Guia docent
230465 - EMAG - Electromagnetisme

Última modificació: 25/05/2023

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona
Unitat que imparteix: 748 - FIS - Departament de Física.
739 - TSC - Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions.

Titulació: GRAU EN ENGINYERIA FÍSICA (Pla 2011). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2023 **Crèdits ECTS:** 6.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: Consultar aquí / See here: https://telecos.upc.edu/ca/estudis/curs-actual/professorat-responsables-coordinadors/responsables-assignatura

Altres: Consultar aquí / See here: https://telecos.upc.edu/ca/estudis/curs-actual/professorat-responsables-coordinadors/professorat-assignat-idioma

CAPACITATS PRÈVIES

Coneixer i saber fer servir a nivell elemental les equacions fonamentals de l'electromagnetisme clàssic en l'absència de medis materials. Coneixer els fenòmens ondulatoris bàsics i la seva descripció matemàtica.
Coneixer les eines bàsiques de l'analisis de camps vectorials i posseir nocions bàsiques sobre els nombres complexos

REQUISITS

Cal haver aprobat les assignatures "Física 2" i "Càlcul 2"
Cal haver cursat la assignatura "Mètodes Matemàtics 2"

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:
1. Coneixement de les lleis de l'electromagnetisme. Aptitud per resoldre problemes d'enginyeria: magnetisme, electricitat i tecnologia elèctrica, ones electromagnètiques, y òptica ondulatòria.

Genèriques:
3. CAPACITAT PER IDENTIFICAR, FORMULAR I RESOLDRE PROBLEMES D'ENGINYERIA FÍSICA. Capacitat per identificar, formular i resoldre problemes d'enginyeria física amb iniciativa, presa de decisions i creativitat. Desenvolupar mètodes d'anàlisi i solució de problemes de forma sistemàtica i creativa.

Transversals:
4. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, que serà preferentment l'anglès, amb un nivell adequat de forma oral i per escrit i amb consonància amb les necessitats que tindran les titulades i els titulats en cada ensenyament.
2. APRENENTATGE AUTÒNOM - Nivell 2: Dur a terme les tasques encomanades a partir de les orientacions bàsiques donades pel professorat, decidint el temps que cal emprar per a cada tasca, incloent-hi aportacions personals i ampliant les fonts d'informació indicades.

METODOLOGIES DOCENTS

Classes expositives
Classes de problemes
Descripció de algunes aplicacions

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

En acabar l'assignatura, l'alumne ha de ser capaç de:
- identificar i aplicar el mètode més adient per a la resoluciò de diferents problemes d'electrostática amb potencials aplicats, distribucions de càrregues i dipols elèctrics, en presència de metalls i dielèctrics
- descriure des dels punts de vista macroscòpic i microscòpic les propietats dels materials conductors, dielèctrics i magnètics, tant per si sols com en aplicacions com les resistencies, els condensadors, els imans i els circuits magnètics
- calcular l'energia d'un sistema electromagnètic, i a partir d'ella les forces que hi poden actuar, tant per camps estàtics com lentament variables
- analitzar el funcionament dels components fundamentals d'una xarxa elèctrica
- descriure la relació entre camps elèctrics i magnètics variables en el temps, la llum, i els fenòmens òptics bàsics, a partir de les equacions de Maxwell
- fer servir la notació complexa per a la descripció de les ones electromagnètiques, la seva interferència, i per a la resolució d'equacions diferencials
- descriure la propagaciò de les ones electromagnètiques en medis materials com dielèctrics, metalls, plasmes, i en la separació entre medis

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	65,0	43.33
Hores aprenentatge autònom	85,0	56.67

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

1a Part) Electrostàtica i magnetostàtica sense corrents: materials dielèctrics, magnètics i aplicacions

Descripció:
0) Introducció: camps produïts per càrregues i espins, i teoria clàssica de camp
TEMA 1) Resum i compendi d'electrostàtica
1.1) Camp electrostàtic (E), densitat de càrrega (ρ), potencial electrostàtic (V): Lleis de Coulomb, Gauss, i Poisson
1.2) Dipol elèctric (p): potencial i camp d'un dipol puntual; dipols permanents i induïts, moment de força i energia d'un dipol elèctric permanent a un camp aplicat
1.3) Distribucions especials de dipols: la línia de dipols i la esfera de dipols; desenvolupament multipolar
1.4) Propietats electrostàtiques dels metalls, densitat de càrrega superficial (σ), condicions de frontera per a E a la superfície d'un metall
1.5) Teorema d'unicitat: capacitat (C) i energia electrostàtica; mètode de les càrregues imatge
2) Materials dielèctrics
2.1) Camp de polarització (P), densitat de càrrega lligada; camp elèctric produït per a dielèctrics polaritzats (camp despolaritzant)
2.2) Materials lineals vs materials ferroelèctrics (electrets); susceptibilitat elèctrica i camp elèctric macroscòpic als dielèctrics lineals
2.3) Camp de desplaçament elèctric (D); constant dielèctrica i capacitat de condensadors en presència de dielèctrics
2.4) Condicions de frontera per a E i D; relacions entre les densitats de càrrega lliure, lligada, i total
2.5) Energia electrostàtica en presència de dielèctrics lineals i càlcul de forces en condensadors
2.6) Descripció microscòpica dels dielèctrics lineals (relació de Clausius-Mossotti) i dels ferroelèctrics
3) Materials magnètics i camp magnetostàtic
3.1) Espín i moment magnètic (m); camp magnètic dipolar, llei de Coulomb per al magnetisme; moment de forces i energia d'un dipol magnètic permanent en un camp aplicat
3.2) Camp d'imantació (M), pols magnètics i densitat de pol; camp auxiliar (H) per a medis imantats
3.3) Materials magnètics lineals: susceptibilitat i permeabilitat magnètica, paramagnetisme i diamagnetisme, camp desmagnetitzant, camps H i B macroscòpics; imantació de saturació
3.4) Equacions de Maxwell per a la magnetostàtica sense corrents lliures; condicions de frontera per a H i B
3.5) Descripció microscòpica dels imants permanents: interacció d'intercanvi magnètic, dominis magnètics; materials ferromagnètics durs i tous

Objectius específics:
En acabar la primera meitat de l'assignatura, l'alumne ha de ser capaç de:
- identificar i aplicar el mètode més adient per a la resoluciò de diferents problemes d'electrostática amb potencials aplicats, càrregues, i dipols elèctrics, en presència de materials conductors i dielèctrics, i amb condensadors
- descriure des dels punts de vista macroscòpic i microscòpic les propietats dels materials dielèctrics i magnètics
- calcular l'impacte sobre càrregues, dipols, i medis materials de camps electrostàtics i magnetostàtics

Activitats vinculades:
Treballs entregats
Examen parcial

Dedicació: 80h
Grup gran/Teoria: 21h
Grup mitjà/Pràctiques: 13h
Activitats dirigides: 2h
Aprenentatge autònom: 44h

2a Part) Magnetostàtica amb corrents, circuits magnètics, camps variables: equacions de Maxwell i ones electromagnètiques

Descripció:
4) Resum i compendi de corrents elèctrics i magnetisme
4.1) Corrent elèctric (I) i densitats de corrent (J, K); conservació de la càrrega; corrents de càrregues lliures i lligades
4.2) Llei de Ohm local: conductivitat en corrent continua (g), classificació dels materials; generació de corrents continus
4.3) Càlculs de resistència (R); llei de Joule; relació entre R i C en medis homogenis; densitat de càrrega en la separació entre medis
4.4) Camp magnètic produït per corrents lliures: lleis de Biot-Savart i d'Ampère per a B
4.5) Corrents lliures a prop o dins d'un medi magnètic lineal: llei d'Ampère per a H; circuits magnètics, reluctància, llei d'Hopkinson
4.6) Teorema d'equivalència d'Ampère, corrents equivalents; desenvolupament multipolar; moment de dipol magnètic d'un llaç de corrent
4.7) Superconductivitat i corrents superconductores
5) Energia i forces magnètiques, Equacions de Maxwell, ones electromagnètiques
5.1) Força de Lorentz i força electromotriu; llei de Faraday
5.2) Energia emmagatzemada al camp B; inductància (L); energia magnètica en medis lineals
5.3) Forces magnètiques en circuits magnètics i bobines
5.4) Introducció a la tecnologia elèctrica: electroimants, generadors, transformadors, motors elèctrics
5.5) Corrent de desplaçament i equacions macroscòpiques de Maxwell; aproximació quasiestàtica
5.6) Vector de Poynting (S) i teorema de Poynting; equacions de les ones electromagnètiques, velocitat de la llum al buit; ones harmòniques, irradiància, longitud d'ona al buit, espectre electromagnètic
5.7) Velocitat de la llum en dielèctrics perfectes, índex de refracció; condicions de frontera: constancia de la freqüència, llei de Snell per a la refracció; reflectivitat per a incidència normal
6) Descripció i propagació de les ones electromagnètiques (e.m.) al buit, en metalls, i dielèctrics
6.1) Notació complexa per a ones e.m. planes i esfèriques; aplicació a la interferència espacial i temporal: ones estacionaries; velocitats de fase i de grup
6.2) Atenuació de les ones e.m. en medis amb pèrdues: conductivitat (σ Ì□), funció dielèctrica (ε Ì□), i índex de refracció (ñ) complexos; longitud d'atenuació; model macroscòpic per a ε Ì□ i ñ
6.3) Teoria de Drude dels metalls, model de plasma sense col•lisions; relaxació de corrent i dependència de la resistència amb la freqüència
6.4) Propietats electromagnètiques dels dielèctrics: model de Lorentz-Rayleigh de la permitivitat e índex de refracció complexos dels aïllants, difusió Rayleigh; model de Debye de la relaxació dipolar.

Objectius específics:
Al finalitzar la segona meitat de l'assignatura l'alumnat ha de ser capaç de:
- calcular el camp magnètic produït per distribucions de corrent en presència de materials magnètics
- descriure els camps i les forces magnètics als circuits magnètics, amb corrents constants o variable en el temps, i les seves aplicacions
- calcular la energia electromagnètica d'un sistema i verificar el teorema fonamental de l'energia electromagnètica
- descriure la interacció entre camps elèctrics i magnètics variables, les ones electromagnètiques, i els fenòmens òptics bàsics, a partir de les equacions de Maxwell
- fer servir la notació complexa per a la descripció de les ones i la seva la interferència, i per a la resolució d'equacions diferencials
- descriure la propagaciò de la llum en medis materials com dielèctrics, metalls, plasmes i a la separaciò entre medis

Activitats vinculades:
Treballs entregats
Examen final

Dedicació: 70h
Grup gran/Teoria: 18h
Grup mitjà/Pràctiques: 11h
Activitats dirigides: 1h
Aprenentatge autònom: 40h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La qualificació constarà d'un examen final (EF) i d'una avaluació al llarg del curs on es tindrà en compte la realització d'un examen a mig quadrimestre (EP) (al mig del tema 4, cerca del final de a part 1), i dels treballs entregats en llengua anglesa (TE). La qualificació final vindrà donada per:
màx{EF, 0.55*EF + 0.35*EP + 0.10*TE, 0.9*EF + 0.1*TE}

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Pollack, G.L.; Stump, D.R. Electromagnetism. San Francisco: Addison Wesley, 2002. ISBN 0805385673.
- Reitz, J.R.; Milford, F.J.; Christy, R.W. Foundations of electromagnetic theory. 4th ed. Reading, Mass.: Addison Wesley, 1993. ISBN 9780321581747.

Complementària:

- Grant, I.S.; Phillips, W.R. Electromagnetism [en línia]. 2nd ed. Chichester [England]: John Wiley and Sons, 2013 [Consulta: 26/09/2018]. Disponible a: https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=1211896. ISBN 9781118723371.
- Zangwill, A. Modern electrodynamics. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. ISBN 9780521896979.
- Hayt, W.H.; Buck, J.A. Teoría electromagnética. 8a ed. México, DF: Mc Graw Hill, 2012. ISBN 9786071507839.
- Peatross, J. y Ware, M.. Physics of Light and Optics [en línia]. ed. 2015. 2017 [Consulta: 26/09/2018]. Disponible a: http://optics.byu.edu/textbook.aspx. ISBN 9781312929272.
- Griffiths, D.J. Introduction to electrodynamics. 4th ed. Boston: Pearson, 2013. ISBN 9781292021423.
- Lorrain, P.; Corson, D.R. Campos y ondas electromagnéticos. 5a ed. Madrid: Selecciones Científicas, 1990. ISBN 8485021290.
- Feynman R.P; Leighton, R.B.; Sands, M. The Feynman lectures on physics: vol.1 i vol.2. New millennium ed. New York: Basic Books, 2010. ISBN 9780465024148 (V. 1) ; 9780465024162 (V. 2).

RECURSOS

Altres recursos:

- Videolliçons d'electromagnetisme impartides en anglès al MIT a l'any 2002 pel professor Walter Lewin:
https://www.youtube.com/playlist?list=PLUdYlQf0_sSsfcNOPSNPQKHDhSjTJATPu