

## Argomenti delle lezioni del corso di Elettromagnetismo 2017-18

- 28 febbraio (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.
- 1 marzo (2 ore)** Induzione elettrostatica. Elettroscopio. Legge di conservazione della carica elettrica. Forza di Coulomb. Unità di misura. / Campo elettrico, linee di forza del campo elettrico, rappresentazione di Faraday.
- 2 marzo (1 ora) Esercitazione:** Campo elettrico di un sistema di cariche puntiformi. Principio di sovrapposizione. Campo elettrico da distribuzione continua di cariche. Esempio: calcolo del campo elettrico da due cariche uguali di segno opposto. **(1 ora)** Flusso di un vettore. Teorema di Gauss. Primi commenti sul teorema.
- 7 marzo (1 ora)** Commenti sul teorema di Gauss. Rappresentazione di Faraday del campo elettrico. Teorema della divergenza. Operatore Nabla. Prima equazione di Maxwell. Commenti sulla prima equazione di Maxwell. / **(1 ora) Esercitazione:** campo da un filo carico (calcolo diretto e da teorema di Gauss), campo da un piano uniformemente carico (calcolo diretto e da teorema di Gauss).
- 8 marzo (2 ore)** Potenziale elettrico. Operatore gradiente. / Osservazioni sul gradiente. Coordinate sferiche, gradiente in coordinate sferiche.
- 9 marzo (2 ore)** Dipolo elettrico. Potenziale del dipolo elettrico. Potenziale e campo in coordinate sferiche e cartesiane. / Potenziale per una distribuzione estesa all'infinito: caso del potenziale dello strato uniformemente carico.
- 12 marzo (1 ora)** Azioni meccaniche su un dipolo posto in campo elettrico: forza risultante, energia potenziale del dipolo elettrico. Derivazione da principio lavori virtuali di forza e momento delle forze agenti sul dipolo in un campo esterno. / **(1 ora) Esercitazione:** Campo e potenziale per distribuzioni di carica a simmetria sferica, caso della sfera uniforme e di superficie sferica. (Esempi 1.7, 1.8 sul Mencuccini-Silvestrini o appunti su pagine del corso)
- 14 marzo (1 ora)** Sviluppo in serie di multipoli. Proprietà del momento di dipolo elettrico. Tensore quadrupolo elettrico (facoltativo). / **(1 ora) Esercitazione:** campo e potenziale nel doppio strato carico.
- 15 marzo (1 ora)** Campo elettrico conservativo. Operatore rotore. Rotore del campo elettrico e commenti. Conduttori, campo elettrico all'interno di un conduttore. / **(1 ora) Esercitazione:** Campo elettrico all'interno di una cavità sferica in una sfera uniformemente carica. Potenziale da una superficie sferica carica: calcolo diretto.
- 16 marzo (2 ore)** Componenti del campo alla superficie di separazione tra due mezzi. Potenziali interno ed esterno in prossimità della superficie di un conduttore. Teorema di Coulomb. Interpretazione come composizione campi. (Vedi Mencuccini-Silvestrini paragrafo II.5) / Casi di distribuzioni di cariche su conduttori. Conduttore cavo. Schermo elettrostatico.

- 19 marzo** (2 ore) Capacità di un conduttore. Matrice dei potenziali e di capacità. / Condensatore elettrostatico. Capacità di condensatori piano, sferico, cilindrico. **Esercitazione:** confronto cariche elettrone-protone.
- 21 marzo** (2 ore) **Esercitazione:** Due sfere cariche connesse da filo conduttore (Mencuccini-Silvestrini E II.4 e seguente testo). Proprietà delle punte. Momento di dipolo elettrico per diverse configurazioni di carica opposta: asticella, anello, sfera. Coefficienti di potenziale per conduttori sferici concentrici (Mencuccini-Silvestrini E II.6).
- 22 marzo** (2 ore) Energia elettrostatica di un sistema di cariche puntiformi e per un sistema di cariche generale. / Energia elettrostatica del campo elettrico. Serie e parallelo di condensatori. **Esercitazione:** Energia elettrostatica per una superficie sferica carica. Energia elettrostatica del condensatore calcolata in vari modi.
- 23 marzo** (2 ore) **Esercitazioni:** Sfera carica conduttrice circondata da strato sferico conduttore: campo e potenziale in tutto lo spazio; campo e potenziale come sovrapposizione di superfici sferiche cariche; equivalenza con serie di due condensatori. / Momento e forza su un dipolo elettrico posto nel campo coulombiano di una carica puntiforme.
- 26 marzo** (1 ora) Forza elettrostatica su conduttori. Forza a carica costante e a potenziale costante vedi cap. VII.7.1 oppure appunti sul sito. / (1 ora) **Esercitazione:** Operatori differenziali: gradiente, divergenza, rotore (vedi appunti in preparazione, oppure tabelle cap. I.13. Per la derivazione cap. I.13, appunti sul sito oppure Appendice in libro Lacava). Energia elettrostatica propria di una sfera uniformemente carica, raggio classico dell'elettrone (appunti in preparazione).
- 28 marzo** (2 ore) Equazione di Poisson, Problema generale dell'elettrostatica. Problema di Dirichlet e di Neumann. Soluzione dell'equazione di Laplace per un conduttore sferico carico. / Metodo delle cariche immagine. Esempio della carica puntiforme davanti a un piano conduttore (vedi appunti).
- 4 aprile** (2 ore) **Esercitazione:** Carica immagine in problema sfera conduttrice e carica puntiforme (esterna). / Forza tra due dipoli elettrici.
- 5 aprile** (1 ora) Caratteri generali dei dielettrici. Polarizzazione per deformazione. Semplice modello atomico. / (1 ora) **Esercitazione:** Problema di elettrostatica con distribuzione sferica.
- 6 aprile** (2 ore) Polarizzazione per orientamento. Funzione di Langevin (calcolo completo come in Mencuccini-Silvestrini VI.6.3. Vettore intensità di polarizzazione. Carica di polarizzazione di superficie e di volume e relazioni con intensità di polarizzazione. **Esercitazione:** Inizio problema n. 2 del 23-2-2007.
- 9 aprile** (1 ora) Campo locale. Polarizzazione in un gas, in un mezzo denso (formula di Clausius-Mariotti). Vettore spostamento elettrico. Dimostrazione formula Lorenz per dielettrici densi polari (vedi Amaldi, Bizzarri, Pizzella – Elettromagnetismo Cap. 4.22). / (1 ora) **Esercitazione:** Problema n. 2 del 23-2-2007.

- 11 aprile** (2 ore) Equazioni dell'elettrostatica in presenza di dielettrici. Teorema di Gauss per D. Caso di un solo dielettrico. Esempio di conduttore sferico carico immerso in dielettrico. / Caso di più dielettrici. Condizioni di raccordo dei campi sulle superfici di separazione. Legge di rifrazione delle linee di forza di E e D. definizione operativa dei vettori E e D.
- 12 aprile** (2 ore) Energia elettrostatica in presenza di dielettrici. Condensatore piano con due dielettrici, campi D ed E, cariche di polarizzazione. Rigidità dielettrica. / Inizio problema inserimento spessore metallico in condensatore piano carico.
- 13 aprile** (2 ore) **Esercitazioni:** Problema: inserimento di uno spessore metallico all'interno di un condensatore piano: variazione energia elettrostatica, lavoro elettrostatico, forza nei due casi di carica e potenziale costanti. / Problema (29-4-2017) Condensatore con due dielettrici, uno a suscettività variabile linearmente: campi D e E, d.d.p., cariche di polarizzazione. Forza per allontanare un'armatura dal dielettrico. Elettrometro assoluto di Thomson.
- 16 aprile** (2 ore) **Esercitazioni (prof. Lamagna):** risucchio di dielettrico in condensatore piano (secondo lo svolgimento proposto dal Nigro-Voci, es. 3.5, più commenti sugli effetti di bordo e considerazioni energetiche generali) e l'esercizio 3.8 (condensatori cilindrici con armatura interna scorrevole).
- 18 aprile** (2 ore) Introduzione correnti elettriche. Modello classico di gas di elettroni. Velocità di deriva. Vettore densità di corrente. Conservazione della carica, equazione di continuità della corrente elettrica. Potenza trasferita dal campo elettrico ai conduttori in un tratto di circuito.
- 19 aprile** (2 ore) Corrente in regime stazionario, prima e 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. **Esercitazione:** Esercizio di elettrostatica con dielettrici (problema n. 1 del Compito 15-7-2011).
- 20 aprile** (2 ore) Generatore di Van der Graaf. Campo elettromotore, forza elettromotrice. Generatori elettrici. Circuito equivalente del generatore. / Capacità e resistenza in un condensatore con dielettrico resistivo. Resistenza di uno strato sferico.
- 23 aprile** (2 ore) Dimostrazione esperienze elettrostatica in Aula Amaldi
- 26 aprile** (2 ore) Campo magnetico, alcune osservazioni sperimentali. Forza di Lorentz. / Esempi di forza di Lorentz. Moto di una particella in campo magnetico, equazioni del moto. Bottiglia magnetica.
- 27 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 magnetico. / Esempi di applicazione di forza di Lorentz: Sincrotrone. Selettore di velocità. Spettrometro di massa. Ciclotrone.

- 2 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. / Campo da un nastro percorso da corrente. Soluzioni problemi del compito di esonero.
- 3 maggio** (2 ore) Teorema della circuitazione di Ampère, IV equazione di Maxwell stazionaria (per questi argomenti si vedano appunti sul sito). / Campo induzione magnetica sull'asse di una spira circolare percorsa da corrente. Calcolo diretto del campo induzione magnetica in un solenoide.
- 4 maggio** (2 ore) Potenziale magnetico scalare, seconda parte del teorema di equivalenza di Ampère (dimostrazione facoltativa M-S V.5.1). Dimostrazione prima parte del teorema di equivalenza di Ampère (dimostrazione facoltativa, M-S V.2). Campo magnetico nel solenoide da teorema circuitazione.
- 7 maggio** (2 ore) Potenziale magnetico vettore, trasformazione di gauge, equazione per il potenziale vettore. / Potenziale magnetico e campo da una piccola spira percorsa da corrente. Effetto Hall
- 9 Maggio** (2 ore) Proprietà potenziale magnetico vettore. Forza tra due circuiti percorsi da corrente. Forza tra due fili paralleli percorsi da corrente. Definizione unità misura Ampere. / Soluzione esercizi compito di esonero.
- 10 Maggio** (2 ore) Introduzione magnetismo nella materia. Modello classico dell'atomo di idrogeno. Momento magnetico orbitale e di spin. Rapporto giromagnetico. / Soluzione esercizio n. 2 del 25/3/2004.
- 11 Maggio** (2 ore) Intensità di magnetizzazione. Correnti amperiane di volume e di superficie: relazioni con intensità di magnetizzazione. / Passaggio della corrente in gas. Vari tipi di scarica in gas rarefatto.
- 14 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). Esercizio su campo magnetico: correnti amperiane su un cilindro magnetizzato.
- 16 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. Magnetizzazione per orientamento, funzione di Langevin.
- 17 Maggio** (1 ora) Interpretazione proprietà microscopiche diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo / (1 ora) **Esercitazione:** 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 e correnti amperiane di superficie.

- 18 Maggio** (2 ore) Circuiti magnetici. Legge di Hopkinson. / Elettromagnete. Magnete permanente.
- 21 Maggio** (2 ore) Trasformazioni di Lorentz tra sistemi inerziali per densità di carica e di corrente, 4-densità di corrente. 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 o libro).
- 23 Maggio** (2 ore) Legge di Faraday-Neumann, osservazioni sperimentali e commenti. Legge di Lenz. / Esempio di circuito con flusso tagliato. Moto di un circuito in un campo magnetico costante.
- 24 Maggio** (2 ore) **Esercitazione (prof. M.Berganza):** esercizi su campo magnetico nel vuoto e su correnti amperiane
- 25 Maggio** 8-10 (2 ore) Interpretazione campo indotto in termini trasformazione di campi tra sistemi di riferimento / Moto di un circuito in campo B dipendente dal tempo. Terza equazione di Maxwell.
- 25 Maggio** 12-14 (2 ore) Esercizio n. 1 del 22-3-2003, e poi n.2 stesso scritto sostituendo una sferetta carica ruotante. Campo magnetico al centro di una sfera carica ruotante. Momento magnetico della sferetta carica ruotante.
- 28 Maggio** (2 ore) Autoinduzione, coefficiente di autoinduzione. Induttanza del solenoide. Circuito RL(VII.4). / Legge di Felici (VII.4). Esercizio: circuito in campo B chiuso da asticella mobile che cade: legge del moto, velocità e corrente in funzione del tempo.
- 30 Maggio** (2 ore) 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). / Mutua induzione. Energia nel ciclo di isteresi. Esercizio da completare su correnti amperiane (compito n. 3 del 3-7-2008).
- 31 Maggio** (2 ore) ) Energia magnetica in un sistema di circuiti accoppiati percorsi da correnti. / Forze da campi magnetici. Fine esercizio (compito n. 3 del 3-7-2008).
- 1 giugno** (1 ora) Corrente di spostamento. IV equazione di Maxwell. Equazioni di Maxwell dipendenti dal tempo. / (1 ora) **Esercitazione:** Forza su un cilindro di materia in un solenoide. Problema n. 2 Esonero 20-7-2016 (da completare).
- 4 giugno** (1 ora) **Esercitazione:** Fine problema n. 2 Esonero 20-7-2016. / Induttanza di un cavo coassiale, energia nel cavo coassiale percorso da corrente, forza sulla superficie del cavo / Problema su f.e.m. indotta su asticella conduttrice, parte di un circuito, e ruotante in campo magnetico.
- 6 giugno** (1 ora) **Esercitazione:** per studenti interessati / per chiarimenti / per osservazioni
- 6 giugno** (2 ore) Osservazioni sulle equazioni di Maxwell. Corrente di polarizzazione. / Equazione delle onde e.m., velocità della luce, soluzione delle onde e.m..

- 7 giugno**      **Dimostrazione esperienze elettromagnetismo**
- 8 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. Onde e.m. sferiche. Onda con direzione di propagazione generica. Onda e.m. monocromatica.
- 11 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. Esempio della scarica del condensatore.
- 12 giugno**     **(2 ore)** Quantità di moto e pressione dell'onda e.m.. Potenziali elettrodinamici. Trasformazioni di gauge. Gauge di Lorenz e di Coulomb. Potenziali ritardati. / Quantità di moto ed energia dell'onda e.m. Pressione della radiazione.
- 13 giugno**     **(2 ore)** Irraggiamento da dipolo elettrico oscillante / Elettrodinamica e relatività. Quadri-vettori, componenti contravarianti e covarianti.
- 14 giugno**     **(2 ore)** Covarianza relativistica dell'elettrodinamica. Quadridensità di corrente. Quadripotenziale. Equazioni del 4-potenziale. Equazione di continuità. Tensore elettromagnetico. / Esercizio n. 3 del compito 18-9-2014.
- 15 giugno**     **(2 ore)** Trasformazione dei campi E e B come componenti del tensore elettromagnetico. Equazioni di Maxwell in forma covariante. Equazione dei potenziali. Trasformazione di gauge. Fase dell'onda. Cenni a 4-forza su una particella carica. Esercizio n. 3 del compito 21/11/2014.