FITXA IDENTIFICATIVA

Dades de l'Assignatura

Codi	34263
Nom	Física de l'estat sòlid
Cicle	Grau
Crèdits ECTS	7.5
Curs acadèmic	2024 - 2025

Titulació/titulacions

Titulació	Centre	Curs	Període
1105 - Grau en Física	Facultat de Física	4	Primer quadrimestre
1928 - Doble Grau en Física i Matemàtiques	Doble Grau en Física i Matemàtiques	5	Primer quadrimestre

Matèries

Titulació	Matèria	Caràcter
1105 - Grau en Física	15 - Ampliación de Física	Obligatòria
1928 - Doble Grau en Física i Matemàtiques	5 - Cinquè Curs (Obligatori)	Obligatòria

Coordinació

Nom	Departament
CROS STOTTER, ANA	175 - Física Aplicada i Electromagnetisme
SANCHEZ ROYO, JUAN FRANCISCO	175 - Física Aplicada i Electromagnetisme

RESUM

En l'assignatura es fa ampli ús de les ferramentes desenrotllades en les assignatures de Mecànica, Electromagnetisme, Termodinàmica, Física Quàntica i Física Estadística. De fet, en l'assignatura de Física Quàntica s'estudien alguns aspectes fonamentals d'Estat Sòlid, com el teorema de Bloch, l'existència de bandes d'energia (model de Kronig-Penney) i les relacions de dispersió, les condicions periòdiques de Born-von Karman, la massa efectiva o el concepte de buit. En el laboratori d'Electromagnetisme també s'estudia el model de Drude de conducció en un metall. Estos conceptes es pressuposen coneguts, encara que alguns d'ells es repassen en el context del tema corresponent. En paral·lel a la Física de l'Estat Sòlid els estudiants cursen la Mecànica Quàntica. Molts dels conceptes desenrotllats en esta assignatura són importants en l'assignatura d'Estat Sòlid, en particular en l'estudi dels semiconductors, i en la comprensió dels fenòmens cooperatius.

El desenvolupament de l'assignatura analitza la periodicitat a llarg abast i les simetries a què dóna lloc. S'estudien els distints sistemes cristal·lins i es veuen exemples d'estructures d'interés fonamental i tecnològic. S'analitza el fenomen de la difracció de rajos X en vidres, introduint la xarxa recíproca i les zones de Brillouin i descrivint alguns mètodes de resolució d'estructures. S'aborda el problema denominat dinàmica de la xarxa, obtenint-se les relacions de dispersió i introduint el concepte de fonon. Es formula de forma senzilla la dispersió de Brillouin i Raman per a l'estudi dels fonons acústics i òptics respectivament. Les propietats tèrmiques dels sòlids estan íntimament relacionades amb els fonons. Es definix la densitat d'estats de fonons, que servirà de base per a la determinació d'una sèrie de propietats tèrmiques com la capacitat calorífica, l'expansió tèrmica o els efectes d'anarmonicidad. L'estructura electrònica dels sòlids és essencial per a conéixer el comportament electrònic i òptic. S'aborden dos models, el de l'aproximació quasi-lliure, vàlida per a metalls, i el de l'aproximació d'electrons fortament lligats, vàlid per a aïllants. S'analitza l'estructura de bandes en la primera zona de Brillouin i s'introduïx el concepte de punts crítics. Estos coneixements s'apliquen a l'anàlisi d'algunes estructures de bandes de materials d'interés i les seues densitats d'estats, relacionant les seues característiques amb les propietats òptiques i elèctriques del material.
L'estudi dels conductors aborda la descripció semiclásica del transport electrònic, discutint per què uns materials conduïxen l'electricitat i altres no. Es revisa el model de Drude fent èmfasi en les seues debilitats i en la necessitat d'introduir l'estadística de Fermi per a descriure el gas d'electrons. Així mateix, s'estudia la contribució dels electrons a la conducció tèrmica. Els semiconductors són la base de gran part de la tecnologia electrònica actual. Després de recordar alguns conceptes que s'han introduït en l'assignatura de Física Quàntica, com el concepte de buit i de massa efectiva, es determina la concentració d'electrons en un semiconductor i l'evolució de l'energia de Fermi en funció de la temperatura. S'estudien els semiconductors dopats.

Les propietats magnètiques de la matèria s'aborden descrivint la teoria quàntica del diamagnetisme i del paramagnetisme. El ferromagnetisme, junt amb altres variants d'orde magnètic, és un fenomen cooperatiu, la descripció del qual requerix introduir la denominada interacció d'intercanvi. Es discutix la teoria del camp mitjà tant del ferromagnetisme com de l'antiferromagnetisme. Finalment, es dóna una visió general del fenomen de la superconductivitat, partint d'alguns experiments essencials per a després fer una descripció fenomenològica de les seues propietats. S'exposa de manera simplificada l'origen de la superconductivitat i s'analitzen els distints tipus de superconductors.

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

Física General, Mecànica i Ones, Física Cuàntica, Termodinàmica i Física Estadística, Óptica, Electromagnetisme, Matemáticas, Mètodes Matemàtics.

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 comprenguen 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 cientificotècnic), 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.
- 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'APRENENTATGE (RD 1393/2007) // SENSE CONTINGUT (RD 822/2021)

- Coneixement dels conceptes bàsics de simetria relacionats amb l'estructura cristal·lina.
- Coneixements de difracció de raigs X.
- Entendre les equacions bàsiques de la dinámica del sòlid.
- Entendre l'origen de fenòmens físics com les propietats tèrmiques, elèctriques o òptiques.
- Comprendre l'origen del magnetisme i la superconductivitat.
- Maneig de les eines matemàtiques i conceptes físics necessaris per a abordar un tema d'investigacióen Estat Sòlid.
- Desenvolupar la capacitat d'identificar problemes i idear estratègies per a la seua resolució.
- Desenvolupar la capacitat de planificar i organitzar el propi aprenentatge, basant-se en el treball individual a partir de la bibliografia i altres fonts d'informació.
- Avaluar la importància relativa de les diferents causes que intervenen en un fenomen físic.
- Identificar els elements essencials d'una situació complexa, realitzar les aproximacions necessàries pera construir models simplificats que ho descriguen i poder així entendre el seu comportament en altres situacions.
- Ser capaç d'efectuar una posada al dia de la informació existent sobre un problema concret, ordenar-lai analitzar-la críticament.
- Fomentar la capacitat per a treballar en grup.

DESCRIPCIÓ DE CONTINGUTS

1. Estructura cristal·lina

Sòlids cristal·lins i amorfs: orde a curta i llarga distància. Xarxes cristal·lines. Xarxa de Bravais i motiu d'una estructura cristal·lina. Simetries. Estructures cristal·lines significatives.

2. Difracció en estructures periòdiques

Xarxa recíproca. Primera zona de Brillouin. Difracció per xarxes periòdiques: condició d'interferència de Laue i esfera d'Ewald. Interpretació de Bragg de la condició de Laue. Factor d'estructura. Dispositius experimentals.

3. Dinàmica de la xarxa

Aproximacions adiabàtica i harmònica. Cadena lineal amb un àtom i dos àtoms en la cel·la unitat: branques acústiques i òptiques. Exemples de relació de dispersió real en un sòlid. Vector d'ones de les vibracions de la xarxa. Efectes Brillouin i Raman per a l'estudi dels modes acústics i òptics.

4. Propietats tèrmiques dels sòlids

Insuficiència de la física clàssica en la descripció de la calor específica. Concepte de fonó. Relacions de dispersió de fonons i densitat d'estats. Excitació tèrmica de fonons: energia tèrmica i calor específica. Aproximació de Debye per al sòlid harmònic. Efectes anharmònics. Dilatació tèrmica. Conductivitat tèrmica.

5. Estructura electrónica. Teoría de bandes.

Equació de Schrödinger de l'electró en un potencial periòdic: teorema de Bloch. Aproximació de l'electró quasi-lliure. Aproximació de l'electró fortament lligat. Dispersió de les bandes en la primera zona de Brillouin: metalls i semiconductors. Densitat d'estats: punts crítics o singularitats de Van Hove. Exemples d'estructures de bandes de sòlids reals. Relació amb les seues propietats elèctriques i òptiques.

6. Metalls

Teoria semiclàssica del transport electrònic. Contribució de bandes plenes i parcialment plenes al transport. Model de Drude i problemes associats. Electrons quasi-lliures: energia de Fermi, densitat d'estats i superfície de Fermi. Contribució electrònica a la calor específica en un metall. Model de Sommerfeld.

7. Semiconductors

Estructura de bandes d'un semiconductor entorn al gap: masses efectives i concepte de buit. Nivell de Fermi i la seua dependència amb la temperatura. Concentració d'electrons i buits en un semiconductor intrínsec. Impureses dadores i acceptores. Dependència en temperatura del nivell de Fermi i concentració de portadors en un conductor dopat. Model de Drude en un semiconductor. Dispersió per fonons i impureses.

8. Magnetisme

Moment magnètic d'un àtom. Diamagnetisme i paramagnetisme. La interacció d'intercanvi. Hamiltoniano de spin per al ferromagnetisme. Teoria del camp mitjà del ferromagnetisme i antiferromagnetisme. Dominis i cicles d'histèresi.

9. Superconductivitat

Propietats bàsiques. Electrodinàmica. Consideracions termodinàmiques. Descripció microscòpica. Supercorrents. Resistència nul·la i efecte Meissner. Corrent i camps crítics.

VOLUM DE TREBALL

ACTIVITAT	Hores	% Presencial
Classes de teoria	60,00	100
Pràctiques en laboratori	15,00	100
Preparació d'activitats d'avaluació	20,00	0
Preparació de classes de teoria	47,50	0
Preparació de classes pràctiques i de problemes	45,00	0
TOTAL	**187,50**	

METODOLOGIA DOCENT

Classes teòriques: S'establiran les bases de l'Estat Sòlid, introduint els aspectes fonamentals i derivant les seues propietats elèctriques, òptiques i magnètiques.

Classes de problemes: Es realitzen exercicis que complementen les classes teòriques, en els quals es procurarà introduir magnituds físiques reals que ens permeten conèixer l'ordre de magnitud dels diferents paràmetres físics que adonen de les seues propietats.

Sessions de laboratori: Les pràctiques de laboratori es realitzaran en grups reduïts. Els estudiants treballen en grup en la presa de dades i discussió dels resultats, en una anàlisi preliminar.

AVALUACIÓ

El sistema d'avaluació considera tant l'assimilació dels aspectes explicats en les classes de teoria i problemes com en el laboratori. L'examen escrit (80%) avaluarà la comprensió dels aspectes teoricopràctics i el formalisme de l'assignatura, tant per mitjà de preguntes teòriques com a través de qüestions conceptuals i numèriques. També inclourà problemes que valoren la capacitat d'aplicació dels conceptes estudiats i la capacitat crítica respecte als resultats obtinguts. La nota del laboratori (20%) es basa en una avaluació contínua dels qüestionaris entregats i del treball realitzat en el laboratori.

Es pot augmentar el pes de l'avaluació contínua en un 10% addicional per mitjà de la resolució dels problemes i les tasques que s'indiquen. En eixe cas, el pes de la nota de l'examen serà del 70%. Per a la nota final es considerarà l'itinerari que més afavorisca l'alumne (amb avaluació contínua addicional o sense ella).

L'assignatura se superarà amb una nota mitjana igual o superior a 5, que s'obtindrà de ponderar les distintes contribucions (examen, laboratori i, si és el cas, avaluació contínua addicional) amb el criteri que s'ha indicat. Per a realitzar esta ponderació la nota mínima de l'examen i del laboratori hauran de ser de 4 punts sobre 10.

REFERÈNCIES

Bàsiques

- Solid State Physics, N. W. Ashcroft y N. D. Mermin, Holt-Saunders Int. Edt., 1976.
- Solid-Stated Physics: An introduction to principles of Materials Science, H. Ibach y H. Lüth, Springer, 2003.
- The Oxford Solid State Basics, Steven H. Simon, Oxford University Press (2013).
- Física del estado sólido. Ejercicios resueltos. Jesús Maza, Jesús Mosqueira y José Antonio Veira. Universidad de Santiago de Compostela.

Complementàries

- Solid State Physics, G. Burns, Academic Press, 1990.
- Solid State Physics, H. E. Hall, John Wiley & Sons, 1982.
- Quantum Theory of Solids, C. Kittel, Wiley, 1987.