

**FITXA IDENTIFICATIVA****DADES DE L'ASSIGNATURA**

**Codi:** 34260  
**Nom:** Física quàntica II  
**Cicle:** Grau  
**Crèdits ECTS:** 6  
**Curs acadèmic:** 2025-26

**TITULACIONS**

Titulació	Centre	Curs	Període
1105 - Grau en Física	Facultat de Física	3	Segon quadrimestre
1928 - Doble Grau en Física i Matemàtiques	Facultat de Ciències Matemàtiques	4	Segon quadrimestre
1929 - Doble Grau en Física i Química	Facultat de Física	3	Segon quadrimestre

**MATÈRIES**

Titulació	Matèria	Caràcter
1105 - Grau en Física	Física Cuàntica	OBLIGATÒRIA
1928 - Doble Grau en Física i Matemàtiques	Quart Curs (Obligatori)	OBLIGATÒRIA
1929 - Doble Grau en Física i Química	Tercer Curs (Obligatori)	OBLIGATÒRIA

**COORDINACIÓ**

SANTAMARIA LUNA ARCADI

GONZALEZ MARHUENDA PEDRO

BOTELLA OLCINA FRANCISCO JOSE

**RESUM**

Equació de Schrödinger en tres dimensions, moment angular orbital i àtom d'hidrogen. Estructura dels àtoms i molècules i la seua espectroscopia. Introducció als sòlids, a l'estructura dels nuclis i a les partícules elementals. Introducció fenomenològica del moment angular de spin. Introducció al tractament de les partícules idèntiques i a les estadístiques quàntiques.

Objectius:

L'objectiu d'aquesta assignatura és familiaritzar a l'alumnat amb els fenòmens quàntics i els seus propietats fonamentals introduir les tècniques matemàtiques bàsiques per a formalitzar la descripció dels



mateixos en una teoria lògicament consistent, completant i aplicant els conceptes estudiats en l'assignatura de Física Quàntica I.

### Relació amb altres matèries prèvies:

És absolutament necessari que l'alumnat hagi cursat prèviament l'assignatura de Física Quàntica I, on s'introdueixen el formalisme i les idees fonamentals de la Física Quàntica. A més, és molt recomanable que l'alumnat hagi 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 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.

### Relació amb altres matèries futures:

Moltes són les assignatures de quart curs del Grau en Física i, sobretot, del Màster en Física Avançada, que es basen en els coneixements adquirits en el curs de Física Quàntica II. Citarem, entre les més importants, les assignatures de Mecànica Quàntica, Mecànica Quàntica Avançada, Física Nuclear i de Partícules, Física de l'Estat Sòlid, Teoria Quàntica de Camps i Partícules Elementals.

## CONEIXEMENTS PREVIS

### RELACIÓ AMB ALTRES ASSIGNATURES DE LA MATEIXA TITULACIÓ

No s'ha especificat 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 per desenvolupament en sèries de potències.



## COMPETÈNCIES / RESULTATS D' APRENTATGE

-

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.

Comprensió teòrica de fenòmens físics: tenir una bona comprensió de les teories físiques més importants (estructura lògica i matemàtica, suport experimental, fenòmens físics descrits).

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.

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.

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.

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.

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 hagen desenvolupat aquelles habilitats d'aprenentatge necessàries per a emprendre estudis posteriors amb un alt grau d'autonomia.

Que els estudiants puguen transmetre informació, idees, problemes i solucions a un públic tant especialitzat com no especialitzat.

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'arreglar 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.

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.

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.

## DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS

### 1. Models de molècules

- 1.1. Pou de potencial doble delta.
- 1.2. El ió molecular  $H_2^+$ .
- 1.3. Estats moleculars localitzats.
- 1.4. El hamiltonià d'un sistema quàntic de dos nivells.
- 1.5. El Maser d'amoníac.

### 2. Potencials periòdics

- 2.1. Invariància translacional.
- 2.2. Model de Kronig-Penney.
- 2.3. Espectre de bandes.
- 2.4. Massa efectiva.
- 2.5. Condicions de contorn periòdiques.
- 2.6. Aïllants i conductors.

### 3. Problemes tridimensionals i moment angular

- 3.1. Equació de Schrödinger i separació de variables.
- 3.2. Operador moment angular.
- 3.3. Moment angular en coordenades esfèriques.
- 3.4. Autovalors i autofuncions de  $L^2$  i  $L_z$ .
- 3.5. Harmònics esfèrics.

### 4. Potencials centrals: L'àtom d'hidrogen

- 4.1. L'equació radial.
- 4.2. Sistema de dues partícules.
- 4.3. L'àtom d'hidrogen.
- 4.4. Espectre d'energies.
- 4.5. Distribucions de probabilitat.



4.6. Notació espectroscòpica

## 5. Pertorbacions estacionàries i mètode variacional

- 5.1. Pertorbacions estacionàries: desenvolupament de Rayleigh-Schrödinger.
- 5.2. Energies i funcions d'ona pertorbades.
- 5.3. Renormalització de la funció d'ona.
- 5.4. El tractament de les degeneracions.
- 5.5. El mètode variacional de Ritz.
- 5.6. Aplicació d'ambdós mètodes a l'àtom d'Heli.

## 6. Interacció amb un camp electromagnètic. L'espín de l'electró

- 6.1. Moment dipolar magnètic: quantització.
- 6.2. Interacció amb un camp magnètic.
- 6.3. Experiència de Stern-Gerlach.
- 6.4. L'espín de l'electró.
- 6.5. Operadors d'espín i els seus autoestats.
- 6.6. Interacció espín-òrbita.
- 6.7. Moment angular total: suma de moments angulars.
- 6.8. Estructura fina de l'àtom d'hidrogen.
- 6.9. Efecte Zeeman.

## 7. Partícules idèntiques

- 7.1. Indistingibilitat de les partícules idèntiques.
- 7.2. Degeneració d'intercanvi.
- 7.3. Postulat de simetrització: Principi d'exclusió de Pauli.
- 7.4. Estats d'espín singlet i triplet.
- 7.5. Forces d'intercanvi: Regla de Hund.
- 7.6. L'àtom d'Heli revisat.
- 7.7. El gas d'electrons degenerats.
- 7.8. La matèria ordinària "en grans quantitats".
- 7.9. Sistemes gravitacionals i el límit de Chandrasekhar.

### VOLUM DE TREBALL (HORES)

#### ACTIVITATS PRESENCIALS

Activitat	Hores
Tutories	15,00
Teoria	45,00
<b>Total hores</b>	<b>60,00</b>

#### ACTIVITATS NO PRESENCIALS



Activitat	Hores
Assistència a altres activitats	0,00
Elaboració de treballs individuals o en grup	0,00
Estudi i treball autònom	0,00
Preparació de classes	90,00
Preparació d'activitats d'avaluació	0,00
Resolució de casos pràctics	0,00
<b>Total hores</b>	<b>90,00</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 basen principalment en la lliçó magistral dialogada 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 a l'enfrontar-se als conceptes teòrics i a la resolució de problemes, reforços d'aspectes en els quals es troben majors dificultats, questionari de caràcter conceptual, demostracions experimentals pertinents als casos estudiats i, associat a una component d'avaluació contínua, verificació del progrés dels i les estudiants en la matèria.

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

- Estudi dels fonaments teòrics.
- Resolució de problemes (individualment o en grup)
- Tutories individuals consultes puntuals de l'alumnat al professorat sobre dubtes i dificultats oposades en l'estudi i en la resolució de problemes, o discussió sobre temes d'interès, 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.

2) Avaluació contínua: valoració de treballs i problemes presentats pels 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.

**OBSERVACIONS:**

La qualificació final 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.

Els criteris d'avaluació son els mateixos en primera i segona convocatòria.

Sempre que es complisquen els criteris de compensació que s'establisquen a aquest efecte, la nota d'aquesta assignatura es podrà promitjar amb la d'altres pertanyents a la mateixa matèria a fi de superar-la.

## BIBLIOGRAFIA

### Bàsica

- D. J. Griffiths, *Introduction to Quantum Mechanics*, 2<sup>a</sup> edició, Pearson- Prentice-Hall, 2004.
- S. Gasiorowicz, *Quantum Physics*, 3<sup>a</sup> edició, John Wiley & Sons, 2002.
- R. Eisberg, R. Resnick, *Física Cuántica*, Limusa, 2002.

### Complementària

- Jean-Marc Lévy-Leblond y F. Balibar, *Quantics: Rudiments of Quantum Physics*, North-Holland, 1990.
- R. P. Feynman, *The Feynman Lectures on Physics III*, Addison-Wesley, 1964, 2005.
- P. A. Tipler, R. A. Llewellyn, *Modern Physics*, 5<sup>a</sup> edició, W. H. Freeman, 2007.
- R. Shankar, *Principles of Quantum Mechanics*, 2<sup>a</sup> edició, Springer, 1994.
- W. Greiner, *Quantum Mechanics, An Introduction*, Springer-Verlag, 1997.