Liceo Scientifico Statale "A. Vallisneri"

Scientifico - Scienze Applicate - Sc. Applicate con curvatura Biomedica - Linguistico

Programma svolto di Fisica
Classe 5B, A.S. 2025–2026

Prof. Alessio Del Vigna

1 Potenziale elettrico

(a) Ripasso: forza di Coulomb fra due cariche puntiformi, definizione di campo elettrico, teorema di Gauss.

(b) La forza elettrostatica è conservativa (con dimostrazione), espressione dell'energia potenziale elettrostatica per un sistema di due cariche puntiformi.

(c) Definizione di lavoro di un campo vettoriale lungo una curva. Casi particolari in cui, senza integrali, è possibile calcolarlo:

- campo uniforme e percorso rettilineo del punto di applicazione;
- campo perpendicolare alla curva in ogni punto;
- campo di modulo costante che forma un angolo costante con il versore tangente alla curva.

(d) Il campo elettrico statico è conservativo (con dimostrazione). Definizione di potenziale elettrostatico e sua buona definizione a meno di una costante additiva.

(e) Potenziale elettrostatico generato da una carica puntiforme. Calcolo del potenziale elettrostatico generato da distribuzioni simmetriche di carica: piano uniformemente carico, guscio sferico uniformemente carico, sfera uniformemente carica.

(f) Moto di cariche puntiformi in un campo elettrico e sua relazione con il potenziale elettrostatico.

2 Conduttori all'equilibrio elettrostatico

(a) Definizione di equilibrio elettrostatico per un conduttore.

(b) Proprietà di un conduttore all'equilibrio (con dimostrazione):

- il campo elettrico in ogni punto del conduttore è nullo;
- la carica elettrica si dispone solo sulla superficie esterna del conduttore;
- ogni punto del conduttore ha lo stesso potenziale elettrostatico;
- le linee di campo elettrico escono dal conduttore dove $\sigma > 0$ e entrano dove $\sigma < 0$.

(c) Teorema di Coulomb per il campo elettrico in prossimità della superficie di un conduttore all'equilibrio (senza dimostrazione).

(d) Il fenomeno dell'induzione elettrostatica.

(e) Capacità di un conduttore. Condensatore a facce piane parallele: descrizione del sistema, campo elettrico generato, differenza di poteziale fra le armature, calcolo della capacità (anche in presenza di un dielettrico posto tra le armature), energia elettrostatica immagazzinata.

(f) Cenno alla densità di energia del campo elettrico.

3 Circuiti elettrici, reti di condensatori e di resistori

(a) Circuiti elettrici: elementi circuitali, parti di un circuito (nodi, rami e maglie), collegamento di due elementi in serie e in parallelo.

(b) Capacità equivalente di condensatori collegati in serie e in parallelo (con dimostrazione). Riduzione di una rete di condensatori a reti equivalenti e risoluzione completa di una rete.

(c) Definizione di corrente elettrica media e di corrente elettrica istantanea $i(t)$ come derivata della carica cumulativa $q(t)$ che attraversa una data sezione di un conduttore. Esempi notevoli: corrente continua, corrente che segue una crescita/decrescita esponenziale, corrente alternata.

(d) Resistenza di un conduttore. Conduttori ohmici e prima legge di Ohm. Seconda legge di Ohm (cenni). Effetto Joule: potenza dissipata in un conduttore percorso da corrente.

(e) Resistenza equivalente di resistori collegati in serie e in parallelo (con dimostrazione). Riduzione di una rete di resistori alimentata in tensione continua a reti equivalenti e risoluzione completa di una rete.

(f) Circuito RC in serie, alimentato da tensione continua: definizione, scrittura dell'equazione differenziale del circuito, condizioni iniziali di condensatore carico/scarico e rispettive soluzioni (senza dimostrazione).

4 Magnetismo

(a) Introduzione al magnetismo: materiali magnetici e osservazioni sperimentali; gli esperimenti di Oersted e di Ampère.

(b) Definizione di campo magnetico. Definizione di forza di Lorenzt e sue proprietà (con dimostrazione): casi in cui la forza di Lorentz è nulla; la forza di Lorentz ha lavoro nullo; il modulo della velocità di una particella che risente della sola forza di Lorentz è costante.

(c) Traiettoria di una particella carica in un campo magnetico uniforme: caso di velocità parallela/perpendicolare al campo magnetico; caso generale e moto elicoidale, con calcolo del raggio e del passo dell'elica.

(d) Modello di Drude per i conduttori, sia in assenza sia in presenza di campo elettrico nel conduttore. Velocità di deriva dei portatori di carica. Espressione della corrente elettrica in funzione delle grandezze microscopiche.

(e) Forza magnetica su un filo percorso da corrente immerso in un campo magnetico.

(f) Legge di Biot-Savart per il campo magnetico generato da un tratto infinitesimo di filo percorso da corrente (senza dimostrazione). Permeabilità magnetica del vuoto. Campo magnetico generato da un filo rettilineo percorso da corrente. Campo magnetico generato nel suo centro da una spira circolare percorsa da corrente. Forza fra due fili rettilinei paralleli percorsi da correnti.

(g) Equazione per il flusso del campo magnetico statico attraverso una superficie chiusa (senza dimostrazione) e sua correlazione con la non esistenza dei monopoli magnetici.

(h) Teorema di Ampère per il lavoro del campo magnetico statico lungo una curva chiusa (senza dimostrazione). Applicazioni del teorema di Ampère per la determinazione del campo magnetico prodotto da una distribuzione simmetrica di corrente: calcolo del campo magnetico prodotto da un filo rettilineo percorso da corrente e calcolo del campo magnetico generato da un solenoide sul suo asse.

(i) Esercizio della spira quadrata appesa ad un chiodo e immersa in un campo magnetico uniforme: calcolo dell'angolo di equilibrio e della reazione vincolare.

5 Induzione elettromagnetica

(a) Introduzione all'induzione elettromagnetica mediante gli esperimenti di Faraday.

(b) Circuito a binario con sbarretta conduttrice mantenuta a velocità costante: spiegazione del fatto che circola corrente mediante la forza di Lorentz; calcolo della corrente e determinazione del suo verso di scorrimento; analisi energetica.

(c) Orientazione di una superficie con bordo e orientazione indotta sul bordo. Circuito a binario: calcolo della derivata del flusso del campo magnetico attraverso il circuito e suo legame con la corrente indotta.

(d) Legge di Faraday-Neumann-Lenz e sua validità generale. Applicazione al caso di una spira immersa in un campo magnetico ad essa perpendicolare e il cui modulo decresce linearmente nel tempo. Applicazione al problema di un circuito quadrato in rotazione uniforme attorno ad uno dei suoi assi di simmetria: calcolo della forza elettromotrice indotta e della corrente indotta. Corrente alternata.

(e) Descrizione del fenomeno dell'autoinduzione e definizione di induttanza. Forza elettromotrice autoindotta e suo verso. Calcolo dell'induttanza di un solenoide.

(f) Circuito RL in serie, alimentato da tensione continua: definizione, scrittura dell'equazione differenziale del circuito, condizioni iniziali di corrente nulla con batteria in serie e corrente non nulla senza batteria. Soluzione dei rispettivi problemi di Cauchy.

(g) Problema del circuito a binario con sbarretta lanciata a velocità iniziale v_0 e libera di muoversi su un piano orizzontale: calcolo della corrente indotta e della forza magnetica sulla sbarretta; scrittura e risoluzione dell'equazione del moto.

(h) Terza equazione di Maxwell nel caso non statico, per tenere conto della legge di Farady-Neumann-Lenz. Esempio in cui il teorema di Ampère non è valido e modifica della relativa equazione per includerlo, con l'introduzione della corrente di spostamento. Quarta equazione di Maxwell nel caso non statico. Riepilogo delle quattro equazioni di Maxwell e commenti.

6 Onde elettromagnetiche (cenni)

(a) Trattazione matematica del problema, con le seguenti ipotesi di lavoro: campo elettrico diretto su $\hat{y}$ e dipendente da x e t; campo magnetico diretto su $\hat{z}$ e dipendente da x e t. In particolare:
- utilizzo delle equazioni di Maxwell per scrivere le equazioni che descrivono il campo elettromagnetico nel vuoto;
- disaccoppiamento delle equazioni per ottenere l'equazione delle onde per il campo elettrico E_y e il campo magnetico B_z;
- dimostrazione che le funzioni $E_y(x,t) = E_0 \cos(k_e x - \omega_e t)$ e $B_z(x,t) = B_0 \cos(k_b x - \omega_b t)$ soddisfano le equazioni;
- dimostrazione del fatto che $k_e = k_b$ e $\omega_e = \omega_b$;
- calcolo della velocità di propogazione nel vuoto, pari a $\frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}$;
- dimostrazione della relazione $E = cB$ fra i due campi.

(b) Definizione di onda elettromagnetica piana e differenza con le onde di natura meccanica. Identificazione della luce come onda elettromagnetica piana.

(c) Proprietà delle onde elettromagnetiche piane: direzione di propagazione e fronti d'onda; velocità di propagazione nel vuoto, lunghezza d'onda, frequenza e legame fra queste grandezze.

(d) Lo spettro elettromagnetico.

7 Relatività ristretta

(a) Cambio di sistemi di riferimento tra due sistemi di riferimento in moto relativo traslatorio. Se SdR è inerziale, SdR' lo è se e solo se il suo moto è traslatorio uniforme (con dimostrazione). Invarianza delle leggi della meccanica tra riferimenti inerziali.

(b) Scrittura delle trasformazioni di Galileo nel caso di un sistema di riferimento SdR' in moto traslatorio rettilineo uniforme sull'asse x rispetto a un sistema di riferimento SdR.

(c) Non invarianza delle equazioni di Maxwell per le trasformazioni di Galileo. Possibile via d'uscita: etere come mezzo in cui la luce si propaga a velocità c, con equazioni di Maxwell valide nel sistema di riferimento dell'etere. Esperimento di Michelson e Morley per misurare la velocità della Terra rispetto all'etere: descrizione dell'apparato sperimentale (interferometro); calcolo della differenza di tempi e previsioni teoriche; risultato dell'esperimento.

(d) Gli assiomi della teoria della relatività ristretta formulati da Einstein (1905). Trasformazioni di Lorentz come conseguenza degli assiomi (con dimostrazione). Inverse delle trasformazioni di Lorentz. Dimostrazione che, nel limite $v \ll c$, le trasformazioni di Lorentz si approssimano a quelle di Galileo.

(e) Studio del fattore relativistico γ come funzione di β. Impossibilità per un corpo (sistema di riferimento) di potersi muovere a velocità maggiore o uguale a c.

(f) Eventi come quadrivettori (ct, x, y, z), ossia come vettori quadridimensionali che, cambiando sistema di riferimento, si trasformano con le trasformazioni di Lorentz.

(g) Dilatazione degli intervalli di tempo. Tempo proprio come intervallo di tempo misurato da un orologio in quiete rispetto agli eventi (cioè per il quale gli eventi accadono nella stessa posizione). Relazione tra tempo proprio e tempo misurato in un sistema di riferimento in cui gli eventi non accadono nella stessa posizione.

(h) Lunghezza propria e contrazione delle lunghezze.

(i) L'esperimento dei muoni come conferma della teoria della relatività ristretta.

(j) Invariante relativistico e suo utilizzo per dimostrare che, in certi casi, non esiste un sistema di riferimento che possa misurare il tempo proprio fra due eventi.

(k) Diagramma di Minkowski per rappresentare gli eventi. Futuro e passato di un evento. Intervalli di tipo spazio, tempo e luce. Eventi causalmente connessi. Visualizzazione delle trasformazioni di Lorentz.

(l) Composizione relativistica delle velocità, sia per la componente parallela al boost relativistico sia per quelle ortogonali (con dimostrazione). Dimostrazione che, nel limite $v \ll c$, le equazioni ottenute si approssimano a quelle di Galileo.