

Titulació	Tipus	Curs
Nanociència i Nanotecnologia	OB	3

Professor/a de contacte

Nom: Javier Rodríguez Viejo

Correu electrònic: javier.rodriguez@uab.cat

Equip docent

Marta Gonzalez Silveira

Idiomes dels grups

Podeu consultar aquesta informació al [final](#) del document.

Prerequisits

És recomanable haver aprovat l'assignatura "Fenòmens Quàntics I".

Objectius

Adquisició de coneixements bàsics de Mecànica Quàntica complementaris dels impartits en l'assignatura de Fenòmens Quàntics I, i de la seva aplicació a fenòmens específics i propietats de la matèria a la nanoescala. El curs està organitzat: En la primera unitat es posa èmfasi i s'amplien alguns temes abordats en l'assignatura de Fenòmens Quàntics I. La segona tracta dels estats electrònics atòmics i el moment magnètic dels electrons. Es fa una introducció a l'efecte Zeeman,. En la tercera unitat es fa una breu introducció a les estadístiques i estudi de la densitat d'estats i ocupació. La quarta unitat aborda l'estudi de pous i barreres de potencial quadrats, i aplicacions a la nanociència. Es clou l'assignatura amb l'estudi dels pous de potencial triangulars i parabòlics, i una breu introducció a les barreres parabòliques i hiperbòliques, amb aplicacions a la nanociència. L'assignatura ajuda a l'alumne a tenir uns coneixements sòlids de fonaments de mecànica quàntica i es donen exemples de l'interès dels coneixements adquirits en l'àmbit de la nanoescala.

Resultats d'aprenentatge

1. CM16 (Competència) Aplicar els coneixements físics a la resolució de problemes en la nanoescala.
2. KM29 (Coneixement) Reconèixer els principis de la mecànica quàntica i la seva aplicació en la descripció de l'estructura i les propietats de la matèria a escala atòmica i molecular.
3. SM27 (Habilitat) Aplicar les eines de la física quàntica i del càlcul computacional a sistemes senzills.
4. SM28 (Habilitat) Reunir, sintetitzar i presentar resultats i conclusions de publicacions científiques.

Continguts

1. Introducció

- 1.1. Equació de Schrödinger (ES) independent del temps. Dualitat ona-corpúscle. Funció d'ona. Hamiltonià.
- 1.2. Linealitat.
- 1.3. ES dependent del temps. Superposició. Densitat de corrent.
- 1.4. Operadors i observables. Postulat de mesura.
- 1.5. Principi d'incertesa.
- 1.6. Funcions i vectors. Notació de Dirac.
- 1.7. Àlgebra lineal. ES en notació matricial.

2. Electrons en pous de potencial

- 2.1. Pou de potencial quadrat infinit. Solució, funcions d'ona i ortogonalitat. Evolució temporal.
- 2.2. Nanoestructures i heteroestructures físiques de baixa dimensionalitat (2D, 1D, 0D).
- 2.3. Aproximació de massa efectiva, funció d'ona envoltent.
- 2.4. Pou de potencial quadrat finit i simètric.
- 2.5. Pous de potencial quadrats dobles amb i sense interacció.
- 2.6. Pous parabòlics: l'oscil·lador harmònic.
- 2.7. Pous triangulars.
- 2.8. Potencials esfèrics. Punts quàntics semiconductors.

3. Mètodes aproximats

- 3.1. Teoria de pertorbacions independent del temps. No degenerada i degenerada.
- 3.2. Mètode variacional.

4. Sòlids periòdics (electrons en cristalls)

- 4.1. Condicions de periodicitat. Teorema de Bloch.
- 4.2. Model de Kronig-Penney. Formació de bandes.
- 4.3. Aproximació d'enllaços forts (tight-binding approximation).
- 4.4. Cadenes unidimensionals. Formació de bandes.
- 4.5. Bandes en semiconductors.

5. Densitat d'estats i ocupació

- 5.1. Longituds característiques en sistemes mesoscòpics. Pous, fils i punts quàntics.
- 5.2. Funcions de distribució. Maxwell-Boltzmann, Fermi-Dirac i Bose-Einstein.
- 5.3. Dimensionalitat i nivells d'energia. Model de Sommerfeld dels electrons lliures. Ones viatgeres: condicions de contorn de Born-von Kármán.
- 5.4. Densitat d'estats (DOS); nivell de Fermi. DOS en 3D en el model de Sommerfeld. Nivell de Fermi. DOS en 3D per a ones viatgeres. DOS en 2D i 1D.
- 5.5. Ocupació dels nivells d'energia.

6. Electrons en camps externs

- 6.1. Efecte d'un camp magnètic sobre un gas d'electrons.
- 6.2. Potencial vectorial i experiment d'Aharonov-Bohm.
- 6.3. Camp magnètic en un sistema 2D: nivells de Landau i densitat d'estats.
- 6.4. Camps elèctrics.

7. Moment angular

- 7.1. Moment angular orbital. Operadors i funcions d'ona associades.
- 7.2. L'operador L^2 . Harmònics esfèrics.
- 7.3. Mesura experimental dels moments angulars.
- 7.4. Moment angular d'espín. Matriu de Pauli. Experiment de Stern-Gerlach.

8. Àtom d'hidrogen

- 8.1. Revisió de l'àtom d'hidrogen. Equació radial i angular.
- 8.2. Estructura fina: correcció relativista i acoblament espín-orbita.
- 8.3. Estructura hiperfina.
- 8.4. Electrons en un camp magnètic. Precessió.
- 8.5. Efecte Zeeman.
- 8.6. Àtoms multieletrònics.
- 8.7. Àtoms/ions en presència de camps magnètics externs: Moment magnètic. Efecte Zeeman.

9. Aplicacions en Nanociència

- 9.1. Barrera de potencial quadrada en 1D; efecte túnel. Graó de potencial quadrat en 1D. Barreres delta. Transport electrònic.
- 9.2. Pous amb doble barrera de potencial; el díode túnel ressonant. Transmissió.
- 9.3. Superxarxes: fotodetectors d'infrarojos.
- 9.4. Pou quàntic triangular: MODFET. Moduladors.
- 9.5. Efecte Hall quàntic en semiconductors i materials 2D.
- 9.6. Acoblament espín-òrbita més enllà de l'àtom d'hidrogen.

Activitats formatives i Metodologia

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
activitats dirigides a classe	8	0,32	
classes de problemes	16	0,64	
classes de teoria	30	1,2	
Tipus: Supervisades			
Presentació de treballs	6	0,24	
Resolució de problemes	6	0,24	
Tipus: Autònomes			
Estudi	68	2,72	

Classes de teoria

El professor/a explicarà el contingut del programa amb suport audiovisual. Es disposarà de material de suport per lliurar als alumnes.

Classes de problemes

Les classes de problemes serviran per consolidar i veure'n com es porten a la pràctica els coneixements adquirits en les classes de teoria. S'aniran intercalant amb les classes de teoria per reforçar-ne aspectes determinats o en acabar les unitats temàtiques. Part dels problemes els resoldrà el professor, i per a l'altra part els alumnes disposaran dels enunciats dels exercicis que hauran d'anar resolent al llarg del curs. El plantejament/resolució dels exercicis es farà a les classes de problemes sota la direcció del professor. Els alumnes resoldran u exposaran a classe els problemes no resolts pel professor.

Activitats Dirigides.

Resolució de problemes en grup a l'aula amb ajuda del professor.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, perquè els alumnes completin les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura.

Avaluació

Activitats d'avaluació continuada

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
exàmens escrits (parcials i final)	70%	8	0,32	CM16, KM29, SM27
Problemes resolts	15%	2	0,08	CM16, SM27
Treballs, lectures, activitats varies.	15%	6	0,24	CM16, KM29, SM27, SM28

Exàmens escrits: Suposaran el 70% de la nota. Es programaran dos exàmens parcials al llarg del curs i un examen final. Els dos exàmens parcials tenen el mateix pes (35%). Si s'han aprovat els dos exàmens parcials no caldrà presentar-se a l'examen final. En cas de no haver aprovat un o els dos parcials caldrà fer l'examen final. És obligatori aprovar aquesta part per aprovar l'assignatura.

Cas que els alumnes no resolguin problemes en grup, ni facin activitats els dos exàmens escrits suposaran el 100% de la nota.

Problemes resolts: Suposaran el 15% de la nota. Els alumnes hauran de lliurar al professor un document amb els problemes resolts, i exposar-los a classe. La resolució dels problemes, lliurament dels documents corresponents i exposició a classe són obligatoris per aprovar l'assignatura.

Treballs, lectures, altres activitats: Es proposaran algunes activitats complementàries que valdran el 15% de la nota.

Examen de recuperació: Per tal de fer la recuperació l'alumne ha de presentar-se a la part que no hagi superat el 4. També es pot presentar qualsevol alumne a pujar nota. La

nota que obtingui en l'examen de recuperació serà la nota que servirà per fer promig amb les altres activitats avaluable.

Avaluació única

L'alumnat que s'hagi acollit a la modalitat d'avaluació única haurà de realitzar una prova final que consistirà en un examen de teoria on haurà de respondre a una sèrie de qüestions curtes. Seguidament, haurà de fer unaprova de problemes on haurà deresoldre una sèrie d'exercicis semblants als que s'han treballat a les sessions de problemes. Quan hagi finalitzat, lliurarà els informes corresponents a solucions de problemes i la entrega d'un treball.

La qualificació de l'estudiant serà la mitjana ponderada de les tres activitats anteriors, on l'examen de teoria suposarà el 35% de la nota, l'examen de problemes el 35% i la entrega dels problemes i dels treballs serà del 30%.

Si la nota final no arriba a 5, l'estudiant té una altra oportunitat de superar l'assignatura mitjançant l'examen de recuperació que se celebrarà en la data que fixi la coordinació de la Titulació. En aquesta prova es podrà recuperar el 70% de la nota corresponent a la teoria i els problemes. La part d'entrega de problemes i treballs no és recuperable.

Bibliografia

No hi ha un text basic de referència, però si dos llibres rellevants per l'assignatura. També s'utilitzarà el pdf que el professor lliura als alumnes al Campus Virtual i que juntament amb el desenvolupament dels continguts (tant de teoria com de problemes que es fan a classe) pot servir com a eina d'estudi.

Introduction to quantum mechanics, David J. Griffiths, Cambridge University Press

The physics of low dimensional semiconductors. An introduction. John H. Davies, Cambridge University Press

Programari

Es fan servir eines infromàtiques basades en windows per presentar documents ppt o pdf o word.

Grups i idiomes de l'assignatura

La informació proporcionada és provisional fins al 30 de novembre de 2025. A partir d'aquesta data, podreu consultar l'idioma de cada grup a través daquest [enllaç](#). Per accedir a la informació, caldrà introduir el CODI de l'assignatura

Nom	Grup	Idioma	Semestre	Torn
(PAUL) Pràctiques d'aula	1	Català	primer quadrimestre	tarda
(SEM) Seminaris	1	Català/Espanyol	primer quadrimestre	tarda
(TE) Teoria	1	Català/Espanyol	primer quadrimestre	tarda