



Guia docent

230853 - LF - Grans Instal·lacions: Sincrotró i Fonts de Neutrons

Última modificació: 11/04/2025

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona

Unitat que imparteix: 748 - FIS - Departament de Física.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN FÍSICA PER A L'ENGINYERIA (Pla 2018). (Assignatura obligatòria).
MÀSTER UNIVERSITARI ERASMUS MUNDUS EN BIO & PHARMACEUTICAL MATERIALS SCIENCE (Pla 2021). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 5.0

Idiomes: Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: PERE BRUNA ESCUER

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

- Física general bàsica, especialment electromagnetisme, propagació d'ones electromagnètiques en el buit, en metalls i en dielèctrics
- Fonaments d'instrumentació
- Física de l'estat sòlid, especialment estructures cristal·lines
- Fonaments de probabilitat
- Fonaments de relativitat especial poden ser útils però no obligatoris

REQUISITS

Cap

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Bàsiques:

CB6. Tenir i comprendre coneixements que aportin una base o oportunitat de ser originals en el desenvolupament i/o aplicació de idees, sovint en un context de recerca.

CB7. Que els estudiants sàpiguen aplicar els coneixements adquirits i la seva capacitat de resolució de problemes en entorns nous o poc coneguts dins de contextos més amplis (o multidisciplinaris) relatius al seu camp d'estudi.

CB10. Que els estudiants posseeixen les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.

METODOLOGIES DOCENTS

- Classes magistrals
- Exercicis teòrics i pràctics fent servir eines de software
- Pràctiques de laboratori
- Desenvolupament d'un projecte

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

- Familiaritzar-se amb els conceptes principals d'acceleració de partícules carregades i el principi de funcionament de sincrotrons
- Entendre els principis de generació de radiació sincrotró i feixos de neutrons i conèixer les seves principals característiques
- Conèixer els sistemes més importants en grans instal·lacions
- Saber reconèixer la complementarietat de cada una de les tècniques (sincrotró i dispersió de neutrons)
- Conèixer les bases de les principals tècniques de mesura en sincrotrons i fonts de neutrons
- Conèixer les diferents propietats físiques dels materials que és possible mesurar en grans instal·lacions
- Conèixer les bases per analitzar les dades produïdes en grans instal·lacions

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	81,0	62.79
Hores grup gran	48,0	37.21

Dedicació total: 129 h

CONTINGUTS

1. Fonaments d'acceleradors de partícules.

Descripció:

En aquest primer tema es farà una introducció general als acceleradors de partícules explicant-ne els diferents tipus, els sistemes usats per accelerar electrons i els seus paràmetres principals.

Objectius específics:

Introducció general. Tipus d'acceleradors. Mètodes d'acceleració. Acceleradors lineals i circulars. Sistemes magnètics. Sistemes d'acceleració i RF. Característiques del feix.

Activitats vinculades:

Exercicis relacionats.

Dedicació: 14h

Grup gran/Teoria: 8h

Aprenentatge autònom: 6h

2. Generació de radiació electromagnètica

Descripció:

S'explicaran els diferents mètodes de generació de radiació electromagnètica, tant de frenada com sincrotró i es detallaran les instal·lacions existents on es realitzen experiments amb radiació sincrotró. Es farà una descripció del sincrotró ALBA.

Objectius específics:

Aplicacions de rajos-X de frenada. Radiació sincrotró. Mètodes de generació de RS. Dispositius d'inserció. Característiques de RS. Línies de llum i experiments. ALBA.

Activitats vinculades:

Exercicis relacionats i visita a ALBA.

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 6h

3. Exemples de grans instal·lacions: col·lisionadors, acceleradors d'ions, radiació sincrotró i fonts d'espai·lació

Descripció:

S'explicaran i es detallarà el funcionament de les grans instal·lacions existents, tant col·lisionadors de partícules, acceleradors, sincrotrons com fonts de neutrons i d'espai·lació.

Objectius específics:

Complex accelerador del CERN i LHC. Fonts de Neutrons. Font Europea d'Espai·lació i altres exemples. Font de radiació sincrotró espanyola ALBA. Nous tipus d'instal·lacions de radiació electromagnètica.

Activitats vinculades:

Pràctiques de laboratori a ALBA: mesures magnètiques, mesures de RF, mesures de dispersió d'energia en un Linac

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 6h

4. Fonaments de dispersió de rajos X i neutrons

Descripció:

S'abordaran els diferents mecanismes amb què la radiació pot interaccionar amb la matèria, fent una descripció clàssica de l'estructura atòmica. Es començarà explicant la interacció amb un electró aïllat per, generalitzar-la després a un sistema complex caracteritzat per la seva densitat electrònica. Finalment, es comentaran les diferències existents en funció de si la interacció es produeix amb fotons o amb neutrons.

Objectius específics:

La interacció dels rajos X amb la matèria. Dispersió deguda a un electró. Dispersió deguda a un núvol d'electrons. Funció de dispersió per neutrons. Funció de dispersió per rajos-X. Absorció.

Activitats vinculades:

Cap.

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 6h

5. Línies de llum

Descripció:

Es descriuran en detall els diferents components d'una línia de llum tenint en compte tot el que s'ha après en el tema anterior sobre la interacció dels rajos X amb la matèria. També es farà una descripció de les diferents tècniques experimentals existents amb el seu camp d'aplicació i exemples concrets.

Objectius específics:

Front end: obertura primària, esclatxes del front end, filtres de baixa energia. Òptica primària: miralls de rajos X, monocromadors. Òptica de microfocus i nanofocus. Monitors d'intensitat de feix. Detectores. Tècniques experimentals en línies de llum.

Activitats vinculades:

Seminaris especialitzats a càrrec de personal d'ALBA

Dedicació: 8h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 6h

6. Dispersió inelàstica de neutrons

Descripció:

S'explicarà en detall el procés de dispersió inelàstica de neutrons i es detallarà el tipus d'informació que es pot extreure.

Objectius específics:

Dispersió coherent i incoherent. Funcions de Van-Hoff (moviments localitzats, deslocalitzats i intramol·leculars)

Activitats vinculades:

Cap.

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 6h

7. Aplicacions de neutrons

Descripció:

Les diferents aplicacions que es poden realitzar amb neutrons seran descrites en detall, incloent les relacionades amb mesures de dispersió, les relacionades amb el magnetisme a la matèria i l'obtenció d'imatges usant neutrons.

Objectius específics:

Mètodes de dispersió inelàstica de neutrons (temps de vol, spin echo, backscattering). Magnetisme amb neutrons. Imatgeria amb neutrons.

Activitats vinculades:

Cap.

Dedicació: 8h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 6h

8. Difracció en fonts de sincrotró

Descripció:

Es farà una descripció de la matèria en termes de xarxes cristal·lines i com aquesta estructura es pot obtenir a partir de mesures de difracció de raigs X. S'explicaran els problemes de la tècnica i com es poden solucionar i finalment s'explicarà com extreure informació de materials desordenats, ja siguin líquids o sòlids.

Objectius específics:

Cristalls i pics de Bragg. Xarxa recíproca. Plans atòmics i Llei de Bragg. Influència de la base. El problema de la fase. Mostres en pols. Materials líquids i amorfs: funcions de distribució radial, factors d'estructura.

Activitats vinculades:

- Exercicis relacionats.
- Pràctica d'anàlisi de dades amb software específic.

Dedicació: 15h

Grup gran/Teoria: 6h

Aprenentatge autònom: 9h

9. Fonaments de X-ray Absorption Fine Structure (XAFS)

Descripció:

S'explicarà la tècnica més comuna basada en absorció de rajos X, centrant-se en la descripció del fenomen físic que produeix les oscil·lacions en els coeficients d'absorció d'un material i el tipus d'informació que es pot extreure de l'anàlisi i ajust d'aquestes oscil·lacions. Finalment s'explicarà com dissenyar un experiment de XAFS, especialment pel que fa a la preparació de les mostres.

Objectius específics:

Absorció de rajos X i fluorescència. Descripció teòrica senzilla. Dispersió múltiple. Anàlisi de dades. Disseny de l'experiment. Preparació de les mostres.

Activitats vinculades:

- Pràctica d'anàlisi de dades amb software específic.

Dedicació: 16h

Grup gran/Teoria: 10h

Aprenentatge autònom: 6h

10. Imatgeria sincrotró mitjançant rajos X durs i altres tècniques.

Descripció:

Es farà una breu descripció de com obtenir imatges de diferents tipus de mostres usant radiació sincrotró i una descripció genèrica d'altres tècniques més especialitzades fent esment sobretot al tipus d'informació que es pot extreure d'elles.

Objectius específics:

Imatgeria sincrotró mitjançant raigs X durs. Altres aplicacions: espectroscopia de fotoemissió, difracció de rajos X ressonant i magnètica, microscopia de rajos X, radiació sincrotró infraroja, dispersió inelàstica de rajos X.

Activitats vinculades:

Cap.

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 6h

11. Anàlisi de dades freqüentista

Descripció:

Donada la importància de realitzar un correcte tractament de les dades experimentals obtingudes en grans instal·lacions, en aquest tema es farà un repàs del tractament estadístic de les dades i els seus errors des d'una visió clàssica o freqüentista de l'estadística.

Objectius específics:

Dades i errors: una visió estadística. Repàs dels mètodes clàssics d'ajust. Distribucions estadístiques. Tests d'hipòtesis en estadística clàssica.

Activitats vinculades:

Cap.

Dedicació: 8h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 6h

12. Anàlisi de dades Bayesià

Descripció:

Es farà una introducció a l'estadística Bayesiana, destacant la seva utilitat a l'hora de discriminar entre diferents models compatibles amb les dades experimentals obtingudes.

Objectius específics:

Estadística Bayesiana: de nombres a funcions de distribució de probabilitat (PDF). Teorema de Bayes i mesura: on s'amaguen les PDF? Ajustant funcions mitjançant una aproximació Bayesiana. Mètode de Montecarlo de cadenes de Markov per obtenir PDFs posteriors. Selecció de model en estadística Bayesiana.

Activitats vinculades:

- Pràctica de selecció de models.

Dedicació: 10h

Grup gran/Teoria: 4h

Aprenentatge autònom: 6h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Examens escrits: 40%

Exercicis: 25%

Projecte: 15%

Pràctiques de laboratori: 20%

No hi ha actes reavaluables.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Els examens escrits seran proves test d'opció múltiple o exercicis curts que es realitzaran en horari lectiu un cop finalitzada la part del temari que s'evaluarà. Per aquestes proves, de caire individual, només es podrà fer us de calculadora. Els exercicis, projecte i pràctiques es podran fer tant individualment com en grup i es realitzaran tant en horari lectiu com fora d'ell.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Sivia, D.S. Elementary scattering theory: for X-ray and neutron users. Oxford: Oxford University Press, 2011. ISBN 9780199228683.
- Mobilio, S.; Boscherini, F.; Meneghini, C. Synchrotron radiation: basics, methods and applications [en línia]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2015 [Consulta: 02/06/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=1802923>. ISBN 9783642553158.
- Willmott, P.R. An introduction to synchrotron radiation: techniques and applications [en línia]. 2nd ed. Hoboken, New Jersey: Wiley, 2019 [Consulta: 18/05/2020]. Disponible a: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119280453>. ISBN 9781119280392.
- Als-Nielsen, J.; McMorrow, D. Elements of modern X-ray physics [en línia]. 2nd ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 2011 [Consulta: 18/05/2020]. Disponible a: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119998365>. ISBN 9780470973943.
- Wiedemann, H. Particle accelerator physics. 4th ed. Cham: Springer, 2015. ISBN 9783319183169.

RECURSOS

Altres recursos:

- Presentacions de l'assignatura (a través del campus digital de la UPC, Atenea)
- Col·lecció d'exercicis (a través del campus digital de la UPC, Atenea)
- Manuals de les pràctiques (a través del campus digital de la UPC, Atenea)