en paral·lel amb Física Quàntica I.

- Relació amb altres matèries futures:

El curs de Física Quàntica II es basa en el coneixement adquirit en l'assignatura de Física Quàntica I. Han de cursar-se, doncs, en aquest ordre. A més, moltes són les assignatures de quart curs del Grau en Física que es basen en els conceptes apresos en el curs de Física Quàntica. Citarem, entre les més importants, les assignatures de Mecànica Quàntica, Física Nuclear i de Partícules, Física de l'Estat Sòlid, i Teoria Quàntica de Camps.

## 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

- Coneixements matemàtics:

1. Espais vectorials.
2. Productes interns: espais vectorials euclidians.
3. Operadors lineals: hermítics i unitaris.
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. Solució d'equacions diferencials mitjançant expansions en sèries de potències.

### 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.
- Ser capaç de reunir i interpretar dades rellevants per emetre judicis.
- 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.
- 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.



- 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.
- Que els estudiants sàpien aplicar els seus coneixements al seu treball o vocació d'una forma professional i posseïsquen les competències que solen demostrar-se per mitjà de l'elaboració i defensa d'arguments i la resolució de problemes dins de la seua àrea d'estudi.
- Que els estudiants tinguen la capacitat d'arreplegar i interpretar dades rellevants (normalment dins de la seua àrea d'estudi) per emetre judicis que incloguen una reflexió sobre temes rellevants d'índole social, científica o ètica.
- Que els estudiants puguen transmetre informació, idees, problemes i solucions a un públic tant especialitzat com no especialitzat.
- Que els estudiants hagen desenvolupat aquelles habilitats d'aprenentatge necessàries per a emprendre estudis posteriors amb un alt grau d'autonomia.

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

- Conèixer i comprendre els límits de la Física Clàssica i les bases experimentals de la Física Quàntica.
- Entendre els conceptes fonamentals en la descripció dels fenòmens quàntics: la quantificació de l'energia, la dualitat ona-corpúscle, les regles de quantització, la mesura d'observables quàntics i les relacions d'incertesa.
- Maneig de les unitats típiques de l'escala atòmica (eV, Angstroms, etc.).
- Adquirir el concepte de funció d'ona i la seua interpretació probabilística.
- Conèixer com calcular els valors possibles de la mesura d'un observable quàntic i també les probabilitats relatives dels diferents resultats i el seu valor mitjà.
- Saber descriure els sistemes quàntics mitjançant el plantejament correcte de l'equació de Schrödinger corresponent.
- Ser capaç de resoldre l'equació de Schrödinger per a problemes unidimensionals. Específicament, saber calcular els coeficients de transmissió i reflexió en problemes de dispersió, i la funció d'ona i els nivells energètics en els problemes d'estats lligats.



- Determinar l'evolució temporal d'un sistema a partir de les seues solucions estacionàries.
- Utilitzar les simetries (paritat, periodicitat, rotacions) del problema en qüestió per a simplificar la seua solució i entendre més profundament els resultats.

## DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS

### 1. Introducció

Domini de la Física Quàntica. Límits d'aplicabilitat de la Física Clàssica: la constant de Planck. Les constants fonamentals de la naturalesa. Unitats naturals.

### 2. Quanta d'energia: el postulat de Planck

Radiació del cos negre. Postulat de Planck: quanta d'energia. Calor específica dels sòlids: models d'Einstein i Debye.

### 3. Dualitat ona-corpúscle: fotons

L'efecte fotoelèctric. Emissió de Raigs X. Efecte Compton. Producció i anihilació de parells. Dualitat ona-corpúscle: Principi d'indeterminació.

### 4. Models atòmics: la vella teoria quàntica

Espectres atòmics. L'àtom de Rutherford. El model atòmic de Bohr. Principi de Correspondència. Experiència de Franck-Hertz. Regles de quantització generalitzades.

### 5. Dualitat ona-corpúscle per a la matèria

Dualitat ona-corpúscle de la matèria: Postulat de De Broglie. Experiment de Davisson-Germer. Paquets d'ona.

### 6. Mecànica quàntica

Introducció. La mecànica quàntica de Heisenberg i de Schrödinger. Equació de Schrödinger. Interpretació de Born de la funció d'ona. Equació de continuïtat: conservació de la probabilitat. Estats estacionaris. Superposició d'estats estacionaris.



### 7. Distributions de probabilitat

Valor mitjà o valor esperat. Magnituds dinàmiques en Física Quàntica. El límit clàssic: Teoremes d'Ehrenfest. Operadors hermítics. Observables i probabilitats generalitzades.

### 8. Valors esperats i incerteses

Introducció. La incertesa quàntica. Relacions d'incertesa generalitzades. Relació d'incertesa energia-temps. Amplada natural dels nivells energètics.

### 9. Problemes unidimensionals

Moviment clàssic en una dimensió. Propietats de les funcions pròpies del hamiltonià. Solucions per a un potencial constant. Graó de potencial. Evolució temporal.

### 10. Dispersió per barreres i pous

Penetració de barreres: Efecte Túnel. Emissió de partícules alfa per nuclis. Fusió termonuclear. Corrent d'electrons en metalls: fórmula de Fowler-Nordheim. El microscopi d'efecte túnel. Transmissió per barreres. Transmissió per pous: Efecte Ramsauer-Townsend.

### 11. Estats lligats

Potencial delta de Dirac. Pou quadrat: energies discretes (estats lligats). Pou quadrat infinit. Paritat. Pols de l'amplitud de transmissió. Ressonàncies de transmissió.

### 12. L'oscil·lador harmònic

Estats estacionaris. Polinomis d'Hermite i valors permesos de l'energia. Mecànica matricial: operadors creació-destrucció. Probabilitat clàssica i quàntica. Teorema del Virial. Energia de vibració de molècules diatòmiques. Funcions d'ona en Mecànica matricial.



## VOLUM DE TREBALL

ACTIVITAT	Hores	% Presencial
Classes de teoria	45,00	100
Tutories reglades	15,00	100
Estudi i treball autònom	31,00	0
Preparació de classes pràctiques i de problemes	59,00	0
<b>TOTAL</b>	<b>150,00</b>	

## METODOLOGIA DOCENT

### Docència presencial 40%:

Classes teòric-pràctiques: s'aborden els aspectes conceptuals i formals de la matèria i la resolució de problemes o casos com aplicació dels conceptes teòrics. Es combinarà la lliçó magistral dialogada amb metodologia de classe inversa i l'ús d'eines docents com demostracions experimentals, animacions o vídeos, representació gràfica de solucions, projecció de presentacions, etc.

Sessions de tutories grupals o de treball en grups reduïts: centrades en el treball de l'alumnat: resolució de dubtes sorgits en enfrontar-se als conceptes teòrics i a la resolució de problemes, reforços d'aspectes en els quals es troben majors dificultats, qüestionari de caràcter conceptual, demostracions experimentals pertinents als casos estudiats i, associat a una component d'avaluació contínua, verificació del progrés de l'alumnat en la matèria.

### Treball personal de l'estudiantat 60%:

- Estudi dels fonaments teòrics.
- Resolució de problemes (individualment o en grup)
- Tutories individuals consultes puntuals de l'estudiantat al personal docent sobre dubtes i dificultats trobades en l'estudi i en la resolució de problemes, o discussió sobre temes d'interés, bibliografia, etc.

## AVALUACIÓ

Els sistemes d'avaluació són els següents:

1) Exàmens escrits: una part avaluarà la comprensió dels aspectes teòric-conceptuals i el formalisme de l'assignatura, tant mitjançant preguntes teòriques com a través de qüestions conceptuals i numèriques o casos particulars senzills. Altra part valorarà la capacitat d'aplicació del formalisme, mitjançant la resolució de problemes, així com la capacitat crítica respecte als resultats obtinguts. En ambdues parts es valoraran una correcta argumentació i una adequada justificació. Per aprovar l'assignatura serà necessari obtenir almenys un 3 sobre 10 en cadascuna de les dues parts de l'examen.



2) Avaluació contínua: valoració de treballs i problemes presentats pels i les estudiants, qüestions proposades i discutides en l'aula, presentació oral de problemes resolts o qualsevol altre mètode que supose una interacció entre docents i estudiants.

La qualificació final del curs serà:

- 1) la mitjana ponderada de la nota de l'examen (75%) i l'avaluació contínua (25%), si la mitjana és major que la nota de l'examen i la nota de l'examen és major que 4 (sobre 10),
- 2) la nota del examen en cas contrari.

OBSERVACIONS: Sempre que es complisquen els criteris de compensació que s'establisquen per la CAT a aquest efecte, la nota d'aquesta assignatura es podrà fer una mitjana amb la nota de Física Quàntica II a fi de superar-la.

## REFERÈNCIES

### Bàsiques

- D. J. Griffiths, Introduction to Quantum Mechanics, Ed. Pearson- Prentice-Hall.
- S. Gasiorowicz, Quantum Physics, Ed. John Wiley & Sons Inc.
- R. Eisberg, R. Resnick, Física Cuántica, Ed. Limusa.
- C. Sánchez del Río (Coord.), Física Cuántica, Ediciones Pirámide.
- N. Zettili, Quantum Mechanics: Concepts and Applications, John Wiley & Sons.
- P. A. Tipler, R. A. Llewellyn, Modern Physics, Ed. W. H. Freeman.

### Complementàries

- R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, Springer
- R. P. Feynman, The Feynman Lectures on Physics III, Ed. Addison-Wesley.