

## 230907 - EMG - Electromagnetisme

Unitat responsable: 230 - ETSETB - Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona  
Unitat que imparteix: 748 - FIS - Departament de Física  
Curs: 2018  
Crèdits ECTS: 6 Idiomes docència: Català, Castellà

### Professorat

Responsable: Marta Net Marcé  
  
Altres: Arantxa Alonso Maleta  
José Miguel Juan Zornoza

### Capacitats prèvies

Un bon nivell de Matemàtiques corresponents a primer curs de grau: Càlcul vectorial, Trigonometria, Geometria, Àlgebra Vectorial, Derivació, Integració.

Conceptes bàsics de Mecànica clàssica

### Requisits

Cap

### Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura

Bàsiques:

CB5. GREELEC: Que els estudiants pugin desenvolupar aquelles habilitats d'aprenentatge per emprendre estudis superiors amb un alt grau d'autonomia.

Específiques:

CE1. GREELEC: Capacitat per a la resolució dels problemes matemàtics que puguin plantejar-se a l'enginyeria. Aptitud per aplicar els coneixements sobre àlgebra lineal, geometria, geometria diferencial, càlcul diferencial i integral, equacions diferencial i en derivades parcials, mètodes numèrics, algorítmica numèrica, estadística i optimització. (Mòdul de formació bàsica).

Genèriques:

CG3. GREELEC: Coneixement de matèries bàsiques i tecnologies, que el capacitin per a l'aprenentatge de nous mètodes i tecnologies, així com que el dotin d'una gran versatilitat per adaptar-se a noves situacions.

Transversals:

CT6. GREELEC: APRENENTATGE AUTÒNOM: Detectar deficiències en el propi coneixement i superar-les mitjançant la reflexió crítica i l'elecció de la millor actuació per ampliar coneixements.

## 230907 - EMG - Electromagnetisme

### Metodologies docents

- Classe d'exposició de la teoria per part del professor.
- Classe expositiva participativa. Problemes resolts a classe pel professor interactuant amb els alumnes.
- Treball cooperatiu i autònom per resoldre problemes de dificultat elevada.
- Aprenentatge basat en la resolució de problemes estàndar. Entrega periòdica de problemes proposats pel professor (no presencial).
- Proves individuals curtes durant el quadrimestre
- Proves llargues (Examen Final)
- Pràctiques de laboratori. Entrega d'informes corresponents al treball experimental. Cada sessió de pràctiques consta de més d'un experiment.

### Objectius d'aprenentatge de l'assignatura

Entendre els principis i lleis fonamentals de l'Electromagnetisme i adquirir l'habilitat de resoldre problemes relacionats amb aquestes lleis, tant en el buit com en els medis materials. Formulació de les lleis en forma integral i diferencial (equacions de Maxwell). Es pretén assolir el nivell necessari per poder cursar amb garantia d'èxit assignatures de cursos superiors.

En concret es tracta que finalment l'alumne:

- Compregui i domini els conceptes bàsics sobre les lleis generals de l'Electromagnetisme.
- Sàpiga aplicar els principis físics bàsics a la resolució de problemes propis de l'enginyeria i la física.
- Plantegi correctament problemes a partir de l'enunciat proposat i identifiqui les opcions per a la seva resolució. Apliqui el mètode de resolució adequat i rectifiqui aquesta resolució si fos necessari.
- Sigui capaç de manejar bibliografia en anglès.
- Domini la recerca d'informació en recursos on-line en anglès.
- Identifiqui els objectius d'un grup i pugui traçar un pla de treball per assolir-los. Identifiqui les responsabilitats de cada component del grup i assumeixi el compromís de la tasca assignada.
- Porti a terme les tasques encomenades en el temps previst, d'acord amb les pautes marcades pel professor o tutor. Identifiqui el progrés i el grau de compliment dels objectius de l'aprenentatge.
- Conegui i utilitzi correctament les eines, instruments i aplicatius software disponibles en els laboratoris i porti a terme correctament l'anàlisi de les dades recollides.

### Hores totals de dedicació de l'estudiantat

Dedicació total: 150h	Hores grup gran:	52h	34.67%
	Hores grup petit:	13h	8.67%
	Hores aprenentatge autònom:	85h	56.67%

## 230907 - EMG - Electromagnetisme

### Continguts

#### TEMA 0: Introducció

Dedicació: 13h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprentatge autònom: 7h

#### Descripció:

Es repassen les eines de càlcul necessàries per seguir l'assignatura. En particular, es revisen els conceptes de flux i circulació de camps vectorials. També s'introdueixen conceptes bàsics del càlcul d'errors de mesures experimentals.

- Camps escalars i vectorials
- Sistemes de coordenades
- Flux i circulació de camps de vectors
- Càlcul d'errors

#### Activitats vinculades:

- Aplicació dels conceptes repassats a la introducció
- Una pràctica de laboratori sobre càlcul d'errors

## 230907 - EMG - Electromagnetisme

### TEMA I: Camp i potencial elèctric

Dedicació: 41h

Grup gran/Teoria: 15h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 24h

#### Descripció:

S'estudien els camps elèctrics generats per distribucions de càrrega discretes i contínues en el buit. Es calculen o bé aplicant el principi de superposició o mitjançant la llei de Gauss. L'estudi es limita a distribucions amb geometria cartesiana o amb geometries amb simetria cilíndrica i esfèrica. Degut al caràcter conservatiu del camp electrostàtic s'introdueix el concepte de potencial elèctric i es relaciona amb l'energia potencial electrostàtica i amb l'associada a un camp elèctric. Aquests conceptes s'aplicaran a l'estudi dels conductors en equilibri electrostàtic i, en particular, als condensadors.

- Càrrega elèctrica: conservació i quantització
- Llei de Coulomb.
- Distribucions de càrrega. Principi de superposició
- Camp electrostàtic. Dipol elèctric
- Flux del camp elèctric. Llei de Gauss. Aplicació al càlcul de camps elèctrics
- Potencial elèctric. Energia de formació d'un sistema de càrregues. Energia elèctrica
- Camp i potencial a l'interior i a la superfície d'un conductor en equilibri. Capacitat
- Sistemes de conductors en equilibri. Condensadors

#### Activitats vinculades:

- Resolució de problemes relacionats amb la teoria.
- 1 Experiment de Laboratori.

## 230907 - EMG - Electromagnetisme

<p>TEMA 2: Teories de la conducció</p>	<p>Dedicació: 12h Grup gran/Teoria: 5h Aprentatge autònom: 7h</p>
<p>Descripció: Es defineixen els conceptes generals de transport de càrrega, densitats de corrent superficial i de volum, així com la intensitat del corrent. Després de formular el principi de conservació de la càrrega, ens centrem en el cas dels conductors òhmics i es defineixen la conductivitat i resistència elèctriques. La llei d'Ohm i la dissipació d'energia es justifica a partir del model clàssic d'electrons lliures. S'expliquen les limitacions d'aquesta teoria i s'introdueix l'estructura atòmica, i breument la teoria de bandes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transport de càrrega, intensitat i densitat de corrent</li> <li>- Principi de conservació de la càrrega. Equació de continuïtat</li> <li>- Teoria clàssica de la conducció</li> <li>- Llei d'Ohm i conductivitat</li> <li>- Dissipació d'energia en els conductors</li> <li>- Estructura de l'àtom. Semiconductors</li> </ul> <p>Activitats vinculades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolució de problemes relacionats amb la teoria</li> </ul>	
<p>TEMA 3: Camp magnètic independent del temps</p>	<p>Dedicació: 24h Grup gran/Teoria: 8h Grup petit/Laboratori: 2h Aprentatge autònom: 14h</p>
<p>Descripció: S'introdueix el concepte de camp magnètic independent del temps i la força de Lorentz. S'estudien els moviments de càrregues en presència de camps estacionaris i algunes de les aplicacions més importants, tals com el ciclotró i la sonda Hall. També s'estudien els efectes dels camps magnètic (forces i moments de forces) sobre els conductors recorreguts per corrents. L'estudi de la generació de camps magnètics es fa introduint les lleis de Biot i Savart i d'Ampère, i finalment es defineix l'energia magnètica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definició operacional de camp magnètic. Força de Lorentz</li> <li>- Moviment de càrregues a l'interior de camps magnètics. Aplicacions</li> <li>- Efecte d'un camp magnètic sobre un corrent. Forces i moment magnètics. Dipol magnètic</li> <li>- Forces entre corrents</li> <li>- Camp magnètic creat per un corrent: llei de Biot-Savart</li> <li>- Llei d'Ampère. Aplicació al càlcul de camps magnètics</li> <li>- Energia magnètica</li> </ul> <p>Activitats vinculades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolució d'exercicis i problemes relacionats amb la teoria i amb els experiments programats a les pràctiques</li> <li>- Una pràctica de Laboratori.</li> </ul>	

## 230907 - EMG - Electromagnetisme

<p><b>TEMA 4: Lleis fonamentals de l'electromagnetisme en forma integral</b></p>	<p>Dedicació: 27h Grup gran/Teoria: 9h Grup petit/Laboratori: 2h Aprentatge autònom: 16h</p>
<p><b>Descripció:</b> En aquest tema s'estudia la generació de camps elèctric i magnètic degut a les variacions de flux de camp magnètic i elèctric amb el temps, o bé per variacions temporals dels propis camps. Per això, es revisen les lleis de Gauss ja estudiades i es formulen les lleis integrals de Faraday-Lenz i Ampère-Maxwell i s'estudien algunes aplicacions del fenomen d'inducció electromagnètica. També s'estudia el principi de conservació de l'energia electromagnètica introduint el vector de Poynting i aprofitant que les diferents formes d'energia ja s'han anat introduint al llarg del curs.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Llei de Gauss dels camps elèctric i magnètic</li> <li>- Llei de Faraday-Lenz. Inducció mútua i autoinducció. Inductors i transformadors.</li> <li>- Corrents de desplaçament. Llei d'Ampère-Maxwell</li> <li>- Teorema de Poynting</li> </ul> <p><b>Activitats vinculades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolució d'exercicis relacionats amb la teoria i amb els experiments programats a les pràctiques.</li> <li>- Dues pràctiques de laboratori.</li> </ul>	
<p><b>TEMA 5: Equacions de Maxwell en el buit</b></p>	<p>Dedicació: 5h Grup gran/Teoria: 2h Aprentatge autònom: 3h</p>
<p><b>Descripció:</b> Es recorda el significat dels operadors diferencials divergència i rotacional d'un camp de vectors i els teoremes de Gauss i Stokes. Aplicant-los s'obtenen les equacions fonamentals de l'Electromagnetisme en forma diferencial en el buit, és a dir les equacions de Maxwell en el buit.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Divergència i rotacional d'un camp de vectors. Teoremes de Gauss i Stokes</li> <li>- Forma diferencial de les equacions fonamentals</li> <li>- Equacions de Maxwell</li> </ul> <p><b>Activitats vinculades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolució d'exercicis relacionats amb la teoria.</li> </ul>	

## 230907 - EMG - Electromagnetisme

### TEMA 6: Camp elèctric en medis dielèctrics

Dedicació: 13h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 7h

#### Descripció:

Es comença per descriure el medi dielèctric a nivell microscòpic per entendre el comportament elèctric d'aquests materials. S'introdueix el concepte de polarització. S'explica la formació de densitats de polarització, com aquestes densitats modifiquen el camp elèctric i la necessitat de modificar la llei de Gauss introduint el vector desplaçament per tancar el problema. A continuació s'introdueix la relació vector polarització-vector camp elèctric per a medis lineals i la susceptibilitat i permitivitat elèctriques del medi. Finalment s'expliquen quines són les condicions de contorn del camp elèctric quan canvia de medi.

- Model microscòpic: dipols permanents i induïts. Polarització. Càrregues lliures i lligades
- Llei de Gauss en dielèctrics. Vector desplaçament elèctric.
- Medis lineals. Susceptibilitat i permitivitat elèctrica
- Equacions de Poisson i Laplace en medis lineals homogenis i isòtrops
- Condicions de contorn a la superfície de separació de dos medis dielèctrics
- Energia elèctrica

#### Activitats vinculades:

- 1 Experiment de laboratori
- Resolució d'exercicis relacionats amb la teoria i amb els experiments programats a les pràctiques. En particular s'estudia com varien les propietats dels condensadors amb dielèctric respecte als condensadors buit.

## 230907 - EMG - Electromagnetisme

### TEMA 7: Camp magnètic en medis materials

Dedicació: 12h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 1h

Aprenentatge autònom: 7h

#### Descripció:

Es comença per descriure el medi magnètic a nivell microscòpic per entendre el comportament elèctric d'aquests materials. S'explica la imantació magnètica, com modifiquen els corrents d'imatació el camp magnètic, i la necessitat de reformular la llei d'Ampère-Maxwell introduint el vector camp magnètic  $H$ . Es descriuen els tipus de materials magnètics atenent a la relació vector imantació-vector camp magnètic i s'introdueixen els conceptes de susceptibilitat i permeabilitat magnètiques. S'expliquen les condicions de contorn a la superfície de separació de dos medis magnètics i finalment es generalitzen les lleis fonamentals, tant en forma integral com diferencial, en presència de medis materials. També s'extén el teorema de Poynting a medis materials.

- Moments magnètics atòmics. Imantació magnètica. Magnetó de Bohr
- Llei d'Ampère-Maxwell. Vector camp magnètic  $H$ .
- Medis lineals i no lineals. Susceptibilitat i permeabilitat magnètica. Cicle d'histeresi
- Condicions de contorn a la superfície de separació de dos medis magnètics.
- Lleis de Maxwell en els medis materials
- Energia magnètica. Teorema de Poynting

#### Activitats vinculades:

- Resolució d'exercicis relacionats amb la teoria i amb els experiments programats a les pràctiques. En particular s'estudia com varien les propietats de les bobines amb nuclis ferromagnètics respecte a les bobines buides.
- 1 Pràctica de laboratori



## 230907 - EMG - Electromagnetisme

### Sistema de qualificació

- Avaluació del treball experimental (TE): 15% de la nota final.  
El 60% d'aquesta nota prové de l'avaluació de les pràctiques realitzades i el 40% restant de l'examen final de pràctiques que serà individual.
- Avaluació continuada (C): Pot representar el 25% de la nota final.  
Prové de la mitjana ponderada de 1 o 2 exàmens parcials (depenent de l'evolució del curs).
- Examen final (F): Pot representar el 60% de la nota final o el 85% depenent de la nota de l'avaluació continuada. Es tracta d'una prova final de problemes i teoria si s'escau.
- La nota Final s'avalua: 15% del TE+ màxim (25% C+60% F o 85% F)
- L'assignatura te examen de re-avaluació, llevat la part de laboratori per a la que es manté la nota del quadrimestre.
- L'examen de Re-avaluació (EA) serà tipus test.
- La nota final s'avalua: 15% del TE+ 85% EA. Es manté la nota TE obtinguda en el curs.

### Normes de realització de les activitats

- En qualsevol prova puntuable no es poden tenir ni mòbils ni cap altra objecte electrònic engegats, ni utilitzar calculadores programables.
- No es podrà sortir de l'aula durant les proves (llevat malaltia o altres causes majors).
- (Examen Final) L'aula es publicarà a la plataforma Atenea.

### Bibliografia

#### Bàsica:

- Tipler, P.A.; Mosca, G. Física para la ciencia y la tecnología. 6a ed. Barcelona [etc.]: Reverté, 2010. ISBN 9788429144284.
- Purcell, E.M. Electricidad y magnetismo. 2a ed. Barcelona: Reverté, 1988. ISBN 842914319X.
- Griffiths, D.J. Introduction to electrodynamics. 4th ed. Boston: Pearson, 2013. ISBN 9781292021423.
- Cheng, D.K. Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería. Wilmington, Delaware: Addison-Wesley Iberoamericana, 1997. ISBN 9684443277.
- Reitz, J.R.; Milford, F.J.; Christy, R.W. Fundamentos de la teoría electromagnética. 4a ed. Wilmington: Pearson, 1996. ISBN 020162592X.
- Lorrain, P.; Corson, D.R. Electromagnetism: principles and applications. 2nd ed. New York: W.H. Freeman, 1990. ISBN 0716720965.