

Sommario del corso di Fisica Generale 2

F. Della Valle

Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente
indirizzare osservazioni e commenti a federico.dellavalle@unisi.it

dicembre 2019

Bibliografia

Focardi, Massa, Uguzzoni; Elettromagnetismo; Ambrosiana, 2003. Il programma svolto non comprende le seguenti sezioni del testo: §4.11 - Conduzione nei liquidi, §4.12 - Conduzione nei gas, §4.13 Effetti termoelettrici, §4.16 - Superconduttività, §5.15 - Risonanza magnetica nucleare, §6.19 Potenziali elettromagnetici e potenziali ritardati, Cap. 7 - Onde elettromagnetiche

Testi alternativi:

Mazzoldi, Nigro, Voci; Fisica vol.2; EdiSES, 2000. Il programma svolto corrisponde grosso modo agli undici capitoli della sezione di Elettromagnetismo. Questo testo è peraltro più dettagliato del testo precedente. Alcuni argomenti non trattati nel corso: §5.11 - La costante dielettrica dei liquidi. Equazione di Clausius-Mossotti, §6.13 - Conduzione elettrolitica, §8.8 - Le trasformazioni dei campi elettrici e magnetici, §9.12 - Cenno alla teoria del ferromagnetismo. Maggiori dettagli su richiesta.

Altri testi trattano gli argomenti svolti con il livello di profondità richiesto. Programma dettagliato su richiesta.

Carica elettrica e forza di Coulomb

- Fenomeni di elettrizzazione per strofinio, contatto, induzione: esistenza di due tipi di cariche. Elettroscopio a foglie d'oro. Serie triboelettrica, affinità elettronica. Cenni di Struttura della Materia, isolanti e conduttori; polarizzazione elettrica.

Carica elettrica, corrente elettrica; unità di misura. Quantizzazione della carica elettrica. Conservazione della carica elettrica. Distribuzioni continue di carica.

- Forma funzionale della forza di Coulomb; scelta della costante di proporzionalità. Dipendenza dall'inverso del quadrato della distanza. Costante dielettrica (permittività) assoluta e relativa (statica). Principio di sovrapposizione.

Campo elettrostatico

- Campo elettrico; concetto di carica esploratrice. Distribuzioni di carica. Campo elettrico come concetto fondamentale.

Esempi di calcolo di campi elettrostatici nel vuoto: sugli assi di simmetria di un sistema di due cariche; in presenza di un segmento di carica; sull'asse di un anello di carica e di un disco di carica; doppio strato di carica.

- Moto di cariche puntiformi in un campo elettrostatico: tubo a raggi catodici, dipolo in campo elettrico. Esperimento di Millikan.

La legge di Gauss

- Definizione di flusso di un campo vettoriale. Linee di forza del campo; flusso del campo elettrostatico; legge di Gauss in forma integrale.

Applicazioni della Legge di Gauss: distribuzioni di carica lineare, piana, sferica; campo interno ad un conduttore; teorema di Coulomb.

- Legge di Gauss in forma differenziale (prima equazione di Maxwell nel vuoto).

Potenziale elettrico

- Definizione; unità di misura. Potenziale e differenza di potenziale; arbitrarietà del punto di riferimento e del valore del potenziale in quel punto. Conservatività del campo elettrostatico, formulazioni integrali e formulazione differenziale; superfici equipotenziali.

Esempi di calcolo del potenziale elettrico: carica puntiforme, dipolo elettrico, quadrupolo elettrico, potenziale sull'asse di un anello di carica, di un disco di carica, di una distribuzione di carica a simmetria sferica. Distribuzioni di carica infinite: caso del filo infinito e del piano di carica. Doppio strato di carica. Sviluppo in serie di multipoli.

- Calcolo del campo elettrico a partire dal potenziale. Esempio: campo di un dipolo.
- Moto di particelle cariche in campi elettrostatici. Macchine acceleratrici. Dipolo elettrico in campo esterno. Equilibrio nel campo elettrostatico.
- Equazioni di Poisson e di Laplace; funzioni armoniche, proprietà. Problemi di Dirichlet e Neumann; unicità della soluzione.
- Campo interno ad un conduttore; teorema di Coulomb; pressione elettrostatica. Sistema di conduttori equipotenziali; potere delle punte. Cariche in una cavità di un conduttore. Schermo elettrostatico.
- Metodo della carica immagine; esempi: superficie piana e superficie sferica.
- Sistema di conduttori. Coefficienti di capacità. Condensatore. Esempi: capacità di condensatori piani, sferici, cilindrici.

Energia elettrostatica

- Energia potenziale elettrostatica; energia di un sistema di cariche; densità di energia. Esempi: energia di una distribuzione sferica uniforme di carica.

Energia del condensatore. Calcolo della forza tra le armature di un condensatore piano a partire dall'espressione dell'energia elettrostatica: caso della carica costante e della d.d.p. costante.

Elettrostatica nei dielettrici

- Costante dielettrica relativa. Meccanismi di polarizzazione: polarizzazione elettronica o per deformazione e polarizzazione per orientamento.

Polarizzabilità atomica. Densità di polarizzazione; densità superficiale delle cariche di polarizzazione; suscettività dielettrica. Densità di volume delle cariche di polarizzazione.

Vettore spostamento elettrico. Equazioni di Maxwell nei mezzi materiali. Condizioni al contorno per il campo elettrico e per lo spostamento. Rifrazione delle linee di campo.

- Energia elettrostatica nei mezzi materiali.
- Campo elettrico in una cavità di un dielettrico. Definizione operativa di campo elettrico e spostamento nei dielettrici.

Corrente elettrica

- Intensità di corrente e densità di corrente; velocità di deriva dei portatori di carica. Esempi. Conservazione della carica elettrica; espressione integrale e differenziale. Casi stazionario e non stazionario; vettori solenoidali.

Resistenza elettrica. Conduzione nei metalli e prima legge di Ohm. Seconda legge di Ohm; resistività e conducibilità. Dipendenza dalla temperatura della resistività. Calcolo della resistenza di resistori cilindrici e sferici; tempo di rilassamento dei materiali. Modello di Drude della conduzione nei metalli.

- Generatori di forza elettromotrice; resistenza interna. Prima e seconda legge di Kirchhoff. Circuiti con resistori. Energetica dei circuiti. Teoremi di Thèvenin e di Norton. Principio di sovrapposizione. Misure di corrente, tensione, f.e.m. e resistenza; ponte di Wheatstone.
- Circuiti con resistenze e capacità; transienti di tensione e di corrente. Trasporto dell'energia elettrica.

Campi magnetici stazionari

- Cenni di storia del magnetismo. Il magnetismo terrestre e la bussola; linee di forza del campo magnetico. Legge di Coulomb del magnetismo. Dipolo magnetico; assenza del monopolo magnetico; prima equazione di Maxwell per il campo magnetico. Esperienze di Oersted: forze tra un magnete e un filo percorso da corrente. Esperienza di Ampère: forze tra fili percorsi da corrente. Legge di Biot e Savart.

Forza di Lorentz. Unità di misura del campo di induzione magnetica. Traiettoria di una particella carica in un campo magnetico; ciclotroni e sincrotroni. Forza magnetica su un conduttore percorso da corrente; misura del campo magnetico; seconda legge elementare di Laplace. Forza su una spira percorsa da corrente immersa in un campo magnetico; momento magnetico; energia meccanica dei circuiti. Principio di funzionamento dell'amperometro. Effetto Hall. Trasformazione relativistica del campo elettromagnetico (esempio di).

- Prima legge elementare di Laplace; verifica della solenoidalità di B. Teorema della circuitazione di Ampère in forma integrale e in forma differenziale. Forze tra circuiti e terzo principio della Dinamica. Unità di misura della corrente. Esempi di calcolo del campo di induzione magnetico stazionario: filo percorso da corrente, nastro percorso da corrente, piano di corrente, spira di corrente, solenoide, solenoide toroidale. Teorema di equivalenza di Ampère.
- Potenziale vettore; gauge di Coulomb. Esempi: solenoide; filo percorso da corrente; spira percorsa da corrente. Significato fisico del potenziale vettore.
- Energia magnetica. Forza su una spira percorsa da corrente in moto in un campo magnetico. Lavoro meccanico sulla spira e lavoro elettrico sui portatori di carica. Interazione di due circuiti; energia totale del sistema. Espressione dell'energia di un circuito attraverso il flusso concatenato.
- Magnetismo nella materia. Forze su corpuscoli in presenza di un gradiente di campo magnetico; diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo; densità di magnetizzazione. Correnti ampriane e precessione di Larmor. Permeabilità magnetica relativa e suscettività magnetica. Campo magnetico H. Equazioni della magnetostatica in presenza di materiali magnetici; condizioni al contorno tra mezzi magnetizzati. Ferromagnetismo e ciclo di isteresi. Circuiti magnetici e legge di Hopkinson.

Campo elettromagnetico lentamente variabile

- Legge di Faraday dell'induzione; forza elettromotrice indotta e legge di Lenz. Analisi dei casi di moto relativo del circuito e delle sorgenti di campo magnetico; variazione di flusso. Esempi: estrazione di una

spira da un campo magnetico; spira rotante, generatori di forza elettromotrice e motori elettrici; disco di Barlow; trasformatore; betatrone. Correnti parassite.

Autoinduzione; definizione ed esempi: solenoidi cilindrico e toroidale; linea bifilare; cavo coassiale. (Auto)induttanza e circuito RL in regime impulsato. Mutua induttanza; simmetria dei coefficienti di mutua induzione. Energia magnetica in circuiti accoppiati; espressione dell'energia in funzione dei campi. Circuito LC.

- Circuiti in regime sinusoidale. Fasori e metodo simbolico. Circuiti RLC serie e parallelo. Risonanza; fattore di qualità o di merito. Sistemi analoghi: massa-molla; cavità acustiche; oscillazioni elettromagnetiche in cavità conduttrici. Potenza in alternata; legge di Galileo Ferraris.
- Riepilogo delle equazioni dell'elettromagnetismo. Corrente di spostamento. Giustificazione matematica dell'esistenza delle onde elettromagnetiche.

Possibili argomenti per una breve presentazione all'esame orale (solo studenti 2019-20)

- Conduzione nei liquidi e nei gas
Effetti termoelettrici
- Superconduttività
- Risonanza magnetica nucleare
- Si possono proporre argomenti diversi concertandosi con il docente.