UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Radiazioni Elettromagnetiche Non Ionizzanti

2526-1-F1703Q046

Obiettivi

Questo corso si propone di fornire conoscenze di base ed avanzate sulla fisica e tecnologia delle radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti, con particolare riguardo all'intervallo di frequenze comprendente onde radio e microonde. Saranno anche coperti alcuni argomenti relativi a specifiche applicazioni, ed alla protezione sanitaria dagli effetti della radiazione elettromagnetica.
Al termine del corso verranno raggiunti i seguenti obiettivi:
Conoscenza e capacità di comprensione: Lo studente acquisirà conoscenze approfondite sui principi fisici delle radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti, e sui meccanismi di generazione, propagazione e rivelazione delle onde radio e microonde.
Conoscenza e capacità di comprensione applicate: Lo studente sarà in grado di applicare le conoscenze teoriche per analizzare sistemi basati sull'emissione e ricezione di radiazione elettromagnetica, valutare soluzioni tecnologiche e valutare problematiche di protezione sanitaria.
Autonomia di giudizio: Lo studente svilupperà capacità critica nell'interpretare dati sperimentali e nel valutare l'idoneità di diverse tecnologie elettromagnetiche per specifiche applicazioni.
Abilità comunicative: Lo studente sarà in grado di comunicare efficacemente concetti complessi relativi alle radiazioni elettromagnetiche utilizzando linguaggio tecnico appropriato.
Capacità di apprendimento: Lo studente acquisirà metodologie per l'aggiornamento autonomo sulle evoluzioni tecnologiche nel campo delle radiazioni elettromagnetiche e delle normative di sicurezza.

Contenuti sintetici

Richiami di elettromagnetismo e sulle onde. Onde piane nei mezzi non dissipativi. Riflessione e trasmissione. Propagazione guidata. Linee di trasmissione. Accoppiamento di impedenza. Parametri S. Sorgenti e campi di radiazione. Antenne. Diffrazione. Sistemi di antenne. Tecnologia delle radiocomunicazioni. Interazione della radiazione con la materia. Aspetti di protezione sanitaria. Onde nei plasmi. Ionosfera. Radiazione infrarossa e sua trasmissione nell'atmosfera.

Programma esteso

Cenni storici sulla scoperta della radiazione elettromagnetica. Spettro elettromagnetico. Potenziali di ionizzazione. Radiazione ionizzante e non-ionizzante.

Richiami di elettromagnetismo. Equazioni di Maxwell. Legge di Faraday. Legge di Ampere-Maxwell. Leggi di Gauss per il campo elettrico ed il campo magnetico. Potenziali. Forza di Lorentz. Relazioni costitutive nel vuoto e nei mezzi materiali. Condizioni al contorno alle interfacce. Densità di corrente. Conservazione della carica. Conservazione dell'energia e teorema di Poynting.

Richiami sulla teoria della propagazione ondulatoria. Parametri caratteristici di un'onda sinusoidale. Relazione di dispersione. Velocità di fase e di gruppo, e loro interpretazione fisica.

Onde piane nei mezzi non dissipativi. Onda diretta e riflessa. Onde monocromatiche. Quantità caratteristiche delle onde monocromatiche. Densità e flusso di energia. Impedenza d'onda. Polarizzazione lineare, circolare ed ellittica. Propagazione obliqua. Cenni alle onde in mezzi dissipativi e disomogenei.

Riflessione e trasmissione perpendicolare all'interfaccia tra due materiali. Rappresentazione matriciale dei campi. Impedenza d'onda e coefficiente di riflessione. Formalismo matriciale per la propagazione e la diffusione. Coefficienti di Fresnel. Potenza trasmessa e riflessa. Caso della lamina di dielettrico. Incidenza obliqua. Leggi di Snel. Riflessione totale e angolo critico. Fibre ottiche.

Guide d'onda. Modello di propagazione nelle guide d'onda cave. Modi TE e TM e loro discretizzazione. Coefficiente di propagazione in guida e frequenza di taglio. Velocità di fase e di gruppo. Componenti trasverse dei campi. Scelta delle dimensioni della guida. Impedenza caratteristica per i modi TE e TM.

Linee di trasmissione a due conduttori. Modello a parametri distribuiti. Equazioni dei telegrafisti. Impedenza caratteristica. Costante di propagazione. Soluzioni armoniche. Significato fisico dell'impedenza caratteristica. Onda diretta e riflessa. Coefficiente di riflessione. Onde stazionarie. Rapporto d'onda stazionaria. Impedenza d'ingresso. Attenuazione lungo la linea.

Teorema del massimo trasferimento di potenza. Circuiti di accoppiamento. Circuiti a L, Pi e T.

Parametri S. Misura con analizzatore di reti. Coefficienti di riflessione in ingresso e uscita. Grafico di Smith e sua interpretazione.

Potenziali elettromagnetici e trasformazioni di gauge. Gauge di Lorenz. Equazioni d'onda per i potenziali. Potenziali ritardati. Dipendenza armonica: equazioni di Helmholtz. Funzione di Green e soluzione generale alle equazioni di Helmholtz. Derivazione del campo elettrico e del campo magnetico dai potenziali elettromagnetici. Approssimazione di Fraunhofer. Vettore di radiazione. Campi di radiazione.

Definizione di antenna. Circuito equivalente. Densità di potenza ed intensità di radiazione. Radiatore isotropo. Guadagno in direttività, guadagno in potenza e guadagno d'antenna. Funzione di irradiazione. Diagrammi di radiazione cartesiani e polari. Utilizzo dei diagrammi di radiazione. Potenza irradiata efficace (ERP). Potenza irradiata efficace isotropa (EIRP).

Basi di teoria delle antenne lineari. Intensità di radiazione di un'antenna lineare. Dipolo hertziano e dipolo marconiano. Guadagno e potenza irraggiata del dipolo hertziano. Antenna hertziana. Antenna hertziana a mezz'onda. Antenna marconiana a quarto d'onda. Antenne ad onda viaggiante. Antenne a spira.

Principio di Huygens-Fresnel e sua applicazione alla diffrazione. Diffrazione di Fresnel e di Fraunhofer. Diffrazione da fenditura singola. Diffrazione da apertura circolare e criterio di Rayleigh. Diffrazione da reticolo. Diffrazione da ostacoli e bordi. Applicazioni tecnologiche.

Teoria dei sistemi di antenne rettilinee. Array di antenne a mezz'onda parallele. Studio dell'array factor nel caso di antenne equidistanti. Studio dell'array factor nel caso di un sistema uniforme di antenne in fase. Studio dell'array factor nel caso di un sistema uniforme di antenne sfasate. Sistema di antenne rettilinee con distribuzione disuniforme di correnti. Sistema di antenne ad alta direttività.

Trasmissioni radio. Modulazione di ampiezza, di frequenza e di fase. Codifiche analogiche e digitali. Tecniche delle telecomunicazioni personali: sistemi di 1,2,3,4,5 generazione.

Interazione delle onde elettromagnetiche con la materia. Fenomeni di polarizzazione elettrica. Costante dielettrica relativa e sua dipendenza dalla frequenza. Applicazione ai tessuti corporei. Modello di Lorentz per i dielettrici. Indice di rifrazione. Modello di Drude per i conduttori. Perdite di energia. Tangente di perdita. Onde piane nei mezzi dissipativi. Attenuazione. Profondità di pelle. Propagazione nei dielettrici e nei conduttori.

Specific Absorbtion Rate (SAR) e rapporto con il vettore densità di potenza. SAR nel corpo umano. Risposta fisiologica all'aumento della temperatura dei tessuti dovuta all'interazione con i campi EM. Danni di tipo deterministico sistemico e localizzati. Sistema della limitazione: linee guida, normativa internazionale e nazionale. Epidemiologia ed ipotesi di danni stocastici.

Plasma. Descrizione elettromagnetica dei plasmi. Calcolo dei parametri costitutivi. Propagazione di onde piane in un plasma omogeneo.

Propagazione in un mezzo non omogeneo ed isotropo in approssimazione di frequenza molto alta. Propagazione di onde radio nella ionosfera. Equazioni d'onda per un mezzo non omogeneo. Formazione della ionosfera. Il sistema Terra-Sole. Finestra radio.

Radiazione infrarossa. Trasmissione atmosferica della radiazione infrarossa. Assorbimento. Il Sole. Variazione della densità elettronica con l'altezza. Lo strato di Chapman. La struttura della ionosfera. Influenza della ionosfera sulla propagazione delle onde radio.

Prerequisiti

Conoscenze di elettromagnetismo; conoscenze generali acquisite nel corso del triennio di corsi di laurea tecnico-scientifici.

Modalità didattica

21 lezioni da due ore, svolte in modalità erogativa in presenza, che includeranno ove possibile una o due lezioni ad impostazione seminariale tenute in videoconferenza da esperti del settore pubblico e privato.

Materiale didattico

Documentazione in formato "slide" fornita dal docente.
Testi di elettromagnetismo classico (ad esempio: J.D.Jackson, Elettrodinamica classica).
S. J. Orfanidis, Electromagnetic Waves and Antennas

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Secondo semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

Esame orale, eventualmente supportato dalla presentazione volontaria di un breve testo di approfondimento su argomenti omogenei a quelli del corso; sono valutati il possesso delle nozioni fornite e le relative competenze e la capacità di esposizione utilizzando un linguaggio corretto.
Non sono previste prove in itinere.
L'esame sarà tenuto in italiano, o a richiesta in inglese per studenti Erasmus.

Orario di ricevimento

Su appuntamento, da concordarsi per email con il docente del corso.
I recapiti del docente sono i seguenti:
prof. Emilio Martines, edificio U2, terzo piano, stanza 3026, email: emilio.martines@unimib.it

Sustainable Development Goals

SALUTE E BENESSERE | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE | LOTTA CONTRO IL CAMBIAMENTO CLIMATICO