

## Argomenti delle lezioni del corso di Elettromagnetismo 2013-14

- 6 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.
- 7 marzo** (2 ore) Elettroscopio. Legge di conservazione della carica elettrica. Forza di Coulomb. Unità di misura. Campo elettrico, linee di forza del campo elettrico, rappresentazione di Faraday. Campo elettrico di un sistema di cariche puntiformi. Principio di sovrapposizione. Campo da distribuzioni di carica di volume, di superficie e lineare.
- 10 marzo** (1 ora) Flusso di un vettore. Teorema di Gauss. Commenti sul teorema.  
(1 ora) **Esercitazione:** calcolo del campo elettrico da due cariche uguali di segno opposto, campo elettrico da un filo carico (calcolo diretto e con teorema di Gauss). Campo elettrico sull'asse di un anello carico.
- 11 marzo** (2 ore) Teorema della divergenza. Operatore Nabla. Prima equazione di Maxwell. Commenti sulla prima equazione di Maxwell. Potenziale elettrico. Operatore gradiente. **Esercitazione:** calcolo completo del campo da un piano uniformemente carico e infinitamente esteso e applicando il teorema di Gauss.
- 13 marzo** (1 ora) Potenziale per una distribuzione estesa all'infinito. Potenziale dello strato carico. Osservazioni sul gradiente, gradiente in coordinate sferiche.  
(1 ora) **Esercitazione:** doppio strato: campo elettrico e potenziale.
- 14 marzo** (1ora) Dipolo elettrico. Potenziale del dipolo elettrico. Potenziale e campo in coordinate sferiche e cartesiane.  
(1 ora) **Esercitazioni:** Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 17 marzo** (2 ore) Azioni meccaniche su un dipolo posto in campo elettrico: Forza risultante, momento, energia potenziale. Derivazione anche da variazione di energia potenziale. Sviluppo in serie di multipoli. Proprietà del momento di dipolo elettrico.
- 18 marzo** (1 ora) Campo elettrico conservativo. Operatore rotore. Rotore del campo elettrico e commenti. Esempio di dipoli elettrici di molecole. **Esercitazione:** dipolo elettrico di un anello con densità di carica opposta sulle due semicirconferenze.  
(1 ora) **Esercitazioni:** Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 20 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 campo. Casi di distribuzioni di cariche su conduttori. Schermo elettrostatico.
- 21 marzo** (1 ora) Capacità di un conduttore. Matrice dei potenziali e di capacità. Capacità di un condensatore elettrostatico. / (1 ora) **Esercitazione:** Calcolo dei coefficienti di potenziale per un sistema di conduttore sferico circondato da strato conduttore.

- 24 marzo** (2 ore) Energia elettrostatica di un sistema di cariche puntiformi. Per un sistema di cariche generale. Energia elettrostatica del campo elettrico. / Esempio di energia elettrostatica di una superficie carica (vista anche come condensatore). Capacità di condensatore piano, sferico, cilindrico. Energia elettrostatica del condensatore.
- 27 marzo** (2 ore) Forza elettrostatica su conduttori. Pressione del campo elettrostatico. Forza a carica costante e a potenziale costante. / Equazione di Poisson. Problema generale dell'elettrostatica. Problemi di Dirichlet e di Neumann
- 28 marzo** (1 ora) Metodo delle cariche immagine. Caso di un piano conduttore carico con una carica puntiforme. Proprietà disperdente delle punte.  
(1 ora) **Esercitazioni:** Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 31 marzo** (1 ora) Caratteri generali dei dielettrici. Polarizzazione per deformazione. Semplice modello atomico.  
(1 ora) **Esercitazioni:** Carica immagine in sfera con carica puntiforme.
- 1 aprile** (2 ore) Polarizzazione per orientamento. Funzione di Langevin. / Vettore intensità di polarizzazione. Carica di polarizzazione di superficie e di volume e relazioni con intensità di polarizzazione. **Esercitazione:** Energia elettrostatica di una sfera uniformemente carica.
- 3 aprile** (2 ore) **Esercitazioni:** Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 4 aprile** (1 ora) Campo locale. Polarizzazione in un gas, in un mezzo denso (formula di Clausius-Mariotti). Vettore spostamento elettrico. Equazione dei campi in un dielettrico.  
(1 ora) **Esercitazioni:** Problema con carica immagine: segmento carico con direzione normale rispetto a piano conduttore.
- 7 aprile** (2 ore) Condensatori in serie e in parallelo. Problema dell'elettrostatica in un dielettrico perfetto. Sfera carica in un dielettrico perfetto isotropo: Campi e cariche di polarizzazione. / Relazioni di raccordo dei campi E e D alla superficie di separazione tra due dielettrici. Problema elettrostatico in presenza di più dielettrici.
- 10 aprile** (1 ora) Condensatore piano con due dielettrici. Campo D, intensità di polarizzazione, cariche di polarizzazione nei due dielettrici. Rigidità dielettrica. Energia elettrostatica in presenza di dielettrici.  
(1 ora) **Esercitazioni:** Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 11 aprile** (2 ore) Conduttori, gas di elettroni, velocità termica. Cella voltaica. Corrente Elettrica. Potenza trasferita alla corrente. / Modello semplice del moto degli elettroni e velocità di deriva. Densità di corrente elettrica. Formula di Lorentz per campo elettrico locale in dielettrico denso.
- 14 aprile** (2 ore) (prof. F.Piacentini) Richiami su corrente e densità di corrente. Equazione di continuità della corrente. Regime stazionario, prima legge di Kirchhoff. Seconda legge di Kirchhoff. / Legge di Ohm e resistenza elettrica. Seconda legge di Ohm, conducibilità elettrica. Forma locale della legge di Ohm. Effetto Joule, forma locale dell'effetto Joule. Resistori in serie e parallelo.

- 15 aprile** (2 ore) **Esercitazioni:** Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 24 aprile** (2 ore) Forza elettromotrice, campo elettromotore. Circuito equivalente del generatore. / Resistenza di un conduttore ohmico esteso. Esempio del condensatore cilindrico con dielettrico resistivo. CR in un conduttore con dielettrico resistivo. Passaggio di corrente nei gas, legge di Paschen.
- 28 aprile** (2 ore) Passaggio corrente nei gas. Scarica oscura, Townsend, a bagliore, arco. Introduzione al magnetismo. Poli magnetici. / Definizione operativa del campo induzione magnetica. Seconda formula di Laplace. Forza di Lorentz.
- 29 aprile** (2 ore) Forza di Lorentz. Unità misura del campo induzione magnetica. Moto di una particella carica in campo magnetico. / Esempi di applicazione della forza di Lorentz. Sincretone. Bottiglia magnetica. Fasce di Van Allen. Selettore di velocità. Spettrometro di massa.
- 5 maggio** (2 ore) Esempi di forza di Lorentz: Ciclotrone. Prima formula di Laplace, formula fondamentale della magnetostatica nel vuoto. Campo magnetico da un filo rettilineo infinito percorso da corrente. / 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.
- 6 maggio** (2 ore) Teorema della circuitazione di Ampere. / IV equazione di Maxwell. Esercitazioni: Campo di B sull'asse di una spira. calcolo di B in solenoide da circuitazione.
- 8 maggio** (2 ore) Potenziale magnetico scalare, II parte teorema di equivalenza di Ampere. / Potenziale magnetico vettore, trasformazione di gauge, equazione per il potenziale vettore. Calcolo di B da un nastro percorso da corrente, calcolo diretto di B sull'asse di un solenoide.
- 9 maggio** (2 ore) **Esercitazioni:** Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 12 maggio** (2 ore) Forza tra due circuiti percorsi da corrente. Forza tra due fili paralleli percorsi da corrente. Definizione unità misura Ampere. Effetto Hall. Potenziale magnetico vettoriale da una piccola spira.
- 13 maggio** (1 ora) Introduzione magnetismo nella materia. Modello classico dell'atomo di idrogeno. Momento magnetico orbitale e di spin. Rapporto giromagnetico. / (1 ora) Esercitazioni: due problemi con dielettrici.
- 15 maggio** (1 ora) Intensità di magnetizzazione. Correnti amperiane di volume e di superficie., relazioni con intensità di magnetizzazione. / (1 ora) Esercitazioni: campo intorno a un conduttore cilindrico percorso da una corrente uniforme; campo sull'asse di un semicindro infinito percorso da corrente uniforme.
- 16 maggio** (1 ora) Equazioni del campo magnetico nella materia. Campo magnetico H. Teorema della circuitazione per il campo H. Equazioni della magnetostatica, relazione di raccordo per H e B alla superficie di separazione di due mezzi diversi,

legge di rifrazione. / **(1 ora) Esercitazioni:** Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.

- 19 maggio** (2 ore) Suscettività magnetica. Proprietà macroscopiche di sostanze diamagnetiche, paramagnetiche (legge di Curie) e ferromagnetiche ( ciclo di isteresi, legge di Curie-Weiss). / Campo magnetico locale. Domini di Weiss. Precessione di Larmor.
- 20 maggio** (1 ora) Circuiti magnetici. Legge di Hopkinson. Magnetizzazione per orientamento, funzione di Langevin. / **(1 ora) Esercitazioni:** Conduttore cilindrico rivestito da una guaina di materiale magnetico e poi da un mezzo magnetico diverso dal primo: campi  $H$ ,  $B$ ,  $M$ , densità di correnti amperiane di superficie e di volume.
- 22 maggio** (1 ora) **Esercitazioni:** Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini. / (1 ora) Interpretazione proprietà microscopiche diamagnetismo e paramagnetismo.
- 23 maggio** (2 ore) Interpretazione proprietà microscopiche ferromagnetismo. Ciclo di isteresi. Legge di Curie. / Trasformazioni di Lorentz tra sistemi inerziali per densità di carica e di corrente. (vedi appunti).
- 26 maggio** (2 ore) Caso di particella in moto nel campo  $B$  da filo percorso da corrente. Equazioni del moto nei due sistemi di riferimento. Trasformazioni dei campi  $B$  ed  $E$ . (vedi appunti) / Legge di Faraday-Neumann, osservazioni sperimentali. Legge di Lenz. Circuito chiuso da una sbarretta in moto in un campo magnetico. Flusso tagliato.
- 27 maggio** (2 ore) Moto di un circuito in un campo  $B$  costante e f.e.m. indotta, flusso tagliato. Caso di f.e.m. indotta nel caso di moto relativo di due circuiti. / f.e.m. in caso di circuito in moto in campo magnetico  $B$  variabile. III equazione di Maxwell.
- 28 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). / Legge di Felici (VII.4). Energia magnetica e densità di energia magnetica (da esempio in solenoide VII.6). Energia nel ciclo di isteresi.
- 29 maggio** (2 ore) Energia magnetica in un sistema di circuiti accoppiati percorsi da correnti. Energia magnetica e forze su circuiti. / Densità di corrente di spostamento. IV equazione di Maxwell. Equazioni di Maxwell dipendenti dal tempo.
- 30 maggio** (2 ore) **Esercitazioni:** Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 3 giugno** (2 ore) **Esercitazioni:** Vedi argomenti su pagina prof. F.Piacentini.
- 5 giugno** (2 ore) Osservazioni sulle equazioni di Maxwell. Corrente di polarizzazione. / Equazione delle onde e.m., velocità della luce, soluzione delle onde e.m., fronte d'onda, velocità di fase.
- 6 giugno** (2 ore) Onda e.m. piana. Relazioni tra i campi  $E$  e  $B$  e con direzione. Impedenza caratteristica. Energia elettrica e magnetica nell'onda. / Onda con direzione generica. Onda e.m. monocromatica. Onda e.m. sferica.

- 9 giugno** (2 ore) Vettore di Poynting. Esempio scarica del condensatore e del resistore. Vettore di Poynting e onda e.m. Energia e quantità di moto dell'onda e.m.
- 10 giugno** (2 ore) Potenziali elettrodinamici. Trasformazioni di gauge. Gauge di Lorentz e di Coulomb. Potenziali ritardati. / Onde e.m. stazionarie.
- 12 giugno** (2 ore) Irraggiamento da un dipolo elettrico oscillante. / Covarianza relativistica dell'elettromagnetismo. Quadridensità di corrente. Quadripotenziale.
- 13 giugno** (2 ore) 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.