



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2022/2023
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2023/2024
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	ELECTRONICS ENGINEERING
INSEGNAMENTO	CAMPI ELETTROMAGNETICI
TIPO DI ATTIVITA'	D
AMBITO	20582-A scelta dello studente
CODICE INSEGNAMENTO	01751
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-INF/02
DOCENTE RESPONSABILE	CINO ALFONSO Professore Associato Univ. di PALERMO CARMELO
ALTRI DOCENTI	
CFU	9
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	144
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	81
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	CAMPI ELETTROMAGNETICI - Corso: ELECTRONICS ENGINEERING CAMPI ELETTROMAGNETICI - Corso: INGEGNERIA ELETTRONICA E DELLE TELECOMUNICAZIONI
ANNO DI CORSO	2
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	CINO ALFONSO CARMELO Giovedì 11:30 13:30 Ufficio del docente (Ed. 9, III Piano) o canale del corso "Campi Elettromagnetici" su Teams

PREREQUISITI	Elettrostatica e magnetostatica. Metodi di analisi circuitale tipici dell'elettrotecnica, in particolare metodo dei fasori/procedura di Steinmetz. Serie e trasformata di Fourier.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	<p>Conoscenza e capacita' di comprensione Lo studente al termine del corso avra' conoscenza della teoria delle onde elettromagnetiche, intesa sia come ambito fenomenologico, sia come strumento di analisi di problematiche ingegneristiche. In particolare lo studente sara' in grado di comprendere, anche in una prospettiva storicizzata, le implicazioni delle equazioni di Maxwell in forma integrale e differenziale. Queste ultime saranno applicate allo studio delle linee di trasmissione, della propagazione per onde piane e della propagazione guidata in strutture metalliche (con cenni alle dielettriche). Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende: lezioni frontali; analisi e discussione di specifici contesti applicativi. Per la verifica di questo obiettivo e' prevista la discussione di argomenti del programma nell'esame orale.</p> <p>Capacita' di applicare conoscenza e comprensione Lo studente sara' in grado di utilizzare strumenti analitici e software per costruire modelli semplificati per rappresentare e quantificare problemi/applicazioni caratterizzati dalla presenza di onde elettromagnetiche, con specifico riferimento al contesto circuitale integrato con linee di trasmissione e guide d'onda. Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende: esercitazioni di modellazione e analisi comparativa circuitale/elettromagnetica; esercitazioni di progettazione. Per la verifica di questo obiettivo l'esame comprende una verifica progettuale scritta.</p> <p>Autonomia di giudizio Lo studente sara' in grado di comprendere le differenze e le affinita' fra "l'approccio circuitale" a parametri concentrati tipico dell'elettrotecnica e quello basato sull'utilizzazione di campi e onde in settori specifici dell'elettronica e delle telecomunicazioni. In particolare, sara' in grado di individuare i modelli piu' appropriati da utilizzare per i blocchi funzionali di un sistema complesso (p.es., generatore - linea di trasmissione - antenna). Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende: comparazione sistematica fra il punto di vista circuitale e quello elettromagnetico. La verifica di questo obiettivo viene effettuata attraverso l'esame orale.</p> <p>Abilita' comunicative Lo studente acquisira' la capacita' di descrivere e sostenere conversazioni sui modelli fisico-matematici per l'analisi di applicazioni basate sulla propagazione di onde elettromagnetiche, individuando correttamente le grandezze fisiche rilevanti, e adoperando la terminologia specifica. Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende: esercitazioni di gruppo e discussioni sui software di progettazione. La verifica di questo obiettivo viene effettuata sia attraverso la prova scritta sia con la discussione durante l'esame orale.</p> <p>Capacita' d'apprendimento Lo studente avra' appreso, ampliando tecniche apparentemente gia' consolidate nella prospettiva della propagazione di onde, la molteplicita' di punti di vista associati all'idea di circuito e di modelli circuitali utili per la progettazione, e questo gli consentira' di proseguire gli studi ingegneristici con migliorata maturita'. Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende: lezioni frontali; analisi e discussione di temi progettuali e multidisciplinari. Per la verifica di questo obiettivo e' prevista la discussione di argomenti del programma nell'esame orale.</p>
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	<p>Prova Scritta + Prova Orale La prova scritta, della durata di un'ora, comprende: 1) una prima parte di analisi di un circuito elettrico lineare comprendente linee di trasmissione; 2) una seconda parte di progettazione, che comporta la modifica del circuito analizzato inizialmente e il confronto di taluni parametri prestazionali. La valutazione avviene in trentesimi, e contribuisce al voto finale con peso di circa un terzo. La corretta esecuzione almeno della prima parte e' requisito per l'ammissione alla prova orale, con voto nell'intervallo 18-24. La corretta esecuzione anche della parte progettuale corrisponde a un voto nell'intervallo 25-30. Viene valutata sia l'appropriatezza dei metodi sia la correttezza dei risultati numerici.</p> <p>La prova orale comincia con una discussione della prova scritta e si sviluppa con una serie di quesiti volti ad accertare il possesso delle competenze e delle conoscenze disciplinari previste dal corso; la valutazione viene espressa in trentesimi con un peso di circa due terzi sul voto finale. I quesiti tenderanno a verificare a) le conoscenze acquisite sui modelli elettromagnetici e sui loro limiti; b) le capacita' di applicare i modelli in contesti tecnico-applicativi; c) il possesso di un'adeguata capacita' espositiva. Piu' nel dettaglio,</p>

	<p>a) Per quanto attiene alla verifica delle conoscenze, verra' richiesta la capacita' di stabilire connessioni tra i contenuti (teorie fisiche, modelli matematici, strumenti di calcolo e progetto, ecc.) oggetto del corso. La valutazione minima corrisponde alla preponderanza dei soli aspetti di calcolo e progetto, la valutazione massima alla integrazione di questi ultimi con gli aspetti fisico-matematici.</p> <p>b) Per quanto attiene alla verifica di capacita' elaborative, verra' considerata la capacita' di giustificare, analizzare criticamente e modificare le scelte effettuate nella prova scritta. La valutazione minima corrisponde alla mera capacita' di rispondere a richieste di chiarimento su singoli aspetti dell'analisi/progetto. La valutazione massima si ottiene mostrando padronanza nella capacita' di tradurre modifiche nel sistema considerato in nuove soluzioni progettuali appropriate.</p> <p>c) Per quanto attiene alla verifica delle capacita' espositive, si ha una valutazione minima nel caso in cui l'esaminando dimostri si' una proprieta' di linguaggio adeguata al contesto tecnico-scientifico di riferimento ma questa non sia sufficientemente articolata, mentre la valutazione massima potra' essere conseguita da chi dimostri piena padronanza del linguaggio settoriale.</p>
OBIETTIVI FORMATIVI	<p>Il corso di campi elettromagnetici e' un corso di base sull'elettromagnetismo applicato e pone al centro del processo formativo –sia come ambito fenomenologico, sia come strumento di analisi e rappresentazione– la teoria delle onde elettromagnetiche.</p> <p>I concetti fondamentali di elettrostatica e magnetostatica, gia' presentati nei corsi di fisica, saranno ripresi e sviluppati per giungere alla presentazione, anche in una prospettiva storicizzata, delle equazioni di Maxwell in forma integrale e differenziale.</p> <p>La teoria dell'elettromagnetismo sara' quindi applicata allo studio delle linee di trasmissione e della propagazione per onde piane e guidata in strutture metalliche (con cenni alle dielettriche).</p> <p>Dal punto di vista progettuale, verra' effettuata una comparazione sistematica fra l'approccio circuitale e quello elettromagnetico per evidenziarne affinita, specificita' e limiti.</p>
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Calcoli e Simulazioni al computer.
TESTI CONSIGLIATI	<p>Testi consigliati</p> <p>Essenziali: 1) Maurizio Zoboli, Lezioni di campi elettromagnetici. Pitagora Editrice Bologna (2005) ISBN: 8837115369, oppure la successiva edizione, Campi e onde elettromagnetici. Societa' editrice Esculapio (2011) ISBN: 8874884303 (quest'ultimo disponibile come e-book presso UniPa Discovery Service); 2) Vincetti, Esercizi di campi elettromagnetici. Pitagora Editrice Bologna (2005) ISBN: 8837115393; Sophocles J. Orfanidis, 3) Electromagnetic Waves and Antennas, libro gratuito in inglese disponibile su www.ece.rutgers.edu/~orfanidi/ewa/.</p> <p>Per consultazione/approfondimenti (reference books): Fawwaz T. Ulaby, Umberto Ravaioli: Fundamentals of Applied Electromagnetics, Global Edition, Pearson (2015) ISBN: 1292082445; [vanno bene anche le traduzioni italiane dello stesso testo, come Fawwaz T. Ulaby, Fondamenti di campi elettromagnetici, McGraw-Hill, (2006), ISBN: 8838662657; oppure Fawwaz T. Ulaby, Umberto Ravaioli, Fondamenti di campi elettromagnetici, Pearson (2021) ISBN: 8891906611]; Giuseppe Conciauro - Luca Perregri, Fondamenti di onde elettromagnetiche. Medea (2015), ISBN: 8866930741; Simon Ramo - John R. Whinnery - Theodore Van Duzer, Campi e onde nell'elettronica per le comunicazioni. Franco Angeli (2006), ISBN: 8820473852; Altre dispense e SW libero reperibili in Internet (su indicazione del docente).</p>

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
4	Confronto "Elettrodinamica classica" e "Campi elettromagnetici". Richiami storici, concetto di campo, operatori differenziali e sistemi di coordinate.
4	Teoremi integrali e di decomposizione dei campi vettoriali. Aspetti avanzati o computazionali.
4	Equazioni di Maxwell generalizzate. Condizioni di continuita'. Trasformate e vettori complessi.
4	Polarizzazione del campo elettromagnetico. Equazioni di Maxwell nel dominio del numero d'onda e onde piane.
4	Relazioni costitutive dei mezzi materiali. Nonlinearita', anisotropia, stazionarieta', causalita'. Relazioni costitutive nel dominio di omega. Complementi analitici sulla rappresentazione dei campi vettoriali.
4	Equazioni delle onde e metodi risolutivi per il vuoto e i mezzi materiali.
4	Onda stazionaria. Teorema di Poynting. Esistenza e unicita' delle soluzioni delle equazioni di Maxwell. Teoremi generali per il campo elettromagnetico. Condizione di radiazione di Sommerfeld. Relazione di dispersione.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
6	Guide d'onda e linee di trasmissione. Classificazione, equazioni di Maxwell per i componenti di campo trasversi e longitudinali. Classificazione dei modi supportati.
6	Equazioni del telegrafo. Linee con perdite. Equazione del telefono. Modelli circuitali a parametri concentrati.
4	Parametri delle linee di trasmissione in regime armonico. Relazione di Moebius e carta di Smith.
4	Guide d'onda, autovalori, espansione modale, dispersione. Guide metalliche.
4	Onde piane 3D e metodi matematici specifici. Onde piane uniformi ed evanescenti. Legge di Snell e cenni alle equazioni di Fresnel.
3	Introduzione ai potenziali elettrodinamici e al campo di radiazione.
ORE	Esercitazioni
26	<p>Esercitazioni sull'applicazione a casi di interesse pratico dei metodi generali illustrati a lezione. In particolare: a) Calcolo vettoriale; b) Operatori differenziali nei sistemi di coordinate cartesiane, cilindriche e sferiche; c) Calcolo con i vettori complessi rappresentativi; d) Risoluzione dell'equazione di D'Alembert unidimensionale; e) Rappresentazione dello stato di polarizzazione; f) Parametri caratteristici di dielettrici e conduttori; g) Calcolo del vettore di Poynting per alcuni casi di interesse; h) Approfondimenti sulla carta di Smith e suo uso (trasformazioni, adattamenti,...) sia con approccio grafico tradizionale, sia computerizzato; i) Analisi dettagliata della linea di trasmissione metallica planare indefinita e delle guide metalliche rettangolare e circolare.</p> <p>Per le esercitazioni di analisi/progettazione su linee di trasmissione e circuiti con linee di trasmissione, verra' adoperato sia SW specializzato sia di uso generale. In particolare verranno usati i seguenti programmi, liberamente disponibili per uso didattico: GeoGebra, TRLINE, TLDetails, TXLine, AppCAD.</p>