

Argomenti delle lezioni del corso di Elettromagnetismo 2018-19

- 25 febbraio (2 ore)** Introduzione al corso, modalità del corso, libri di testo, esercitazioni. Introduzione all'Elettromagnetismo. / Il fenomeno dell'elettricità. Elettrizzazione per strofinio. Cariche positive e negative. Forze tra le cariche. Carica elementare, nucleo, atomo. Isolanti e conduttori.
- 27 febbraio (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. Campo elettrico di un sistema di cariche puntiformi. Principio di sovrapposizione. Campo elettrico da distribuzione continua di cariche.
- 28 febbraio (1 ora) Esercitazione:** Esempio: calcolo del campo elettrico da due cariche uguali di segno opposto. Campo da un filo carico. / **(1 ora)** Flusso di un vettore. Teorema di Gauss. Commenti sul teorema.
- 1 marzo (1 ora)** Angolo solido. 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 da teorema di Gauss, campo da un piano uniformemente carico (calcolo diretto e da teorema di Gauss). Campo elettrico da anello carico.
- 4 marzo (2 ore)** Potenziale elettrico. Operatore gradiente. / Osservazioni sul gradiente. Coordinate sferiche, gradiente in coordinate sferiche. Componenti del campo in coordinate sferiche.
- 6 marzo (2 ore) Esercitazione:** Potenziale per una distribuzione estesa all'infinito: caso del potenziale dello strato uniformemente carico. Campo da un filo carico e da piano carico da teorema di Gauss. Campo elettrico da anello carico. Campo e potenziale in doppio strato.
- 7 marzo (1 ora)** Dipolo elettrico. Potenziale del dipolo elettrico. Potenziale e campo in coordinate sferiche. / **(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).
- 8 marzo (1 ora)** Campo e potenziale del dipolo in coordinate cartesiane. 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.
- 11 marzo (2 ora)** Sviluppo in serie di multipoli. Proprietà del momento di dipolo elettrico. Tensore quadrupolo elettrico (facoltativo). / **Esercitazione:** potenziale e campo da un anello carico.
- 13 marzo (2 ore)** Campo elettrico conservativo. Operatore rotore. Rotore del campo elettrico e commenti. / Coordinate curvilinee, operatori differenziali in coordinate curvilinee: gradiente, divergenza.

- 14 marzo** (1 ora) Coordinate curvilinee, operatori differenziali in coordinate curvilinee: rotore, laplaciano. / (1 ora) **Esercitazione:** Esercizi di elettrostatica: calcolo di momenti di dipolo. Inizio problema n. 1 del 8/2/2019.
- 15 marzo** (2 ore) **Esercitazione:** Problemi di elettrostatica. (prof. Leaci). n.1 Esonero 23/4/2010 e il n.1 Esonero 5/5/2017
- 18 marzo** (2 ore) (1 ora) 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. Interpretazione come composizione campi. (Vedi Mencuccini-Silvestrini paragrafo II.5) /
- 20 marzo** (2 ore) Casi di distribuzioni di cariche su conduttori. Conduttore cavo. Schermo elettrostatico. Due sfere cariche connesse da filo conduttore (Mencuccini-Silvestrini E II.4 e seguente testo). Proprietà delle punte. / Capacità di un conduttore. Capacità di un conduttore sferico.
- 21 marzo** (2 ore) Caso di più conduttori. Matrice dei potenziali e di capacità. Condensatore elettrostatico. Capacità di condensatori piano, sferico, cilindrico. / Energia elettrostatica di un sistema di cariche puntiformi e per un sistema di cariche generale. Energia elettrostatica del campo elettrico.
- 22 marzo** (2 ore) **Esercitazione:** Serie e parallelo di condensatori. Energia elettrostatica del condensatore calcolata in vari modi. Capacità ed energia elettrostatica per una sfera conduttrice carica dentro un conduttore sferico cavo, schematizzazione con serie di condensatori. / Energia elettrostatica come somma di energia nello spazio e flusso nel caso conduttore sferico carico. Forza tra due dipoli elettrici: il primo nell'origine e l'altro in vari punti e con orientamento concorde e discorde al primo.
- 25 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:** Coefficienti di potenziale per conduttori sferici concentrici (Mencuccini-Silvestrini E II.6).
- 27 marzo** (2 ore) Equazione di Poisson, Problema generale dell'elettrostatica. Problemi di Dirichlet e di Neumann. (vedi appunti) / Metodo delle cariche immagine. Esempio della carica puntiforme davanti a un piano conduttore (vedi appunti).
- 28 marzo** (2 ore) **Esercitazione:** Carica immagine in problema sfera conduttrice e carica puntiforme (esterna). / Energia elettrostatica per una sfera uniformemente carica. Raggio classico dell'elettrone (vedi appunti). Problema n. 1 del 2-9-2009 da continuare.
- 29 marzo** (1 ora) Caratteri generali dei dielettrici. / (1 ora) **Esercitazione:** / Fine problema n. 1 del 2-9-2009. Calcolo completo con campi e potenziale. Schematizzazione con condensatori, energia elettrostatica. Strato conduttore tra armature di condensatore piano, forza di risucchio.
- 1 aprile** (1 ora) Polarizzazione per deformazione. Semplice modello atomico. Polarizzazione per orientamento. Funzione di Langevin (calcolo completo come in Mencuccini-Silvestrini VI.6.3) / (1 ora) **Esercitazione:** problema di elettrostatica su dipoli.

- 3 aprile** (1 ora) Vettore intensità di polarizzazione. Carica di polarizzazione di superficie e di volume e relazioni con intensità di polarizzazione. Campo locale. Polarizzazione in un gas, in un mezzo denso (formula di Clausius-Mariotti). / Vettore spostamento elettrico. / (1 ora) **Esercitazione:** Dimostrazione formula Lorenz per dielettrici densi polari (vedi appunti in rete o Amaldi, Bizzarri, Pizzella – Elettromagnetismo Cap. 4.22).
- 4 aprile** (2 ore) Equazioni dell'elettrostatica in presenza di dielettrici. Teorema di Gauss per D. Problema dell'elettrostatica nel caso di un solo dielettrico e per più dielettrici. Condizioni di raccordo dei campi sulle superfici di separazione. Legge di rifrazione delle linee di forza di E e D.
- 5 aprile** (0.5 ore) Definizione operativa dei vettori E e D. Energia elettrostatica e forza in presenza di dielettrici. / (1.5 ore) **Esercitazione:** Sfera conduttiva carica in mezzo dielettrico, campi, cariche di polarizzazione. Condensatore piano con due dielettrici, campi D ed E, cariche di polarizzazione.
- 8 aprile** (2 ore) **Esercitazioni:** Rigidità dielettrica, caso di due dielettrici dentro un condensatore piano. Risucchio di un dielettrico in un condensatore piano. Problema (29-4-2017 su 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.
- 10 aprile** (2 ore) **Esercitazioni:** Problemi di elettrostatica con dielettrici. Potenziale e campo a grande distanza da due fili paralleli di carica opposta, momento e forza su un dipolo elettrico. Risucchio in un condensatore cilindrico verticale parzialmente immerso in un liquido. Soluzione dell'equazione di Laplace per un conduttore sferico carico.
- 10 aprile** (2 ore) **Aula Careri, ore 14-16.** Problemi proposti dagli studenti: problema su un sistema di condensatori cilindrici; carica puntiforme al centro di uno stato dielettrico.
- 11 aprile** (2 ore) Introduzione correnti elettriche. Modello classico di gas di elettroni. Potenza trasferita dal campo elettrico. Velocità di deriva. Vettore densità di corrente. Conservazione della carica, equazione di continuità della corrente elettrica.
- 12 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.
- 15 aprile** (2 ore) Campo elettromotore, forza elettromotrice. Generatori elettrici. Circuito equivalente del generatore. / Generatore di Van der Graaf. Capacità e resistenza in un condensatore con dielettrico resistivo. Resistenza di uno strato sferico.
- 17 aprile** (2 ore) Dimostrazione esperienze elettrostatica in Aula Amaldi
- 29 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.

- 2 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. / Esempi di applicazione di forza di Lorentz: bottiglia magnetica. Sincrotrone. Selettore di velocità. Spettrometro di massa. Ciclotrone.
- 3 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. Momento magnetico di un disco carico ruotante. Dimostrazione prima parte del teorema di equivalenza di Ampère (dimostrazione facoltativa, M-S V.2).
- 6 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. Campo da un nastro percorso da corrente. Passaggio della corrente in gas. Vari tipi di scarica in gas rarefatto.
- 7 maggio** (2 ore) Potenziale magnetico scalare, seconda parte del teorema di equivalenza di Ampère (dimostrazione facoltativa M-S V.5.1).
- 8 maggio** (2 ore) Potenziale magnetico vettore, trasformazione di gauge, equazione per il potenziale vettore. / Proprietà potenziale magnetico vettore. Potenziale magnetico e campo da una piccola spira percorsa da corrente.
- 9 Maggio** (2 ore) Forza tra due circuiti percorsi da corrente. Forza tra due fili paralleli percorsi da corrente. Definizione unità misura corrente. / Calcolo diretto del campo induzione magnetica in un solenoide. Campo magnetico nel solenoide da teorema circuitazione.
- 10 Maggio** (2 ore) Effetto Hall. / Passaggio della corrente nei gas, legge di Paschen, diversi di scarica in tubi con gas rarefatto. Momento magnetico di una sfera carica ruotante.
- 13 Maggio** (2 ore) Introduzione magnetismo nella materia. Modello classico dell'atomo idrogeno. Momento magnetico orbitale e di spin. Rapporto giromagnetico. / Esercizi di magnetostatica.
- 14 Maggio** (2 ore) Intensità di magnetizzazione. Correnti amperiane di volume e di superficie: relazioni con intensità di magnetizzazione. / Equazioni del campo magnetico nella materia. Campo magnetico H. Equazioni della magnetostatica. Teorema della circuitazione per il campo H.
- 15 Maggio** (2 ore) 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 dia e paramagnetiche / Proprietà macroscopiche di sostanze ferromagnetiche (ciclo di isteresi, legge di Curie-Weiss).
- 16 Maggio** (2 ore) Campo magnetico locale. Domini di Weiss. Precessione di Larmor. Momento magnetico di Larmor. Magnetizzazione per orientamento, funzione di Langevin. / Esercizio su magnetismo.

- 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.
- 20 Maggio** (2 ore) Circuiti magnetici. Legge di Hopkinson. / Elettromagnete. Conclusione esercizio del 17/5.
- 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). Magnete permanente.
- 22 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.
- 23 Maggio** (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. Magnete permanente. Calcolo di riluttanza magnetica per un circuito.
- 24 Maggio** (2 ore) **Esercitazioni** - Esercizi su correnti amperiane (n. 3 del 3/7/2008), su forza elettromotrice indotta: asticella metallica che scivola su due binari conduttivi connessi da resistenza in un campo magnetico verticale uniforme..
- 28 Maggio** (2 ore) Autoinduzione, coefficiente di autoinduzione. Induttanza del solenoide. Circuito RL(VII.4). / Legge di Felici (VII.4). Analisi energetica del circuito RL (VII.6 + E.VII.12, E.VII.13).
- 29 Maggio** (2 ore) Energia magnetica e densità di energia magnetica (da esempio in solenoide VII.6). / Mutua induzione. Energia nel ciclo di isteresi. Esercizi su induzione elettromagnetica.
- 30 Maggio** (2 ore) Energia magnetica in un sistema di circuiti accoppiati percorsi da correnti. / Forze da campi magnetici. Esercizi su spira rettangolare in moto in campo di filo rettilineo percorso da corrente (n. 3 del 6/7/2006).
- 31 Maggio** (2 ore) Corrente di spostamento. IV equazione di Maxwell. Equazioni di Maxwell dipendenti dal tempo. / Esercizi: fine problema del giorno prima. Inizio problema n. 2 del 16/6/2016.
- 3 giugno** (2 ore) Osservazioni sulle equazioni di Maxwell. Corrente di polarizzazione. / Fine problema n. 2 del 16/6/2016. Calcolo induttanza di un cavo coassiale da calcolo di flusso e da calcolo energia magnetica.
- 4 giugno** (2 ore) Equazione delle onde e.m., velocità della luce, soluzione delle onde e.m.. Onde e.m. piane: relazioni tra i campi E e B e con direzione moto.
- 5 giugno** (2 ore) Dimostrazione esperienze Elettromagnetismo.

- 6 giugno** (2 ore) Continuazione onde e.m. piane. Impedenza caratteristica. Energia elettrica e magnetica nell'onda. Onde e.m. sferiche. Onda con direzione di propagazione generica. Onda e.m. monocromatica. Problemi di elettromagnetismo: Problema su circuito magnetico Problema n. 2 Esonero 20-7-2016, quesito 2.
- 7 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. (Argomento fuori programma: passaggio della corrente in un circuito e flusso di energia).
- 10 giugno** (2 ore) Potenziali elettrodinamici. Trasformazioni di gauge. Gauge di Lorenz e di Coulomb. Potenziali ritardati. / Problema su circuito magnetico: problema n. 2 Esonero 20-7-2016, quesito 3. Forza tra spire in una molla percorsa da corrente.
- 11 giugno** (2 ore) Esercitazioni: Vettore di Poynting: esercizio n. 3 del compito 21/12/2014. Forza su un cilindro di materia in un solenoide: risucchio o espulsione. Problema n. 2 del 10/12/1982
- 11 giugno** (2 ore) Irraggiamento da dipolo elettrico oscillante. / Energia e quantità di moto trasferita dall'onda e.m.. Pressione di radiazione.

Prossime lezioni

- 12 giugno** (2 ore) Elettrodinamica e relatività. Quadrivettori, componenti contravarianti e covarianti. Covarianza relativistica dell'elettrodinamica. Quadridensità di corrente. Quadripotenziale. Equazioni del 4-potenziale. Equazione di continuità. Tensore elettromagnetico.
- 13 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. Cenno a 4-forza su una particella carica.
- 14 giugno** (2 ore) Completamento argomenti?