

Argomenti delle lezioni del corso di Elettromagnetismo 2016-17

- 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.
- 9 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).
- 10 marzo** (1 ora) Teorema della divergenza. Operatore Nabla. Prima equazione di Maxwell. Commenti sulla prima equazione di Maxwell.
(1 ora) **Esercitazione:** campo da un filo carico (da teorema di Gauss), campo da un piano uniformemente carico (calcolo diretto e da teorema di Gauss). Limite sulla differenza di carica protone-elettrone da confronto con forza di gravità Terra-Luna.
- 13 marzo** (2 ore) Potenziale elettrico. Operatore gradiente. / Osservazioni sul gradiente. Coordinate sferiche, gradiente in coordinate sferiche. / Potenziale per una distribuzione estesa all'infinito: caso del potenziale dello strato uniformemente carico.
- 14 marzo** (2 ore) Dipolo elettrico. Potenziale del dipolo elettrico. Potenziale e campo in coordinate sferiche e cartesiane. / Azioni meccaniche su un dipolo posto in campo elettrico: forza risultante. Campo elettrico sull'asse di un anello carico.
- 16 marzo** (2 ore) Energia potenziale del dipolo elettrico. Azioni meccaniche su un dipolo posto in campo elettrico: derivazione da variazione di energia potenziale. / Sviluppo in serie di multipoli. Proprietà del momento di dipolo elettrico. Tensore quadrupolo elettrico (facoltativo).
- 17 marzo** (1 ora) **Esercitazione (prof. Monacelli)** vedi sito del docente.
(1 ora) **Esercitazione:** campo e potenziale nel doppio strato carico. Calcolo diretto del potenziale esterno e interno per una superficie sferica carica uniformemente carica.
- 20 marzo** (2 ore) Campo elettrico conservativo. Operatore rotore. Rotore del campo elettrico e commenti. 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. **Esercitazione:** momento di dipolo elettrico di un'asticella composta dalle due parti di carica opposta.
- 21 marzo** (2 ore) Teorema di Coulomb. Interpretazione come composizione campi. / Casi di distribuzioni di cariche su conduttori. Schermo elettrostatico. Conduttore formato da due sfere connesse elettricamente, proprietà delle punte.

- 23 marzo** (1 ora) Capacità di un conduttore. Matrice dei potenziali e di capacità. Capacità di un condensatore elettrostatico. / (1 ora) **Esercitazione:** Coefficienti di potenziale in conduttore sferico cavo con sfera conduttrice concentrica (Esempio M-S E.II.6). Capacità del sistema.
- 24 marzo** (1 ora) Capacità di condensatori piano, sferico, cilindrico. Serie e parallelo di condensatori. Esempio guscio sferico conduttore con sfera metallica all'interno visto come serie di condensatori.
(1 ora) **Esercitazione (prof. Monacelli)** vedi sito del docente.
- 27 marzo** (2 ore) Energia elettrostatica di un sistema di cariche puntiformi. Per un sistema di cariche generale. / Energia elettrostatica del campo elettrico. Energia elettrostatica per una superficie sferica carica, per una sfera uniformemente carica. Raggio classico dell'elettrone. Energia elettrostatica del condensatore.
- 28 marzo** (1 ora) Forza elettrostatica su conduttori. Forza a carica costante e a potenziale costante. / (1 ora) **Esercitazione:** campo elettrico per uno strato con carica superficiale con densità uniforme che delimita uno spessore carico con densità di volume uniforme.
- 30 marzo** (2 ore) Coordinate curvilinee (vedi appunti). Operatori differenziali: gradiente / divergenza, laplaciano. Problema con distribuzione di carica a simmetria sferica.
- 31 marzo** (1 ora) Equazione di Poisson, Problema generale dell'elettrostatica. Problema di Dirichlet e di Neumann. / (1 ora) **Esercitazione:** Cenni al rotore in coordinate curvilinee ortogonali. Soluzione dell'equazione di Laplace per un conduttore sferico carico.
- 3 aprile** (1 ora) Metodo delle cariche immagine. Esempio della carica puntiforme davanti a un piano conduttore (vedi appunti). / (1 ora) **Esercitazione:** Potenziale da un quadrupolo elementare. Forze tra due dipoli elettrici, casi particolari di orientamento e di posizione relativa.
- 4 aprile** (1 ora) Caratteri generali dei dielettrici. Polarizzazione per deformazione. Semplice modello atomico. / (1 ora) **Esercitazione:** Carica immagine in sfera conduttrice e carica puntiforme.
- 6 aprile** (1 ora) Polarizzazione per orientamento. Funzione di Langevin. /
(1 ora) **Esercitazione:** Problema di elettrostatica con conduttori sferici concentrici.
- 7 aprile** (1 ora) Vettore intensità di polarizzazione. Carica di polarizzazione di superficie e di volume e relazioni con intensità di polarizzazione. Soluzione alla Feynman di carica puntiforme e sfera conduttrice. / (1 ora) **Esercitazione:** Problema n. 2 esonero 23-2-2007 (vedi sito).
- 10 aprile** (2 ore) Campo locale. Polarizzazione in un gas, in un mezzo denso (formula di Clausius-Mariotti). Vettore spostamento elettrico. / Equazione dei campi in un dielettrico. Elettrostatica in un dielettrico perfetto Esempio di sfera carica in dielettrico.

- 11 aprile** (1 ora). Problema di elettrostatica in più dielettrici. Relazioni di raccordo dei campi E e D alla superficie di separazione tra dielettrici. Legge di rifrazione delle linee di forza dei campi E e D. Misura dei campi E e D nei dielettrici. / (1 ora) **Esercitazione (prof. Monacelli)** vedi sito del docente.
- 20 aprile** (2 ore) Energia elettrostatica in presenza di dielettrici. Dielettrici tra lastre di un condensatore piano, campi e cariche di polarizzazione. / Rigidità dielettrica. Espressione del campo locale in un dielettrico uniformemente polarizzato.
- 21 aprile** (2 ore) **Esercitazione (prof. Monacelli)** vedi sito del docente.
- 24 aprile** (2 ore) **Esercitazione (prof. Monacelli)** vedi sito del docente.
- 27 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. Calcolo velocità di deriva. Esercizio su forza elettrostatica in presenza dielettrici: risucchio liquido in condensatore cilindrico.
- 28 aprile** (2 ore) **9-11** Equazione di continuità della corrente. Regime stazionario, prima legge di Kirchhoff. Seconda legge di Kirchhoff. Regime quasi stazionario. / 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.
- 28 aprile** (2 ore) **13-15 Esercitazioni.** Forza per allontanare un'armatura in un condensatore piano riempito di dielettrico solido mantenuto a potenziale costante da un generatore. Lavoro esterno, lavoro del generatore, variazione energia elettrostatica / Problema n. 2 del compito 15-4-2011
- 2 Maggio** (2 ore) Dimostrazione in aula di esperienze di Elettrostatica (Aula Amaldi)
- 4 Maggio** (2 ore) Campo elettromotore, forza elettromotrice. Generatori elettrici. Circuito equivalente del generatore. / Capacità e resistenza in un condensatore con dielettrico resistivo. Resistenza di uno strato sferico.
- 5 Maggio** (2 ore) Campo magnetico, alcune osservazioni sperimentali. Forza di Lorentz. / Passaggio della corrente in gas. Vari tipi di scarica in gas rarefatto.
- 8 maggio** (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 magnetico. Momento magnetico del disco carico ruotante. / Esempi di applicazione di forza di Lorentz: Moto di una particella in campo magnetico, equazioni del moto. Sincrotrone. Selettore di velocità. Spettrometro di massa. Ciclotrone.
- 9 maggio** (2 ore) Prima formula di Laplace, formula fondamentale della magnetostatica nel vuoto. Campo magnetico da un filo rettilineo infinito percorso da corrente. Linee di forza del campo B. Solenoidalità del campo B: da linee chiuse di campo, da

divergenza dell'espressione del campo B di un circuito. II equazione di Maxwell stazionaria. / Esempi forza di Lorentz: bottiglia magnetica, fasce di Van Allen. Campo magnetico sull'asse di una spira circolare percorsa da corrente. Campo da un nastro percorso da corrente.

- 11 maggio** (2 ore) Teorema della circuitazione di Ampère, IV equazione di Maxwell stazionaria. / Potenziale magnetico scalare, seconda parte del teorema di equivalenza di Ampère.
- 12 maggio** (2 ore) Potenziale magnetico vettore, trasformazione di gauge, equazione per il potenziale vettore. / Forza tra due circuiti percorsi da corrente. Forza tra due fili paralleli percorsi da corrente. Definizione unità misura Ampere. Calcolo del campo magnetico sull'asse di un solenoide.
- 15 Maggio** (2 ore) Potenziale magnetico vettore e campo magnetico da una piccola spira. Effetto Hall. / Introduzione magnetismo nella materia. Modello classico dell'atomo di idrogeno. Momento magnetico orbitale e di spin. Rapporto giromagnetico.
- 16 Maggio** (2 ore) Momento magnetico atomico. Intensità di magnetizzazione. / Correnti amperiane di volume e di superficie: relazioni con intensità di magnetizzazione. Campo magnetico nel solenoide da teorema circuitazione.
- 18 Maggio** (2 ore) Equazioni del campo magnetico nella materia. Campo magnetico H. Equazioni della magnetostatica. Teorema della circuitazione per il campo H. Relazioni di raccordo per H e B alla superficie di separazione di due mezzi diversi, legge di rifrazione delle linee di forza. / Proprietà macroscopiche di sostanze diamagnetiche, paramagnetiche (legge di Curie).
- 19 Maggio** (2 ore) Proprietà macroscopiche di sostanze ferromagnetiche (ciclo di isteresi, legge di Curie-Weiss). / Campo magnetico locale. Domini di Weiss. Precessione di Larmor. Momento magnetico di Larmor.
- 22 Maggio** (1.5 ora) Magnetizzazione per orientamento, funzione di Langevin. Interpretazione proprietà microscopiche diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo / (0.5 ora) **Esercitazioni:** Conduttore cilindrico rivestito da una guaina di materiale magnetico e poi da un mezzo magnetico diverso dal primo: campi H, B, M.
- 23 Maggio** (2 ore) Circuiti magnetici. Legge di Hopkinson. Fine problema lezione precedente: densità di correnti e correnti amperiane di superficie. / Trasformazioni di Lorentz tra sistemi inerziali per densità di carica e di corrente, 4-densità di corrente. (vedi appunti). Problema su dielettrico in moto uniforme in campo magnetico.
- 25 Maggio** (2 ore) Caso di particella in moto nel campo B da filo percorso da corrente. Equazioni del moto nei due sistemi di riferimento del laboratorio e della particella (vedi appunti). / Trasformazioni dei campi B e E. (vedi appunti). Elettromagnete.
- 26 Maggio** (1 ora) **Esercitazione (prof. Monacelli)** vedi sito del docente.
(1 ora) Legge di Faraday-Neumann, osservazioni sperimentali e commenti. Legge di Lenz.

- 29 Maggio** (2 ore) Esempio di circuito con flusso tagliato. Moto di un circuito in un campo magnetico costante. / Caso di f.e.m. indotta nel caso di moto relativo di due circuiti. Esempio: disco di Faraday: disco conduttore ruotante in campo magnetico costante.
- 30 Maggio** (1.5 ore) f.e.m. in caso di circuito in moto in campo magnetico B variabile. III equazione di Maxwell. / Magnete permanente. Campo magnetico con magnetizzazione. (0.5 ore) **Esercitazione:** Asticella conduttrice soggetta a forza peso che chiude un circuito con resistenza immerso in campo magnetico. Magnete permanente
- 5 giugno** (2 ore) Energia nel ciclo di isteresi. Mutua induzione. Energia magnetica in un sistema di circuiti accoppiati percorsi da correnti. / Energia magnetica e forza da campo magnetico. **Esempio:** forza di risucchio di un cilindro materiale nel solenoide.
- 6 giugno** (1 ora) Corrente di spostamento. IV equazione di Maxwell. Equazioni di Maxwell dipendenti dal tempo. / (1 ora) **Esercitazione:** Problema n. 2 Esonero 13-6-2008 (da completare).
- 8 giugno** (1 ora) Osservazioni sulle equazioni di Maxwell. Corrente di polarizzazione. / (1 ora) **Esercitazione:** Fine problema. Problema su forza per staccare una sbarretta da un elettromagnete.
- 9 giugno** (1 ora) Equazione delle onde e.m., velocità della luce, soluzione delle onde e.m.. / (1 ora) **Esercitazione (prof. Monacelli)** vedi sito del docente.
- 12 giugno** (2 ore) Onde e.m. piane: relazioni tra i campi E e B e con direzione moto. Impedenza caratteristica. / Energia elettrica e magnetica nell'onda. Onda con direzione di propagazione generica. Onda e.m. monocromatica.
- 13 giugno** (1 ora) Vettore di Poynting. Caso dell'onda piana, significato del vettore di Poynting. / (1 ora) **Esercitazione:** Vettore di Poynting e potenza dissipata in un resistore. Problema su correnti amperiane in un mezzo a permeabilità magnetica variabile (problema n. 3 del 3-7-2008).
- 15 giugno** (1 ora) **Esercitazione** Vettore di Poynting in scarica di un condensatore (vedi appunti). / **Lezione (1 ora)** Quantità di moto dell'onda e.m., pressione di radiazione.
- 16 giugno** (2 ore) Esercizio su vettore di Poynting (n. 3 del 21-11-2014). Momento angolare della radiazione e.m.. Correnti di Foucault o parassite. / Onde e.m. sferiche. Onde e.m. stazionarie.
- 19 giugno** (2 ore) Potenziali elettrodinamici. Trasformazioni di gauge. Gauge di Lorentz e di Coulomb. Potenziali ritardati. / Elettrodinamica e trasformazioni tra sistemi di riferimenti.
- 20 giugno** (2 ore) Quadrivettori, componenti contravarianti e covarianti. Covarianza relativistica dell'elettromagnetismo. / Quadridensità di corrente. Quadripotenziale. Equazioni del 4-potenziale. Equazione di continuità. Tensore elettromagnetico. Trasformazione dei campi E e B come componenti del tensore elettromagnetico.

22 giugno (2 ore) Seconda dimostrazione in Aula Amaldi: Induzione elettromagnetica etc.

23 giugno (2 ore) Irraggiamento da dipolo elettrico oscillante / Equazioni di Maxwell in forma covariante. Equazione dei potenziali. Trasformazione di gauge. Fase dell'onda. Cenno a 4-forza su una particella carica.