

CHIMICA, Anno accademico 2019/2020

Prof.ssa ELEONORA GUARINI e Prof. RENATO TORRE

FISICA IIA

Forza elettrica e cenni alle prime scoperte sui fenomeni elettrici: carica per strofinamento ed elettroscopio. Concetto di **carica elettrica e processi di induzione**. Sistema di unità di misura.

Legge di Coulomb, principio di sovrapposizione e definizione di **campo elettrostatico** (e.s.).

Esempi di calcolo del campo: cariche puntiformi e cariche distribuite. Linee di forza. Esperienza di Millikan.

Lavoro e potenziale elettrico, forza elettromotrice, energia potenziale. Calcolo del potenziale e campi e.s. conservativi. Potenziale ed energia potenziale per cariche puntiformi e distribuite.

Conservazione dell'energia in elettrostatica. Definizione di superficie equipotenziale.

Esempi di calcolo del lavoro e dell'energia e.s.. Moto di una carica in un campo elettrico uniforme.

Operatori vettoriali: gradiente, divergenza e rotore; teoremi del gradiente, della divergenza e di Stokes. **Proprietà locali del vettore campo e.s.**

Esempio del calcolo del potenziale di legame dell'atomo di idrogeno e calcolo del potenziale e campo e.s. di una distribuzione circolare di carica, di un disco carico, di una distribuzione piana di carica e di una doppia distribuzione piana di carica.

Dipolo elettrico, calcolo del potenziale. Operatore nabla in coordinate polari e calcolo del campo e.s. di dipolo. Introduzione allo sviluppo del potenziale in multipoli.

Forze esercitate su un dipolo elettrico. Campo uniforme: momento delle forze e energia potenziale. Campo non-uniforme: esempio di calcolo della risultante delle forze per un semplice campo e.s..

Esempio di calcolo dei campi elettrici di due dipoli allineati, energia e.s. del sistema e forza fra i due dipoli. Energia e.s. di due dipoli posti antiparallelamente e confronto con l'energia termica all'ambiente. Filo rettilineo uniformemente carico e forza su un dipolo posto ortogonalmente al filo. Dipolo elettrico oscillante in un campo e.s.

Angolo solido e **flusso vettoriale**. *Es. di calcolo di flusso attraverso una calotta sferica.* Flusso del campo e.s. di carica puntiforme. **Teorema di Gauss**. Notazione integrale e locale del teorema, definizione delle **equazioni di Maxwell per il campo e.s.** Operatore Laplaciano, equazioni di Poisson e Laplace.

Calcolo del campo generato da una distribuzione sferica di carica, da un cilindro carico, da un guscio cilindrico carico e da una distribuzione sferica di carica con densità dipendente da r , tramite il teorema di Gauss.

Conduttori: distribuzione di cariche superficiali, campo e.s. interno e alla superficie, **teorema di Coulomb**. Conduttori cavi, processi di induzione completa e schermo e.s. perfetto.

Forze fra sfere conduttrici, calcolo del potenziale.

Condensatori: calcolo della capacità di un condensatore sferico e piano. Circuiti a costanti concentrate, condensatori in parallelo e in serie.

Forza di attrazione fra le armature nel caso del condensatore isolato.

Energia di campo e.s.: calcolo per un condensatore piano e formula generale.

Esempio: calcolo dell'energia di campo per un condensatore sferico. Vari altri esempi di calcolo dell'energia e.s.

Dielettrici: definizione di materiale dielettrico tramite un condensatore piano; costante dielettrica relativa ed assoluta; cariche di superficie reali e di polarizzazione. Capacità dei condensatori e l'energia di campo in presenza di dielettrici.

Forza di risucchio di un materiale all'interno di un condensatore piano.

Vettore polarizzazione: polarizzazione elettronica e per orientamento, cariche di polarizzazione e equazione di polarizzazione lineare.

Cariche di polarizzazione e vettore di polarizzazione per un dielettrico. **Vettore induzione dielettrica.**

Condensatore con dielettrico diviso in due regioni con superficie di separazione parallela o ortogonale alle armature: campi elettrici, vettore induzione dielettrica, polarizzazione e cariche di polarizzazione. Idem per una sfera conduttrice in un dielettrico infinitamente esteso e per gusci sferici concentrici riempiti di dielettrico. Altri esempi.

Equazioni di Maxwell per l'elettrostatica **in presenza di dielettrici;** formulazione integrale e locale delle equazioni. Calcolo della polarizzazione elettronica e per orientamento in un gas di atomi/molecole.

Esempio di conduttore sferico carico in un dielettrico infinito.

Magnetismo: magneti, poli magnetici e proprietà del campo generato. Esperimenti per definire la natura delle interazioni magnetiche. Definizione di **campo magnetico** e **forza di Lorentz**.

Esercizi di Riferimento: 2.4, 2.13, 2.17, 2.23, 2.26, 2.27, 3.7, 3.18,3.19, 3.20, 4.41

FISICA II B

Magnetismo e Eletticità, forze magnetiche su cariche in movimento: su cariche libere e sui conduttori.

Forza di Lorentz: Moto di una carica in campo B uniforme e sua dipendenza dalla direzione. Accenni al moto di una carica in campo magnetico non-uniforme; effetti di confinamento magnetico. Principio di funzionamento dello spettrometro di massa.

Forza magnetica su un conduttore con corrente stazionaria: 2° legge di Laplace. Sua espressione in caso di campo B uniforme, filo rettilineo e circuiti piani.

Esempio: calcolo delle forze su una spira semicircolare piana.

Momenti meccanici su circuiti: espressione generale. Calcolo per una spira piana in campo B uniforme. Definizione di **Momento Magnetico** e **principio di equivalenza di Ampere**, dipolo

magnetico. Momento meccanico, potenziale e lavoro per un dipolo magnetico immerso in campo B. Accenni alle forze magnetiche sul dipolo magnetico con campo B non uniforme.

Esempio: calcolo della dinamica di un dipolo magnetico in campo B.

Effetti del campo B nei conduttori: **Effetto Hall**. Definizione del campo di Hall. moto dei portatori di carica e campo elettromotore.

Altri esempi sullo spettrometro di massa. Circuito percorso da corrente con un lato mobile immerso in campo B uniforme: velocità del lato in funzione del tempo. Corrente in una spira di momento magnetico nota immersa in un campo non ortogonale al piano della spira. Momento meccanico e angolo fra campo e momento magnetico.

Definizione delle **sorgenti di campo B** in condizione stazionarie. Prima **legge di Laplace**: sua espressione e significato vettoriale, introduzione della permeabilità magnetica. **Legge di Ampere-Laplace** per un circuito generico. Campo B generato da cariche in moto. Applicazione della legge di Ampere-Laplace per il calcolo di B generato da un filo rettilineo, derivazione della **legge di Biot-Savart**. Calcolo del campo B generato da una spira piana circolare, espressione sull'asse e nello spazio. Connessione con la definizione di dipolo magnetico. Solenoide rettilineo: calcolo del campo B interno secondo varie approssimazioni.

Forze tra circuiti: forze attrattive e repulsive tra fili rettilinei percorsi da corrente; definizione di intensità di corrente in Ampere.

Dimostrazione della **legge di Ampere per la circuitazione del campo B**, forma integrale e locale. Significato fisico delle costante dielettrica e permeabilità magnetica del vuoto, velocità della luce. **Legge di Gauss per il campo B**, flusso e divergenza del campo magnetico. Equazioni di Maxwell per l'elettromagnetismo statico-stazionario nel vuoto.

Materiali Magnetici; effetti di forza sui materiali e classificazione delle tipologie di materiale: diamagnetici, paramagnetici e ferromagnetici. Definizione della **permeabilità magnetica** relativa ed assoluta, della suscettività magnetica. Introduzione al vettore **magnetizzazione M**, al **vettore H** e loro relazione con il vettore B.

Forze su una spira circolare percorsa da corrente e posta in prossimità di un magnete. Spira di massa m vincolata a ruotare intorno ad un suo lato e immersa in campo uniforme B: corrente necessaria per avere una certa rotazione e raggiungere posizione di equilibrio, lavoro delle forze magnetiche durante la rotazione. Campo B nel centro del triangolo equilatero formato da 3 fili percorsi dalla stessa corrente, forza per unità di lunghezza su uno dei fili. Applicazioni della legge della circuitazione di Ampere.

Modelli microscopici di magnetizzazione: momenti magnetici orbitali e di spin e loro uso per il diamagnetismo e il paramagnetismo; modello dei domini di Weiss per il ferromagnetismo. Dipendenza dal campo H e dalla temperatura di M nei vari materiali, leggi di Curie; ciclo di isteresi nei ferromagneti. **Correnti Amperiane e correnti di magnetizzazione**: legge di Ampere nei materiali magnetici. Eq. di Maxwell per campi statici nei mezzi materiali e condizioni al contorno per i campi.

Esempi: calcolo del campo magnetico in un solenoide toroidale. Spira quadrata immersa nel campo generato da un filo indefinito percorso da corrente: forza agente sulla spira, lavoro compiuto per ottenere un certo spostamento della spira. Calcolo del campo generato da una sottile lastra metallica percorsa da corrente e momento meccanico agente su un piccolo magnete posto ad una

certa distanza dalla lastra. Energia necessaria a far ruotare i dipoli atomici di un gas paramagnetico immerso in campo B uniforme e confronto con l'energia cinetica a temperatura ambiente. Solenoide percorso da corrente con sottile nucleo cilindrico di materiale ferromagnetico: campi nelle varie regioni dello spazio, magnetizzazione del nucleo. Filo percorso da corrente con guaina metallica cilindrica esterna: calcolo di H, B e M nelle varie regioni dello spazio.

Campi variabili nel Tempo: esperimenti sulle correnti indotte dal campo B in conduttori. **Legge di Faraday** e di Lenz; espressione integrale e locale della legge.

Anello toroidale di materiale ferromagnetico con un avvolgimento percorso da corrente: corrente necessaria per ottenere una certa magnetizzazione del materiale. Caso con 3 avvolgimenti di cui due percorsi da correnti alternate e l'altro aperto: massima ddp ai capi del terzo avvolgimento. Principio di funzionamento del motore elettrico. Spira quadrata ruotante attorno all'asse mediano immersa in campo di spira circolare di raggio molto maggiore del lato della spira quadrata: applicazione della legge di Felici

Correnti indotte e forza di Lorentz: calcolo delle f.e.m indotta su un circuito di forma variabile in campo B fisso e di forma fissa e campo B variabile nel tempo. Moto di un conduttore in presenza di attrito elettromagnetico. Carica totale per le correnti indotte: Leggi di Felici.

Fenomeno dell'autoinduzione: definizione della costante di induttanza L e della f.e.m indotta per effetti induttivi. Equazione per un **circuito RL serie**, calcolo della corrente per il regime stazionario e transiente, apertura e chiusura del circuito.

Spira quadrata ruotante attorno all'asse mediano immersa in campo di spira circolare di raggio molto maggiore del lato della spira quadrata: calcolo della frequenza angolare dalla conoscenza della potenza media dissipata. Momento delle forze esterne necessarie a mantenere la rotazione. Sbarretta conduttrice di massa m su guide metalliche inclinate collegate ad un generatore e immersa in campo B uniforme: valore della f.e.m per mantenere la sbarretta in equilibrio, velocità di regime se il generatore viene cortocircuitato e potenza dissipata. Ruota di Barlow.

Energia di campo magnetico: caso dei circuiti RL e definizione di densità di energia, anche in presenza di materiali magnetici.

Equazione di Ampere-Maxwell: inapplicabilità della legge di Ampere al caso di correnti variabili, esempio del circuito RC. Derivazione del termine di corrente di spostamento dalla legge di conservazione della carica, riformulazione del rotore di campo B e della sua circuitazione.

Equazioni di Maxwell complete, in forma integrale e locale.

Esercizi di riferimento: 6.8, 6.19, 6.24, 6.22, 6.27, 7.4, 7.16, 7.14, 7.13, 7.21, 7.22, 7.27, 7.28, 7.30, 7.26, 8.7.

Testo di riferimento:

Elementi di Fisica. Elettromagnetismo e Onde,

P.Mazzoldi, M.Nigro, C.Voci

II edizione, Edises

Per approfondimenti:

Fisica. Elettromagnetismo, Onde.

P.Mazzoldi, M.Nigro, C.Voci

II edizione, Edises

Fisica II. Elettromagnetismo. Ottica

C.Mencuccini e V.Silvestrini

II edizione, CEA