UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Elettromagnetismo

2526-2-ESM01Q006

Obiettivi

Il corso si inserisce tra gli insegnamenti dell'area dei Fondamenti Multidisciplinari, riguardanti principi di chimica e di fisica che, affiancati da strumenti matematici, fanno parte della formazione di base multidisciplinare tipica della scienza dei materiali.
Nell'ambito dei risultati di apprendimento attesi, per quanto riguarda **Conoscenza e capacità di comprensione**, il corso intende fornire agli studenti gli strumenti fondamentali, linguaggio e metodologie, per la descrizione dei fenomeni elettromagnetici e ottici, propedeutici alla comprensione dell'interazione dei materiali con i campi elettromagnetici e in particolare con la radiazione elettromagnetica.
Il corso mira inoltre, attraverso il coinvolgimento degli studenti nell'analisi di esemplificazioni applicative dei concetti introdotti e mediante collegamenti a tematiche tecnologiche, a sviluppare la **Capacità di applicare conoscenza e comprensione** a problematiche concrete. In particolare, alla fine del corso, gli studenti sanno come affrontare l'analisi di fenomeni e sistemi materiali che coinvolgono interazioni tra cariche elettriche secondo un approccio classico e sono in grado di utilizzare gli strumenti matematici di base per la loro descrizione quantitativa.
La presenza trasversale delle interazioni elettromagnetiche nelle caratteristiche fisico-chimiche dei materiali e nelle funzionalità elettriche, ottiche e strutturali, fornisce agli studenti l'opportunità di esercitare la **Capacità di giudizio** derivante dalla necessità di comprendere caso per caso, nei molteplici esempi ed esercitazioni proposte, la tipologia dei meccanismi e dei processi coinvolti.
Sia la capacità di applicare le conoscenze a casi concreti sia la capacità di giudizio necessaria per orientarsi nell'analisi della fenomenologia estremamente vasta dell'elettromagnetismo sono messe in gioco nel corso di lavori di gruppo e di interazione con il docente finalizzati a sviluppare negli studenti quelle **Abilità comunicative** che sono alla base della capacità di confrontarsi costruttivamente in modo interlocutorio con gli altri, tipica dell'ambito scientifico.
Il corso di Elettromagnetismo, grazie all'impianto descrittivo fortemente formale ma direttamente legato alla descrizione quantitativa di fenomeni fisici, intende infine costituire un'importante occasione per gli studenti per sviluppare **Capacità di apprendimento**, in particolare la capacità di acquisire concetti nuovi e utilizzarli per modellizzare la realtà, necessaria per affrontare gli insegnamenti più avanzati, sia nelle discipline fisiche che in quelle chimiche, e per esercitare la capacità di analisi dei problemi e di progettazione delle soluzioni nel campo della scienza dei materiali.

Contenuti sintetici

Il corso parte dalla descrizione delle interazioni elettrostatiche tra cariche per introdurre i concetti di campo elettrico, flusso di campo elettrico, energia e potenziale elettrostatico, dando gli elementi per una formalizzazione sia in forma integrale sia in forma differenziale. Vengono inoltre date le basi per la descrizione dei processi di accumulo di carica nei conduttori e di polarizzazione nei dielettrici, e le grandezze fondamentali per la descrizione dei processi di trasporto di carica nei fenomeni di conduzione elettrica. Viene quindi introdotto il campo magnetico e gli effetti di campi magnetici su cariche in moto e su sistemi di cariche dotati di momento di dipolo magnetico. Sono trattati poi i contributi di campo elettrico e campo magnetico generati da fenomeni variabili nel tempo, fino ad arrivare al quadro generale fornito dalle equazioni di Maxwell nella loro formulazione integrale e differenziale. Da queste sono ottenute le equazioni d'onda per le componenti elettriche e magnetiche della radiazione elettromagnetica e le basi per la descrizione di segnali ottici in termini di componenti monocromatiche. Conclude il corso una rapida analisi degli strumenti formali per la descrizione dei principali fenomeni di ottica geometrica e ondulatoria.

Programma esteso

Carica elettrica. Conduttori e isolanti. Induzione elettrostatica. Descrizione delle interazioni elettrostatiche in termini di forza di interazione tra cariche elettriche. Legge di Coulomb. Costante dielettrica del vuoto. Principio di sovrapposizione. Il concetto di campo. Campi di forza in fisica. Il campo elettrostatico generato da cariche puntiformi. Descrizione di distribuzioni continue di carica e esempi di campo elettrico prodotto. Moto di una carica in un campo elettrostatico: conservazione dell'energia.

Forza elettrica e lavoro. Lavoro e energia potenziale. Campi conservativi. Energia potenziale e potenziale elettrostatico. Potenziale generato da cariche puntiformi e da distribuzioni continue di carica. Relazioni tra campo e potenziale. Dipolo elettrico. Campo e potenziale di dipolo. Dipolo in un campo esterno.

Flusso di un campo vettoriale. Flusso del campo elettrostatico. Legge di Gauss. Applicazioni della legge di Gauss: calcolo del campo elettrostatico. Conduttore carico isolato. Induzione elettrostatica. Schermo elettrostatico. Capacità di un conduttore. Condensatori. Calcolo della capacità di un condensatore. Condensatori in serie e in parallelo. Energia e densità di energia del campo elettrico. Condensatori con dielettrico. Costante dielettrica relativa. Polarizzazione dei dielettrici.

Corrente elettrica. Intensità e densità di corrente. Resistività e conducibilità. Legge di Ohm in forma locale. Modello microscopico della conduzione elettrica. Resistori in serie e parallelo. Effetto Joule. Generatore di forza elettromotrice. Leggi di Kirchhoff.

Interazione magnetica e campo magnetico. Forza magnetica su carica in moto. Seconda Legge di Laplace. Forza magnetica su conduttore percorso da corrente. Momenti meccanici su circuiti piani. Momento di dipolo magnetico. Effetto Hall. Moto di particelle cariche in campo magnetico. Campo magnetico generato da un conduttore percorso da corrente e da una carica in moto. Prima Legge di Laplace. Campo magnetico generato da un filo rettilineo infinito. Legge di Ampère. Applicazioni della legge di Ampère. Forza tra conduttori percorsi da corrente. Campo magnetico generato da una spira circolare e da un solenoide. Forma locale della legge di Ampère. Corrente di spostamento. Equazione di Ampère-Maxwell. Materiali magnetici. Magnetizzazione. Dia, para e ferromagnetismo.

Legge di Faraday; forza elettromotrice indotta e sua origine. Campi elettrici indotti. Applicazioni della legge di Faraday. Induttanza. Energia e densità di energia del campo magnetico. Proprietà dei campi elettrici indotti e dei campi magnetici.

Equazioni di Maxwell. Equazione di continuità della corrente. Equazioni di Maxwell per campi variabili nel tempo in

forma integrale e differenziale. Campo elettrico e magnetico indotti. Equazione di D'Alambert per le onde elettromagnetiche. Onde piane. Vettore di Poynting. Intensità delle onde piane. Polarizzazione delle onde: lineare, circolare ed ellittica. Cenni sulla analisi di Fourier di onde e impulsi.

Fondamenti di ottica ondulatoria. Onde sferiche. Velocità della luce nel vuoto e in mezzi trasparenti. Indice di rifrazione e dispersione. Principio di Huygens-Fresnel. Riflessione e rifrazione. Casi esemplari su propagazione di onde sferiche, riflessione e rifrazione e il ruolo della polarizzazione del materiale.

Principi di ottica geometrica. Convenzioni. Specchi sferici concavi e convessi. Specchi piani. Lenti sottili. Interferenza tra onde elettromagnetiche. Principi base per l'interpretazione dei fenomeni di interferenza.

Prerequisiti

Nozioni di base di analisi matematica e di fisica newtoniana.

Modalità didattica

Il corso prevede lezioni di didattica erogativa, in lingua italiana, nelle quali sono incluse sessioni di esercitazioni finalizzate a permettere la trasformazione delle conoscenze acquisite in competenze di analisi quantitativa di problemi concreti, oltre a sessioni di didattica interattiva di ricapitolazione sui tre principali blocchi di lezioni riguardanti rispettivamente l'elettrostatica, correnti elettriche e magnetismo, fenomeni dipendenti dal tempo e ottica. In queste sessioni sono previsti lavori interattivi e di gruppo riguardanti l'applicazione degli strumenti di analisi quantitativa delle interazioni elettromagnetiche a casi studio legati a materiali e dispositivi. Più in dettaglio si prevedono queste attività:

- 24 lezioni da 2 ore svolte in modalità erogativa nella parte iniziale, volta a coinvolgere gli studenti in modo interattivo nella parte successiva. Tutte le attività sono svolte in presenza.
- 15 esercitazioni da 2 ore svolte in modalità erogativa nella parte iniziale, volta a coinvolgere gli studenti in modo interattivo nella parte successiva. Tutte le attività sono svolte in presenza.
- 3 esercitazioni da 2 ore svolte in modalita interattiva in gruppi interdipendenti. Tutte le attività sono svolte in presenza.

Materiale didattico

Testo di riferimento:

Elementi di fisica, Elettromagnetismo e onde – P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci – EdiSES

Ulteriore material didattico:

Esercizi svolti caricati sulla piattaforma e-learning

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Primo semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

Gli studenti sono chiamati a dimostrare di possedere gli strumenti formali per la descrizione e quantificazione di situazioni che vedono coinvolti sistemi carichi e/o cariche in movimento interagenti tra loro e con campi elettromagnetici sia statici che variabili nel tempo, oltre che per la descrizione di onde elettromagnetiche e semplici sistemi ottici.
La valutazione avviene mediante un esame orale comprendente una parte iniziale nella quale si chiede di impostare in forma scritta la risoluzione quantitativa di un problema, seguita da un colloquio finalizzato a valutare il livello di conoscenza acquisito sull'intero programma e a verificare la consapevolezza raggiunta del significato fisico delle grandezze e delle relazioni elettromagnetiche.

Orario di ricevimento

10:00-12:00 lunedì, giovedì, venerdì
si consiglia di prendere appuntamento via e-mail

Sustainable Development Goals

ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE