MATEMATICA (LB04)

(Lecce - Università degli Studi)

Insegnamento FISICA GENERALE II (MODULO A)

GenCod A005430

Docente titolare Pantaleo Davide COZZOLI

Insegnamento FISICA GENERALE II (MODULO A)

Insegnamento in inglese PHYSICS II (PART A)

Settore disciplinare FIS/01

Corso di studi di riferimento MATEMATICA

Tipo corso di studi Laurea

Crediti 6.0

Ripartizione oraria Ore Attività frontale: 42.0

Per immatricolati nel 2019/2020

Erogato nel 2021/2022

Anno di corso 3

Lingua

Percorso PERCORSO COMUNE

Sede Lecce

Periodo Primo Semestre

Tipo esame

Valutazione

Orario dell'insegnamento https://easyroom.unisalento.it/Orario

BREVE DESCRIZIONE DEL CORSO

Il corso propone un'ampia e rigorosa panoramica dei fenomeni elettrici e magnetici stazionari nel vuoto, inquadrati nell'elettromagnetismo classico come "teoria di campo", ed offre un approccio metodologico alla risoluzione dei relativi problemi. Allo scopo il programma è integrato da esercizi che permettono di comprendere le diversificate applicazioni delle nozioni teoriche proposte. Il corso esordisce con l'introduzione del concetto di "campo" in fisica, richiamando gli strumenti matematici necessari alla rappresentazione e caratterizzazione delle proprietà di campi scalari e e vettoriali, con enfasi sui campi conservativi e solenoidali. Vengono introdotte le nozioni di campo elettrico, potenziale elettrico e densità di energia del campo, per mezzo dei quali vengono analizzate le proprietà di distribuzioni di cariche statiche (distribuzioni di vario tipo allocate nel vuoto, su sistemi di conduttori (e condensatori) in equilibrio. Vengono trattati i fenomeni relativi al passaggio di corrente elettrica in conduttori ohmici e si forniscono gli strumenti per l'analisi di circuiti capacitivi in regime stazionario e quasi-stazionario. Si fornisce il concetto di campo magnetico e si descrivono le leggi che governano i fenomeni magnetostatici. Si riassumono le leggi fondamentali individuate mediante le relative equazioni di Maxwell.

PREREQUISITI

Si richiede il possesso di nozioni di Analisi Matematica e Geometria I, II e III, ed il superamento dell'esame di Fisica Generale 1.

OBIETTIVI FORMATIVI

Dopo il corso lo studente dovrebbe dimostrare di:

Conoscenze e comprensione: aver assimilato i concetti fondamentali dell'elettromagnetismo classico proposti ed il relativo approccio metodologico, avendo compreso le equazioni di Maxwell e le modalità della loro applicazione alla descrizione e all'interpretazione di processi e fenomeni elettrici e magnetici stazionari nel vuoto.

Capacità di applicare conoscenze e comprensione: essere in grado di risolvere problemi classici di elettrostatica, elettrodinamica (in regime stazionario) e magnetostatica nel vuoto, previa identificazione dei fenomeni fisici che intervengono nel problema. In particolare, lo studente dovrebbe:

- saper determinare i campi elettrici e magnetici generati da differenti distribuzioni di cariche statiche ed in moto (correnti continue).
- saper analizzare gli effetti ed i fenomeni energetici connessi con l'esistenza di campi elettrici e magnetici.
- saper risolvere circuiti in corrente continua a base di resistori e condensatori, sia in regime stazionario che transiente nell'ipotesi di quasi-stazionarietà

Autonomia di giudizio: essere in grado di analizzare autonomamente un fenomeno fisico di natura elettromagnetica con rigore scientifico e di stabilire quali leggi fondamentali lo governano;

Abilità comunicative: saper esprimere e discutere, con proprietà di linguaggio e con l'uso degli strumenti matematici opportuni, le principali nozioni teoriche alla base dell'elettromagnetismo classico.

Capacità di apprendimento: aver maturato un approccio metodologico rigoroso ed idoneo allo studio di diversificate nozioni e problematiche connesse con l'elettromagnetismo, propedeutico all'apprendimento autonomo di argomenti più avanzati, che non possono essere abbracciati dal programma del corso.

METODI DIDATTICI

Le lezioni e le necessarie esercitazioni verranno condotte mediante proiezione di diapositive animate, un estratto delle quali potrà essere reso eventualmente disponibile agli studenti durante il corso. Il docente guiderà gli studenti nella selezione del materiale per lo studio, reperibile nei testi consigliati, fornendo precise indicazioni in merito ai contenuti teorici e agli esercizi di consolidamento utili per la preparazioni all'esame.

MODALITA' D'ESAME

L'esame è finalizzato ad una verifica della conoscenza delle nozioni teoriche proposte e della capacità di applicarle alla risoluzione di tipici problemi di elettromagnetismo classico.
L'esame può prevedere due prove, oppure una prova unica, a discrezione dello studente, secondo le modalità di seguito indicate:
(1) una **prova scritta**, della durata massima di 2.5-3 h, che consiste nello svolgimento di 3-4 semplici problemi (uno dei quesiti potrebbe riguardare l'esposizione/discussione di un argomento teorico).
Per sostenere la prova scritta, occorre prenotarsi presso l'apposito portale on-line; durante la prova scritta sono consentiti soltanto l'uso di una calcolatrice scientifica e la consultazione di tavole di derivate/integrali notevoli. Non è permessa la consultazione di testi o di appunti relativi agli argomenti del corso.
La validità della prova scritta, se superata positivamente, si estende ai due appelli immediatamente successivi a quello in cui si è sostenuta la suddetta prova (includendo, nel computo, gli appelli delle sessioni straordinarie di Marzo-Aprile 2021 ed ottobre-Novembre 2021): l'eventuale verbalizzazione dell'esame superato avverrà, di conseguenza, in occasione del primo appello utile allo scopo.
Lo **svolgimento** della **prova scritta** è **facoltativo**; pertanto, l'eventuale esito negativo della prova **non pregiudica** l'ammissione alla prova orale.
(2) una **prova orale obbligatoria.** Per coloro che non avranno superato positivamente la prova scritta, o che avranno deciso di non sostenere la prova scritta, la prova orale si svolgerà in forma 'compensativa' della prova scritta, ovvero, potrà prevedere lo svolgimento preliminare di semplici esercizi assegnati sul momento dal docente;successivamente, la prova riguarderà la verifica dei contenuti teorici trattati durante il corso. Durante l'esame, non è permessa la consultazione di testi o di appunti relativi agli argomenti del corso.

Non sono previste prove d'esame intermedie (''esoneri'')

PROGRAMMA ESTESO

L'ELETTROMAGNETISMO CLASSICO COME TEORIA DI CAMPO - Elementi di teoria dei campi

Richiami di: algebra vettoriale; elementi di analisi con funzioni scalari e vettoriali (derivate; integrali).

Campi scalari: definizione, rappresentazione mediante curve di livello; operatori differenziali del primo ordine: derivata direzionale, gradiente; integrali di lineai, di superficie e di volume di un campo scalare.

Campi vettoriali e loro rappresentazione mediante linee di flusso; tubi di flusso; punti singolari e discontinuità di campo. Tipologie di dominio di definizione di un campo. Operatori differenziali del primo ordine: rotore e divergenza. Linee orientate e loro parametrizzazione; integrali di linea (circolazione, circuitazione) e relativo significato fisico. Superfici orientabili; convenzioni per l'orientamento di una superficie; integrale di superficie (flusso) e relativo significato fisico. Flusso concatenato.

Campi conservativi: definizione e proprietà. Funzione potenziale (scalare). Espressione in forma integrale della conservatività di un campo: invarianza della circolazione, circuitazione. Vettore gradiente (del potenziale) e sue proprietà. Superfici equipotenziali. Linee di forza di un campo conservativo. Teorema del rotore (o di Stokes). Campi irrotazionali. Espressione in forma differenziale (locale) della conservatività di campo: circolazione elementare, circuitazione specifica ed irrotazionalità. Condizioni topologiche per la conservatività di un campo irrotazionale. Significato fisico del rotore.

Campi solenoidali: definizione e proprietà. Espressione in forma integrale della solenoidaleità di un campo: flusso attraverso una superficie chiusa, invarianza del flusso concatenato; costanza del flusso attraverso le sezioni di un tubo di flusso. Linee di forza di un campo solenoidale. Potenziale vettore. Divergenza di un vettore: definizione e significato fisico. Teorema della divergenza (o di Gauss-Green). Significato geometrico della divergenza. Campi indivergenti. Divergenza di un campo solenoidale. Espressione in forma differenziale (locale) della solenoidaleità di campo: flusso specifico, divergenza. Condizioni per la solenoidaleità di un campo indivergente. Significato fisico della divergenza.

Uso formale degli operatori differenziali: identità vettoriali.

Ricostruzione di un campo vettoriale a partire dalla conoscenza della divergenza e del rotore del campo (teorema di Helmholtz in forma differenziale): esempi di campi caratterizzati da divergenza nulla, da rotore nullo, e da divergenza e rotore non nulli.

L'elettromagnetismo classico come teoria di campo: formulazione integrale e differenziale (locale) delle sue leggi fondamentali.

ELETTROSTATICA NEL VUOTO

Carica elettrica e legge di Coulomb.

Fenomeni elettrici naturali. Elettromagnetismo classico: generalità. Tribolelettricità: fenomenologia, esperimenti e deduzioni in merito alla natura elettrica della materia. Struttura della materia. La forza elettromagnetica nel contesto delle forze fondamentali in Natura: origine, raggio d'azione. Elettrostatica: scopi e contenuti. Legge di Coulomb: enunciato, contenuti e limiti; definizione operativa di carica elettrica; unità di misura. Costante dielettrica del vuoto. Misura della forza elettrostatica. Confronto fra forza elettrostatica e forza gravitazionale. Proprietà della carica elettrica: quantizzazione, additività, invarianza relativistica. Principio di conservazione (locale e globale) della carica elettrica.

Linearità della forza elettrostatica: principio di sovrapposizione.

Sistemi di cariche discreti e continui. Funzione densità di carica.

Principio di sovrapposizione e sua applicazione alla determinazione analitica della forza scambiata fra sistemi discreti e continui di cariche (distribuite su segmenti, fili rettilinei, anelli, corone e settori circolari, dischi, piani, superfici sferiche, ed entro gusci sferici/cilindrici, volumi sferici e cilindrici).

Campo elettrico (statico). Campo elettrico (statico): definizione e significato fisico; relazione fra i concetti di campo, sorgente di campo, carica di prova, e forza agente sulla carica di prova; unità di misura. Rappresentazione mediante linee di forza. Principio di sovrapposizione e sua applicazione

alla determinazione analitica del campo elettrostatico generato da configurazioni discrete e continue di cariche (distribuite su segmenti, fili rettilinei, anelli, corone e settori circolari, dischi, piani, superfici sferiche, ed entro gusci sferici/cilindrici, volumi sferici e cilindrici.). Discontinuità del campo elettrostatico.

Legge di Gauss. Angolo solido. Flusso del vettore campo elettrico. Teorema di Gauss (derivazione della legge di Gauss a partire dalla Legge di Coulomb). Legge di Gauss in forma integrale (prima equazione di Maxwell in forma integrale). Derivazione della legge di Coulomb dalla legge di Gauss. Applicazione della legge di Gauss al calcolo del campo elettrostatico generato da varie distribuzioni di carica continue con elevato grado di simmetria. Assenza di punti d'equilibro in un campo elettrostatico nel vuoto. Formulazione differenziale (locale) della legge di Gauss (prima equazione di Maxwell in forma differenziale). Applicazione della legge di Gauss in forma differenziale alla determinazione della carica contenuta in specificate regioni dello spazio (con particolare riferimento a distribuzioni continue con elevato grado di simmetria).

Energia potenziale elettrostatica; potenziale elettrico; energia del campo elettrico.Richiamo dei concetti di: lavoro di una forza, forze conservative, funzione energia potenziale. Dimensioni, unità di misura. Conservatività della forza coulombiana. Energia potenziale elettrostatica (di posizione). Relazione differenziale (locale) fra energia potenziale elettrostatica e forza coulombiana: proprietà del vettore gradiente della funzione energia potenziale. Calcolo dell'energia potenziale elettrostatica (di posizione) di sistemi discreti e continui di cariche.

Conservatività del campo elettrostatico: espressione in forma integrale e differenziale (seconda equazione di Maxwell per l'elettrostatica).

Potenziale elettrostatico. Unità di misura. Relazione differenziale (locale) fra potenziale elettrostatico e campo elettrostatico: proprietà del vettore gradiente della funzione potenziale. Approcci per la determinazione del potenziale generato da sistemi discreti e continui di cariche. Superfici equipotenziali. Rappresentazione del campo elettrostatico mediante linee di forza e superfici equipotenziali.

Energia potenziale elettrostatica interna di distribuzioni discrete e continue di cariche: energia di configurazione ed auto-energia. Densità di energia del campo elettrico e sua localizzazione. Energia di una carica puntiforme. Conservazione dell'energia meccanica in presenza di forze elettrostatiche.

Dipolo elettrico. Dipolo elettrico. Momento di dipolo. Unità di misura. Potenziale e campo elettrostatico generati da un dipolo a grande distanza (approssimazione di dipolo puntiforme). Energia potenziale di un dipolo puntiforme in un campo elettrostatico.

Analisi delle forze agenti su un dipolo in un campo elettrostatico: moto di rototraslazione. Espressione della forza di trascinamento agente su un dipolo puntiforme: derivazione per via dinamica e per via energetica. Forze scambiate fra dipoli. Momento meccanico agente su un dipolo: derivazione per via energetica e dinamica.

Conduttori. Mezzi conduttori. Modello di Drude-Lorentz per un conduttore metallico. Induzione elettrostatica parziale e completa. Proprietà di conduttori metallici in equilibrio elettrostatico: distribuzione delle cariche; potenziale e campo elettrostatico all'interno e sulla superficie (teorema di Coulomb); pressione elettrostatica agente sulla superficie; effetto della curvatura; applicazioni (cenni). Proprietà di conduttori con cavità in equilibrio elettrostatico. Effetto schermo elettrostatico. Messa a terra. Potenziale di terra come riferimento e relativa convenzione.

Capacità elettrica di conduttori isolati: definizione, calcolo, significato fisico ed unità di misura. Energia elettrostatica di un conduttore isolato carico.

Condensatori. Capacità di sistemi di conduttori in configurazione di induzione parziale e completa. Condensatore: definizione. Capacità elettrica di un condensatore: definizione, calcolo, significato fisico ed unità di misura. Condensatori sferici, cilindrici e piani ideali. Energia potenziale elettrostatica (lavoro di caricamento) di sistemi di conduttori carichi. Lavoro di caricamento di un condensatore (energia elettrostatica immagazzinata). Reti di condensatori: capacità equivalente per collegamenti in serie ed in parallelo; analisi di collegamenti di condensatori non riconducibili a collegamenti in serie e/o parallelo. Energia immagazzinata in reti di condensatori.

CORRENTI CONTINUE

Legge di Ohm, resistenza elettrica, forza elettromotrice. Corrente elettrica: definizione. Vettore densità di corrente. Correnti stazionarie (continue). Equazione di continuità per la carica elettrica. Meccanismo microscopico della conduzione elettrica: modello di Drude-Lorentz e velocità di deriva. Legge di Ohm in forma locale ed integrale: resistenza elettrica. Distribuzioni di carica statica in conduttori ohmici percorsi da corrente. Forza elettromotrice: definizione e proprietà.. Legge di Ohm generalizzata. Collegamenti di resistori in serie e parallelo. Reti di resistori non riconducibili a collegamenti in serie e/o parallelo. Reti di resistori non riconducibili a collegamenti in serie e/o parallelo. Effetto Joule e bilancio energetico in circuiti resistivi..

Circuiti in corrente continuaCircuiti: componenti, generalità. Leggi di di Kirchoff. Risoluzione di reti circuitali complesse a base di generatori e resistori in corrente continua (regola di Maxwell).

Circuiti RC.Correnti quasi-stazionarie: generalità. Collegamento di resistenze e condensatori: analisi dei processi di carica e scarica in circuiti RC in regime transiente, e relativi bilanci energetici. Risoluzione di circuiti RC in regime transiente ed in condizioni di equilibrio

INTERAZIONI MAGNETICHE NEL VUOTO (facoltativo)

Interazioni magnetiche e campo magnetico. Fenomenologia delle interazioni magnetiche nel vuoto coinvolgenti cariche in moto, magneti naturali e conduttori percorsi da corrente elettrica. Interazioni elettriche e magnetiche fra cariche puntiformi in moto (nel vuoto): legge di Ampere-Biot-Savart. Permeabilità magnetica del vuoto. Caratteristiche della forza magnetica. Confronto fra la forza elettrica e forza magnetica scambiate fra cariche puntiformi in moto. Apparente violazione del Terzo Principio della Dinamica. Forza magnetica scambiata fra distribuzioni di carica in moto.

Campo magnetico (nel vuoto): definizione operativa; dimensioni, unità di misura; Campo magnetico generato da una carica puntiforme in moto e sue proprietà. Campo magnetico generato da una distribuzione di carica continua in moto e forza esercitata su una carica puntiforme in moto.

Forza di Lorenz generalizzata agente su una carica puntifome; forza agente su un'arbitraria distribuzione di carica in moto in un campo magnetico.

Moto di cariche elettriche in campi magnetici. Applicazione combinata di campi magnetici ed elettrici a particelle cariche in moto: selettori di velocità e carica/massa; effetto Hall.

Magnetostatica.Conduttori metallici percorsi da corrente come sorgenti di campo magnetici. Forza magnetica agente su un conduttore percorso da corrente in un campo magnetostatico. Azioni magnetiche esercitare da/subite da conduttori/circuiti filiformi percorsi da corrente stazionaria: 2a Legge (Formula) Elementare di Laplace e calcolo della forza agente su conduttori di geometria arbitraria in un campo magnetostatico; 1a Legge (formula) Elementare di Laplace (o Legge di Biot-Savart) e calcolo del campo magnetostatico generato da distribuzioni arbitrarie di correnti stazionarie (filiformi, spiriformi, laminari).

Forza magnetica e momento meccanico agenti su una spira piana percorsa da corrente stazionaria in un campo magnetostatico uniforme; energia potenziale meccanica della spira; momento (di dipolo) magnetico. Caso limite di una spira puntiforme. Azioni meccaniche esercitate su una spira non planare in un campo magnetico uniforme. Principio di equivalenza di Ampere: (parte I) equivalenza fra le azioni meccaniche subite da una spira puntiforme (e le azioni meccaniche subite da una spira macroscopica immersa in un campo magnetostatico uniforme) e le azioni meccaniche subite da un ago (dipolo) magnetico in un campo magnetostatico; (parte II) equivalenza fra il campo magnetostatico generato da una spira puntiforme (e fra il campo magnetostatico generato da una spira macroscopica a grande distanza) ed il campo magnetostatico prodotto da un ago magnetico con identico momento di dipolo.

Leggi del campo magnetico. Legge di Gauss per il campo magnetico: formulazione integrale e differenziale (seconda equazione di Maxwell). Circuitazione del campo magnetostatico generato da correnti stazionarie: Legge di Ampere in forma integrale e differenziale (terza equazione di Maxwell per la magnetostatica) e suoi limiti di validità. Verifica della legge di Ampere a partire dalla 1a Legge Elementare di Laplace. Applicazione della legge di Ampere alla determinazione del campo magnetostatico generato da configurazioni di correnti stazionarie con elevato grado di simmetria:

conduttori cilindrici, bobine solenoidali e toroidali, lamine infinitamente estese.

TESTI DI RIFERIMENTO

Testi di riferimento

Teoria

- L. Guerriero: "Lezioni di Elettromagnetismo" (Adriatica Editore)

- S. Focardi, I. Massa, A. Uguzzoni: "Fisica Generale - Elettromagnetismo" (Casa Editrice Ambrosiana, Milano)

- C. Mencuccini, V. Silvestrini: "Elettromagnetismo e Ottica" (Casa Editrice Ambrosiana)

Esercitazioni

- L. Mistura, N. Sacchetti: "PROBLEMI DI FISICA - Elettromagnetismo ed Ottica" (Edizioni KAPPA)

- C. Mencuccini, V. Silvestrini: "Esercizi di Fisica - Elettromagnetismo e Ottica" (Casa Editrice Ambrosiana)

- E. Borchi, R. Nicoletti: "Elettromagnetisimo - Volume I : Elettricità" + "Elettromagnetismo - Volume II: Magnetismo" (Società Editrice Esculapio)

- B. Ghidini, F. Mitrotta: "Problemi di elettromagnetismo" (Adriatica Editrice, Bari)

- M. Nigro, C. Voci: "Problemi di Fisica Generale - Elettromagnetismo. Ottica" (Edizioni Libreria Cortina, Padova)