

## Argomenti delle lezioni del corso di Elettromagnetismo 2012-13

- 4 marzo** (2 ore) Introduzione al corso, modalità del corso, libri di testo, esercitazioni. Il fenomeno dell'elettricità. Elettrizzazione per strofinio. / Cariche positive e negative. Forze tra le cariche. Carica elementare, nucleo, atomo. Isolanti e conduttori. Induzione elettrostatica.
- 5 marzo** (1 ora) Forza di Coulomb. Unità di misura. Campo elettrico, linee di forza del campo. (Prof. F.Piacentini)  
(1 ora) Esercitazione: calcolo del campo elettrico da due cariche uguali di segno opposto, campo elettrico da un filo carico (calcolo diretto). (Prof. F.Piacentini)
- 7 marzo** (1 ora) Teorema di Gauss. Commenti sul teorema.  
(1 ora) Linee di forza del campo elettrico. Tubo di flusso. Rappresentazione del campo elettrico con linee di forza.
- 8 marzo** (1 ora) Teorema della divergenza. Operatore differenziale  $\nabla$ . Prima equazione di Maxwell. Commenti su teorema di Gauss e su prima equazione Maxwell.  
(1 ora) Esercitazione: campo elettrico sull'asse di un anello carico. Campo elettrico da filo con teorema di Gauss. Campo da piano carico: calcolo completo e da teorema di Gauss.
- 11 marzo** (2 ore) Potenziale elettrico per una carica puntiforme, operatore gradiente e  $\nabla$ . / Osservazioni sull'operatore gradiente. Coordinate sferiche, gradiente in coordinate sferiche. Superfici equipotenziali. Potenziale con distribuzione di carica estesa all'infinito.
- 12 marzo** (1ora) Dipolo elettrico. Potenziale del dipolo elettrico. Potenziale e campo in coordinate sferiche e cartesiane. Forza e momento delle forze per un dipolo elettrico posto in un campo elettrico.  
(1 ora) Esercitazioni: potenziale per uno strato piano infinito carico.
- 14 marzo** (2 ore) Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 15 marzo** (2 ore) Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 18 marzo** (2 ore) Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 19 marzo** (2 ore) Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 21 marzo** (2 ore) Conduttori, campo elettrico all'interno di un conduttore. Componenti del campo alla superficie di separazione tra due mezzi. Potenziali interno ed esterno in prossimità della superficie di un conduttore. / Teorema di Coulomb, contributi al campo. Casi di distribuzioni di cariche su conduttori. Schermo elettrostatico.
- 22 marzo** (1 ora) Capacità di un conduttore. Matrice dei potenziali e di capacità. Condensatore elettrostatico, capacità.  
(1 ora) Esercitazioni: capacità di condensatore sferico, cilindrico, piano. Proprietà delle punte con esempio.

- 25 marzo** (2 ore) Energia elettrostatica di un sistema di cariche. Energia del campo elettrostatico. / Calcolo dell'energia elettrostatica di un condensatore con diverse procedure. Energia elettrostatica da superficie sferica con integrale su spazio e su superficie che lo circonda.
- 26 marzo** (2 ore) **Esercitazioni.** Esempio di calcolo dei coefficienti di potenziale e di capacità in sistema formato da sfera conduttrice e strato conduttore concentrico. Andamento del campo elettrico e del potenziale. / Sistema dei due conduttori come sovrapposizione di tre superfici sferiche cariche concentriche. Energia elettrostatica di una sfera uniformemente carica, raggio classico dell'elettrone.
- 4 aprile** (1 ora) Pressione su un conduttore. Forza elettrostatica sui conduttori. Forza elettrostatica a carica e a voltaggio costanti.  
(1 ora) **Esercitazione.** Calcolo del momento di dipolo di un anello carico e di una sfera carica con densità variabile.
- 5 aprile** (2 ore) Equazione di Poisson, problema generale dell'elettrostatica. Problema di Dirichlet e di Neumann / Metodo carica immagine. Carica puntiforme davanti a piano conduttore.
- 8 aprile** (2 ore) Superficie sferica conduttrice e carica puntiforme. Vari casi. / Caratteri generali dei dielettrici. Polarizzazione per deformazione. Semplice modello atomico.
- 9 aprile** (2 ore) Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 11 aprile** (1 ora) Polarizzazione per deformazione, polarizzazione per orientamento. Funzione di Langevin (calcolo completo).  
(1 ora) Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 12 aprile** (2 ore) Vettore intensità di polarizzazione. Carica di polarizzazione di superficie e di volume e relazioni con intensità di polarizzazione. / Polarizzazione in aeriformi e in mezzi densi. Suscettività dielettrica, formula di Clausius-Mossotti.
- 15 aprile** (2 ore) Elettrostatica in presenza di dielettrici. Vettore di spostamento D. Equazioni dei campi D ed E. Vettore P. Dielettrici perfetti. Campi nel caso di un solo dielettrico. / Problema elettrostatico in presenza di più dielettrici Condizioni di raccordo sui campi alla superficie di separazione tra due dielettrici, legge di rifrazione delle linee di forza.
- 16 aprile** (1 ora) Energia elettrostatica in presenza di dielettrici. Campo elettrico locale in un dielettrico perfetto non polare. Condensatore piano con un dielettrico.  
(1 ora) **Esercitazione.** Sfera conduttrice carica in dielettrico. Caso di una sfera conduttrice carica al centro di due strati sferici di diversa costante dielettrica, calcolo di D, E, P e delle cariche di polarizzazione.
- 18 aprile** (2 ore) Conduttori, corrente elettrica. Modello di moto di elettroni in conduttore metallico, velocità termica. Potenza trasferita in un conduttore. / Velocità di deriva. Generatore di Van der Graaf. Condensatore piano con due dielettrici

- 19 aprile** (2 ore) Continuaz. problema, rigidità dielettrica. Densità di corrente. Legge di conservazione della carica, equazione di continuità. / Campo solenoidale. Corrente stazionaria. Legge dei nodi e delle maglie. Caso quasi stazionario. Problema con dielettrico risucchiato in condensatore piano.
- 22 aprile** (2 ore) Legge di Ohm, seconda formula empirica, legge di Ohm in forma locale. Effetto Joule, potenza dissipata in forma locale / Forza elettromotrice, campo elettromotore. Circuito equivalente del generatore. Problema con dielettrico e forze elettrostatiche.
- 23 aprile** (2 ore) Resistenza di un conduttore ohmico esteso. CR in un conduttore con dielettrico resistivo. Circuito RC in carica e scarica. / Passaggio di corrente nei gas e vari tipi di scarica. Fine problema con forze in presenza di dielettrici.
- 29 aprile** (2 ore) Introduzione al magnetismo. Seconda formula di Laplace. Forza di Lorentz. / Esempi di forza di Lorentz: moto di carica in un campo B uniforme. Sincrotone, bottiglia magnetica.
- 30 aprile** (2 ore) Azioni meccaniche su un circuito percorso da corrente. Teorema di equivalenza di Ampere (prima parte). Momento meccanico per la spira rigida, momento di dipolo magnetico. Energia e forza per un dipolo magnetico in campo B. / Momento magnetico di un disco carico ruotante. Esempi di forza di Lorentz: Selettore di velocità, spettrometro di massa. Ciclotrone.
- 2 maggio** (1 ora) Prima formula di Laplace, formula fondamentale della magnetostatica nel vuoto. Campo magnetico da un filo rettilineo infinito percorso da corrente.  
(1 ora) Esercitazioni: campo magnetico sull'asse di una spira percorsa da corrente. Campo magnetico da un nastro percorso da corrente.
- 3 maggio** (1 ora) Teorema della circuitazione di Ampere. IV equazione di Maxwell.  
(1 ora) Esercitazioni (prof. Piacentini). Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 6 maggio** (1 ora) Potenziale magnetico scalare, II parte teorema di equivalenza di Ampere. Campo B da un conduttore di sezione cilindrica  
(1 ora) Esercitazioni (prof. Piacentini). Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 7 maggio** (2 ore) Potenziale magnetico vettore, trasformazione di gauge, equazione per il potenziale vettore. / Effetto Hall. Momento magnetico di una sfera carica ruotante.
- 9 maggio** (2 ore) Esercitazioni, Vedi pagina web prof. Piacentini.
- 10 maggio** (2 ore) Forza tra due circuiti percorsi da corrente. Forza tra due fili paralleli percorsi da corrente. Definizione unità misura Ampere. / Introduzione al magnetismo nella materia, classificazione delle sostanze in ferromagnetiche, paramagnetiche, diamagnetiche. Problema di carica e scarica di un cavo coassiale con dielettrico resistivo.
- 13 maggio** (2 ore) Modello classico dell'atomo di idrogeno. Momento magnetico orbitale e di spin. Rapporto giromagnetico. / Intensità di magnetizzazione. Correnti amperiane di

volume e di superficie. Dimostrazione di una relazione integrale utile per il calcolo del potenziale magnetico

- 13 maggio** (2 ore) Potenziale magnetico vettoriale da una piccola spira. Relazioni tra intensità di magnetizzazione  $M$  e correnti amperiane di volume e di superficie. / Equazioni del campo magnetico nella materia. Campo magnetico  $H$ . Teorema della circuitazione per il campo  $H$ .
- 14 maggio** (2 ore) Equazioni della magnetostatica, relazione di raccordo per  $H$  e  $B$  alla superficie di separazione di due mezzi diversi, legge di rifrazione. / Campo magnetico generato dalla spira dal potenziale magnetico vettoriale.
- 16 maggio** (1 ora) Proprietà delle sostanze diamagnetiche paramagnetiche, ferromagnetiche  
(1 ora) Esercitazioni (prof. Piacentini). Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 17 maggio** (1 ora) Domini di Weiss. Momento magnetico di Larmor. Magnetizzazione per orientamento e funzione di Langevin.  
(1 ora) Esercitazioni (prof. Piacentini). Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 20 maggio** (2 ore) Interpretazione microscopica del diamagnetismo, del paramagnetismo. Interpretazione microscopica del ferromagnetismo, ciclo di isteresi. / Proprietà di sostanze ferromagnetiche ad alta temperatura. Temperatura di Curie. Legge di Curie-Weiss. Problema su conduttore rivestito cilindriche da guaine di materiale ferromagnetico: campi  $B$  e  $H$ .
- 21 maggio** (2 ore) Circuiti magnetici. Legge di Hopkinson. / Elettromagnete. Continuazione problema: calcolo di  $M$  e correnti amperiane di volume.
- 23 maggio** (2 ore) Trasformazioni relativistiche di carica e densità di corrente. Caso di particella in moto nel campo  $B$  da filo percorso da corrente. / Equazione del moto nei due sistemi di riferimento. Trasformazioni dei campi  $B$  ed  $E$ .
- 24 maggio** (2 ore) Legge di Faraday-Neumann, osservazioni sperimentali. Legge di Lenz. / Caso di campo  $B$  costante. Flusso tagliato. Continuazione problema: correnti amperiane sulla superficie del conduttore, sulla superficie di separazione tra i due mezzi. Campo  $B$  da corrente di conduzione e da correnti amperiane.
- 27 maggio** (1 ora) Moto di un circuito in un campo  $B$  costante e f.e.m. indotta. Caso di f.e.m. indotta nel caso di moto relativo di due circuiti.  
(1 ora) Esercitazioni (prof. Piacentini). Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 28 maggio** (1 ora) f.e.m. in caso di circuito in moto in campo magnetico  $B$  variabile. III equazione di Maxwell.  
(1 ora) Esercitazioni (prof. Piacentini). Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 30 maggio** (2 ore) Autoinduzione, coefficiente di autoinduzione. Mutua induzione. Circuito RL(VII.4). / Analisi energetica del circuito RL (VII.6 + E.VII.12, E.VII.13). Energia magnetica e densità di energia magnetica (da esempio in solenoide VII.6)

- 31 maggio** (2 ore) Legge di Felici (VII.4). Energia magnetica in un sistema di circuiti accoppiati percorsi da correnti. / Energia magnetica e forze su circuiti. Correnti parassite. Magnete permanente e potenziali magnetici.
- 3 giugno** (2 ore) Densità di corrente di spostamento. IV equazione di Maxwell. Equazioni di Maxwell dipendenti dal tempo. / Problemi.
- 4 giugno** (2 ore) Esercitazioni (prof. Piacentini). Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 6 giugno** (2 ore) Equazioni di Maxwell: considerazioni generali. Densità di corrente di polarizzazione. / Equazione delle onde elettromagnetiche. Soluzione generale, onda periodica. Velocità di fase.
- 7 giugno** (2 ore) Verifica della soluzione generale, velocità dell'onda e.m. e indice di rifrazione. Onda e.m. piana. / Relazioni tra i campi  $E$  e  $B$ . Impedenza caratteristica. Onda con direzione generica. Problema con induzione elettromagnetica.
- 10 giugno** (2 ore) Onda e.m. monocromatica. Onde e.m. stazionarie. / Vettore di Poynting. Esempio scarica del condensatore.
- 11 giugno** (2 ore) Onda e.m. sferica. Vettore di Poynting e onda e.m. / Energia e quantità di moto dell'onda e.m.. Inizio lezione potenziali elettrodinamici.
- 13 giugno** (2 ore) Potenziali elettrodinamici. Trasformazioni di gauge. Gauge di Lorentz e di Coulomb. Potenziali ritardati. / Irraggiamento da un dipolo elettrico oscillante.
- 14 giugno** (3 ore) Covarianza relativistica dell'elettromagnetismo. Quadridensità di corrente. Quadripotenziale. Equazione di continuità. Tensore elettromagnetico. Trasformazione dei campi  $E$  e  $B$  come componenti del tensore elettromagnetico. Equazioni di Maxwell in forma covariante. Equazione dei potenziali. Trasformazione di gauge. / Irraggiamento da un dipolo elettrico oscillante.