

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

Codi	34260
Nom	Física quàntica II
Cicle	Grau
Crèdits ECTS	6.0
Curs acadèmic	2021 - 2022

Titulació/titulacions

Titulació	Centre	Curs	Període
1105 - Grau en Física	Facultat de Física	3	Segon quadrimestre

Matèries

Titulació	Matèria	Caràcter
1105 - Grau en Física	13 - Física Cuántica	Obligatòria

Coordinació

Nom	Departament
BOTELLA OLCINA, FRANCISCO JOSE	185 - Física Teòrica
SANTAMARIA LUNA, ARCADI	185 - Física Teòrica

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'alumne 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'alumne 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'alumne 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 que 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 del tercer curs, Laboratoris Experimentals de Física. En ella l'alumne 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 i, sobretot, del Màster, 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 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 per desenvolupament en sèries de potències.



COMPETÈNCIES

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 puguem 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 DE L'APRENTATGE

- 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-còrpuscle, les regles de quantificació, la mesura d'observables quàntics i les relacions d'incertesa.
- 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 simplificar la seua solució i entendre més profundament els resultats.
- Saber utilitzar el mètode de separació de variables en problemes bi i tridimensionals.
- Conèixer les propietats fonamentals de l'operador de moment angular quàntic: equacions que compleix, funcions pròpies i valors propis, resultats possibles de mesures i càlcul de les probabilitats relatives dels resultats.
- Saber resoldre problemes tridimensionals de dos cossos amb potencials centrals mitjançant separació de variables (àtom d'hidrogen i oscil·lador harmònic).
- Maneig de les unitats típiques de l'escala atòmica (eV, Angstroms, ... etc).
- Conèixer i comprendre els experiments de conduïxien a la introducció de l'espín.
- Saber calcular els valors i vectors propis de l'operador d'espín en una direcció arbitrària, i les probabilitats relatives dels resultats d'experiments amb dos Stern-Gerlach.



- Entendre el concepte d'indistingibilitat i la seua implicació en el comportament de partícules quàntiques idèntiques.
- Saber utilitzar el postulat de simetrització i el principi d'exclusió de Pauli, especialment en sistemes atòmics.

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**

ACTIVITAT	Hores	% Presencial
Classes de teoria	45,00	100
Tutories reglades	15,00	100
Preparació de classes de teoria	31,00	0
Preparació de classes pràctiques i de problemes	59,00	0
TOTAL	150,00	

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 videos, representació gràfica de solucions, projecció de presentacions, etc.).

Sessions de tutories grupals o de treball en grups reduïts: centrades en el treball de l'estudiant: 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 estudiants en la matèria.

Treball personal de l'estudiant 60%:

- Estudi dels fonaments teòrics.
- Resolució de problemes (individualment o en grup)
- Tutories individuals consultes puntuals de l'estudiant al docent 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.

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.

REFERÈNCIES

Bàsiques

- D.J. Griffiths, Introduction to Quantum Mechanics, Ed. Pearson Education Limited.
- S. Gasiorowicz, Quantum Physics, Ed. John Wiley & Sons Inc.
- R. Eisberg y R. Resnick, Física Cuántica (átomos, moléculas, sólidos, núcleos y partículas), Ed. Limusa.

Complementàries

- Jean-Marc Lévy-Leblond y F. Balibar, Quantics: Rudiments of Quantum Physics, Ed. North-Holland.
- P. A. Tipler, Física Moderna, Ed. Reverté S.A.
- R. P. Feynman, The Feynman Lectures on Physics III, Ed. Addison-Wesley.
- R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, Springer-Verlag.
- W. Greiner, Quantum Mechanics, An Introduction, Springer-Verlag.

ADDENDA COVID-19

Aquesta addenda només s'activarà si la situació sanitària ho requereix i previ acord del Consell de Govern

METODOLOGIA DOCENT:

En cas que la situació sanitària requerisca un model de docència híbrida, s'adoptarà la modalitat docent aprovada en la Comissió Acadèmica de Títol en sessió de 23 de juliol de 2020, que per a tercer curs consisteix en la presencialitat del 50% de l'alumnat amb un aforament en aula del 50% en les classes de



teoria, de manera que l'alumnat que no és a l'aula rep les classes per videoconferència síncrona. La resta de modalitats docents (laboratoris i classes tutelades) tenen una presencialitat del 100%. L'assistència de l'alumnat a les classes de teoria es farà en alternança de dies i setmanes per a assegurar que tot l'estudiantat tinga garantit un 50% de presencialitat en les classes de teoria.

Si es necessités una reducció total de la presencialitat, aleshores s'utilitzaria la modalitat de videoconferència síncrona impartida en l'horari fixat per l'assignatura i el grup, durant el període que determine l'Autoritat Sanitària.