



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2020/2021
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2021/2022
CORSO DILAUREA	INGEGNERIA BIOMEDICA
INSEGNAMENTO	CAMPI ELETTRROMAGNETICI PER LA BIOINGEGNERIA
TIPO DI ATTIVITA'	D
AMBITO	10437-A scelta dello studente
CODICE INSEGNAMENTO	18451
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-INF/02
DOCENTE RESPONSABILE	
ALTRI DOCENTI	
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	96
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	54
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	2
PERIODO DELLE LEZIONI	2° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	

DOCENTE:

PREREQUISITI	Elettrostatica e magnetostatica. Metodi di analisi circuitale tipici dell'elettrotecnica, in particolare metodo dei fasori/procedura di Steinmetz. Serie di Fourier.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	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 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. 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. 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. 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. 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. 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. 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.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	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. 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, 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.

	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. 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.
OBIETTIVI FORMATIVI	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. I concetti fondamentali di elettrostatica e magnetostatica, gia' presentati nei corsi di fisica, saranno ripresi e sviluppati per giungere alla presentazione delle equazioni di Maxwell in forma integrale e differenziale. La teoria dell'elettromagnetismo sara' quindi applicata allo studio delle linee di trasmissione e della propagazione per onde piane e guidata in strutture metalliche. Dal punto di vista progettuale, verra' effettuata una comparazione sistematica fra l'approccio circuitale e quello elettromagnetico per evidenziarne affinita, specificita' e limiti.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Calcoli e Simulazioni al computer.
TESTI CONSIGLIATI	Essenziali: 1) Maurizio Zoboli, Lezioni di campi elettromagnetici. Pitagora Editrice Bologna (2005), oppure la successiva edizione, Campi e onde elettromagnetiche. Societa' editrice Esculapio (2011) 2) Luca Vincetti, Esercizi di campi elettromagnetici. Pitagora Editrice Bologna (2005) Per consultazione/approfondimenti: Fawwaz T. Ulaby: Fondamenti di campi elettromagnetici. McGraw-Hill, (2006) Giuseppe Conciauro, Fondamenti di onde elettromagnetiche. McGraw-Hill (2003) Dispense e SW libero reperibili in Internet (su indicazione del docente)

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
4	Confronto "Elettrodinamica classica" e "Campi elettromagnetici". Concetto di campo, operatori differenziali e sistemi di coordinate.
2	Teoremi integrali e di decomposizione dei campi vettoriali. Aspetti avanzati o computazionali.
2	Equazioni di Maxwell generalizzate. Condizioni di continuita'. Vettori complessi.
2	Polarizzazione del campo elettromagnetico.
2	Relazioni costitutive dei mezzi materiali.
2	Equazioni delle onde e metodi risolutivi per il vuoto e i mezzi materiali.
2	Onda stazionaria. Teorema di Poynting. Teoremi generali per il campo elettromagnetico. Condizione di radiazione di Sommerfeld. Relazione di dispersione.
4	Guide d'onda e linee di trasmissione. Classificazione, equazioni di Maxwell per i componenti di campo trasversi e longitudinali. Classificazione dei modi supportati.
4	Equazioni del telegrafo. Linee con perdite. Equazione del telefono. Modelli circuitali a parametri concentrati.
4	Parametri delle linee di trasmissione in regime armonico. Carta di Smith.
2	Guide d'onda, autovalori, espansione modale, dispersione. Guide metalliche.
2	Onde piane 3D e metodi matematici specifici. Onde piane uniformi ed evanescenti. Legge di Snell. Equazioni di Fresnel.
4	Interazione delle onde elettromagnetiche con tessuti biologici.
ORE	Esercitazioni
18	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) Calcolo dei parametri di interazione con tessuti biologici. 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, WAVES.