

# Guia docent

## 230465 - EMAG - Electromagnetisme

Última modificació: 24/03/2026

**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:** 2026      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Anglès

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:**

**Altres:**

### 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'anàlisi de camps vectorials i posseir nocions bàsiques sobre els nombres complexos

### REQUISITS

---

Cal haver aprovat 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. APRENTATGE 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'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

En acabar l'assignatura, l'alumne ha de ser capaç de:

- identificar i aplicar el mètode més adient per a la resolució de diferents problemes d'electrostàtica 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 resistències, 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 propagació de les ones electromagnètiques en medis materials com dielèctrics, metalls, plasmes, i en la separació entre medis

## HORES TOTALES 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) Electroestàtica 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'electroestàtica

1.1) Camp electrostàtic ( $E$ ), densitat de càrrega ( $\rho$ ), 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 ( $\sigma$ ), 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'imatantació ( $M$ ), 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 resolució de diferents problemes d'electroestàtica 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 ( $\sigma$ ), 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 llac 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: constància 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 estacionàries; velocitats de fase i de grup

6.2) Atenuació de les ones e.m. en medis amb pèrdues: conductivitat ( $\sigma$ ), funció dielèctrica ( $\epsilon$ ), i índex de refracció ( $\tilde{n}$ ) complexos; longitud d'atenuació; model macroscòpic per a  $\epsilon$  i  $\tilde{n}$

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 propagació de la llum en medis materials com dielèctrics, metalls, plasmes i a la separació 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

---

Qualsevol acte de frau acadèmic, plagi, ús o tinença a l'abast de mitjans no autoritzats en qualsevol activitat d'avaluació comportarà la qualificació de zero (0) en la prova o lliurament afectat. A més, d'acord amb la normativa de la Universitat, la possible derivació dels fets per a l'obertura d'un expedient disciplinari implicarà que l'assignatura quedi en l'estat provisional de "pendent d'avaluació" fins a la resolució de l'expedient. La gestió d'aquestes incidències es desplega d'acord amb el [Marc d'actuació per a la integritat acadèmica en l'avaluació de la UPC](#).

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:

$$\max\{EF, 0.55*EF + 0.35*EP + 0.10*TE, 0.9*EF + 0.1*TE\}$$

## 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:

- Zangwill, A. Modern electrodynamics. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. ISBN 9780521896979.
- 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).
- 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.
- 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.

## RECURSOS

---

### Altres recursos:

- Videollçons d'electromagnetisme impartides en anglès al MIT a l'any 2002 pel professor Walter Lewin: [https://www.youtube.com/playlist?list=PLUdYIQf0\\_sSsfNOPSNPQKHDhSjTJATPu](https://www.youtube.com/playlist?list=PLUdYIQf0_sSsfNOPSNPQKHDhSjTJATPu)