



CUNIVERSITÀ CUSANO

Insegnamento	Campi Elettromagnetici
Livello e corso di studio	Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Industriale (indirizzo elettronico) - L9 Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica e Informatica – L8
Settore scientifico disciplinare (SSD)	IINF-02/A (ex ING-INF/02)
Anno Accademico	2025-2026
Anno di corso	L8 – 2° anno L9 – 3° anno
Numero totale di crediti	9
Propedeuticità	Analisi II, Fisica Generale II
Docente	Stefano Vellucci https://ricerca.unicusano.it/author/stefano-vellucci/ Nickname: stefano.vellucci (da utilizzare per i contatti in piattaforma) Email: stefano.vellucci@unicusano.it (solo per comunicazioni interne e amministrative) Orario di ricevimento: Consultare il calendario alla pagina seguente del nostro sito verificando gli orari di Videoconferenza http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica
Presentazione	Il corso di campi elettromagnetici ha come obiettivo principale quello di fornire le conoscenze di base dell'elettromagnetismo . I concetti fondamentali di elettrostatica e magnetostatica, tipicamente presentati nei corsi di fisica, saranno ripresi e sviluppati per giungere alla presentazione delle equazioni di Maxwell in forma integrale ed in forma differenziale . La teoria delle onde elettromagnetiche sarà poi utilizzata per descrivere i principi fondamentali della propagazione libera , della propagazione guidata e della radiazione elettromagnetica . Particolare risalto sarà dato agli aspetti ingegneristici per l'analisi di semplici sistemi elettromagnetici orientati ad applicazioni nell' elettronica e nelle telecomunicazioni .
Obiettivi formativi	Il corso di campi elettromagnetici ha i seguenti obiettivi formativi: 1. Richiamare alcuni concetti fondamentali dell'analisi matematica e della geometria 2. Illustrare i fondamenti della teoria elettromagnetica di Maxwell 3. Illustrare i principi fondamentali della propagazione libera 4. Illustrare i principi fondamentali della propagazione guidata 5. Illustrare i principi fondamentali della radiazione elettromagnetica 6. Illustrare l'utilizzo di codici numerici per la soluzione di problemi elettromagnetici
Prerequisiti	La frequenza al corso richiede il superamento della propedeuticità di Analisi II e Fisica Generale II , inoltre si richiede la conoscenza dei concetti fondamentali dell' elettrotecnica .
Risultati di apprendimento attesi	Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding) Lo studente al termine del Corso avrà conoscenza della teoria delle onde elettromagnetiche e dei principi fisici fondamentali per la generazione, la propagazione e la ricezione di onde elettromagnetiche. In particolare, lo studente sarà in grado di comprendere le implicazioni delle equazioni di Maxwell, in forma integrale ed in forma differenziale, nello studio delle linee di trasmissione, della propagazione per onde piane, della propagazione guidata e dei fenomeni di radiazione. Inoltre, tramite le Etivity gli studenti acquisiranno la capacità di formulare problemi dell'elettromagnetismo all'interno del software CST Microwave Studio. Applicazione della conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding) Lo studente sarà in grado di utilizzare la teoria elettromagnetica ed i relativi strumenti analitici per costruire modelli semplificati dei problemi elettromagnetici, con particolare riferimento al contesto delle linee di trasmissione, alla propagazione in guida d'onda ed alla radiazione elettromagnetica. Sarà inoltre in grado di utilizzare tali modelli per valutare e quantificare le grandezze richieste. Capacità di trarre conclusioni (making judgements)

	Lo studente sarà in grado di individuare i modelli più appropriati per descrivere i singoli blocchi funzionali di un sistema elettromagnetico complesso (es. generatore, linea di trasmissione, elemento radiante) e di applicare metodi di verifica critica dei risultati ottenuti. Abilità comunicative (communication skills) Lo studente sarà in grado 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 una terminologia adeguata. Capacità di apprendere (learning skills) Lo studente al termine del corso avrà appreso la teoria elettromagnetica e le relative tecniche di analisi, e sarà in grado di distinguere tra l'approccio circuitale a parametri concentrati (tipico dell'elettrotecnica) e l'approccio a parametri distribuiti o quello basato sull'utilizzazione dei campi elettromagnetici. Tutto ciò gli consentirà di proseguire gli studi ingegneristici con maggiore maturità e gli fornirà le basi per poter apprendere quanto verrà proposto nei corsi specialistici di elettromagnetismo (es. antenne e microonde).
Organizzazione dell'insegnamento	Il corso è sviluppato attraverso le lezioni preregistrate audio-video che compongono, insieme a slide e dispense, i materiali di studio disponibili in piattaforma. Sono poi proposti dei test di autovalutazione, di tipo asincrono, che corredano le lezioni preregistrate e consentono agli studenti di accertare sia la comprensione, sia il grado di conoscenza acquisita dei contenuti di ognuna delle lezioni. La didattica interattiva è svolta nel forum della "<i>classe virtuale</i>" e comprende quattro Eivity che applicano le conoscenze acquisite nelle lezioni di teoria. In particolare, il Corso di Campi Elettromagnetici prevede 9 Crediti formativi. Il carico totale di studio per questo modulo di insegnamento è compreso tra 220 e 250 ore, così suddivise in: • Circa 161 ore per la visualizzazione e lo studio del materiale videoregistrato (circa 19 ore videoregistrate di lezioni teoriche e 4.5 ore di esercitazioni sui simulatori elettromagnetici). • Circa 60 ore di Didattica Interattiva per l'elaborazione e la consegna di 4 Eivity. • Circa 2 ore di Didattica Interattiva per l'esecuzione dei test di autovalutazione. Si consiglia di distribuire lo studio della materia uniformemente in un periodo di 12 settimane dedicando tra le 15 alle 25 ore di studio a settimana
Contenuti del corso	Modulo 1 – Richiami di Matematica e Geometria (8 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 28 ore - settimane 1-2) Numeri complessi; algebra matriciale; vettori; campi scalari e vettoriali; sistemi di coordinate. Eivity 1 – Esercitazione sulle identità vettoriali (10 ore di carico di studio - settimana 2) Modulo 2 - Fondamenti della teoria elettromagnetica di Maxwell (7 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 24,5 ore - settimane 3-4) Equazioni fondamentali del campo elettromagnetico; condizioni al contorno; notazione complessa e vettori complessi; polarizzazione di un campo vettoriale: lineare, circolare, ellittica; teoremi fondamentali; relazioni costitutive e proprietà elettromagnetiche dei materiali. Modulo 3 – Onde piane (7 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 24,5 ore - settimane 5-6). Equazione di Helmholtz omogenea; funzioni d'onda; onde piane; proprietà generali delle onde piane; onda piana uniforme non attenuata; onda piana non uniforme attenuata perpendicolarmente alla direzione di propagazione; onda piana uniforme attenuata; spettro di onde piane; onde piane non monocromatiche: velocità di battimento; velocità di gruppo di un pacchetto d'onda. Modulo 4 – Linee di trasmissione (10 lezioni di teoria videoregistrata per un impegno di 35 ore - settimane 6-9) Introduzione sulle linee di trasmissione; equazioni delle linee di trasmissione; onde progressive e stazionarie; impedenza ed ammettenza di linea; impedenza caratteristica e costante di propagazione; impedenza d'ingresso; coefficiente di riflessione e rapporto d'onda stazionaria; adattamento di una linea di trasmissione, trasformatore in quarto d'onda, problemi di adattamento; abaco di Smith. Eivity 2 – Esercitazione sulle linee di trasmissione (10 ore di carico di studio - settimana 9) Modulo 5 – Radiazione elettromagnetica

	(4 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 14 ore - settimana 10) Funzione di Green per lo spazio libero; potenziali elettrodinamici; dipolo di Hertz; introduzione alle antenne; caratteristiche elettriche e radiative. Modulo 6 – Software di simulazione elettromagnetica (10 lezioni videoregistrate per un impegno di 35 ore – settimane 11-12) Introduzione al software di simulazione elettromagnetico CST Studio Suite; Interfaccia di base; Utilizzo dell'help del programma; Definizione di un setup di simulazione; Tipi di risolutori disponibili; Definizioni dei materiali; Definizioni dell'intervallo di frequenze, delle condizioni al contorno e dei piani di simmetria; Tipi di eccitazione elettromagnetica; Definizione di monitor di campo; Simulazione di un dipolo elettromagnetico a $\lambda/2$ e visualizzazione delle relative caratteristiche; Simulazione di una guida d'onda e visualizzazione delle relative caratteristiche; Simulazione di un T-magico e relative caratteristiche. Etivity 3 – Installazione di CST STUDIO SUITE Student Edition ed utilizzo della sua interfaccia (12 ore di carico di studio - settimana 11). Etivity 4 – Progetto ed analisi di una semplice struttura all'interno del software CST Microwave Studio (30 ore di carico di studio - settimana 12).
Materiali di studio	Materiali didattici a cura del docente. Il materiale didattico presente in piattaforma è suddiviso in 6 moduli. Essi ricoprono interamente il programma e ciascuno di essi contiene dispense, slide e videolezioni in cui il docente commenta le slide. Tale materiale contiene tutti gli elementi necessari per affrontare lo studio della materia. Testi consigliati: • G. Gerosa e P. Lampariello, <i>“Lezioni di campi elettromagnetici”</i>, Ed. Ingegneria 2000, Roma, 1995 • L.D. Landau and E. M. Lifshitz, <i>“Electrodynamics of Continuous Media”</i>, 2nd Edition, Butterworth and Heinemann • J. D. Jackson, <i>“Classical Electrodynamics”</i>, John Wiley & Sons, Inc., 3rd edition.
Modalità di verifica dell'apprendimento	L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta tendente ad accertare le capacità di analisi e rielaborazione dei concetti acquisiti e di una serie di attività (E-tivity) svolte durante il corso nelle classi virtuali. La valutazione delle Etivity da 0 a 5 punti è effettuata, in itinere, durante la durata del corso. L'esame di profitto è valutato per i restanti da 0 a 25 e può essere effettuato in forma scritta sia presso la sede di Roma sia presso i poli didattici previa prenotazione da parte dello studente. I risultati di apprendimento attesi circa le conoscenze della materia e la capacità di applicarle sono valutate dalla prova scritta, mentre le abilità comunicative, la capacità di trarre conclusioni e la capacità di autoapprendimento sono valutate in itinere attraverso le e-tivity. La prova scritta prevede 2 esercizi numerici e 1 domanda di teoria da svolgere in 90 minuti. Ogni risposta verrà valutata in base ai seguenti parametri: attinenza al quesito, completezza delle informazioni, modalità di sviluppo dell'argomento. Gli esercizi presenti nelle prove d'esame riguarderanno i moduli per cui sono presenti esercizi in piattaforma (caricati come file singolo all'interno del modulo corrispondente). Gli esercizi, pertanto, riguarderanno i seguenti moduli: • Richiami di matematica e geometria; Fondamenti della teoria elettromagnetica di Maxwell; Onde piane; Linee di trasmissione; Radiazione elettromagnetica. Gli argomenti delle domande di teoria, invece, possono riguardare tutti i moduli del corso. Le e-tivity vanno svolte individualmente da ciascuno studente e consegnate al <u>docente tramite messaggio in piattaforma almeno una settimana prima della prova d'esame cui lo studente si è prenotato</u>. A seconda della tipologia della prova, il materiale da consegnare per ciascuna e-tivity sarà costituito da: (<i>per tutte le e-tivity</i>) un file con estensione “.pdf” contenente un report dettagliato dei risultati della prova e/o simulazione, e (<i>per le e-tivity al simulatore</i>) un file con estensione “.cst”, contenente la simulazione impostata dallo studente (senza i risultati).

NOTA BENE: ESONERI

Lo studente che deve sostenere l'esame sull'intero programma da 9 CFU potrà scegliere, indicando in sede d'esame la sua scelta, di svolgere l'esame attraverso **DUE ESAMI PARZIALI** (si veda fac-simile compito caricato in piattaforma).

Gli esami parziali riguarderanno i seguenti materiali del corso:

- **Esonero 1** – Modulo 1, Modulo 2, Modulo 3, e-tivity 1. L'esame parziale 1 sarà valutato fino ad un massimo di 30 punti (compresa la valutazione dell'e-tivity 1).
- **Esonero 2** – Modulo 4, Modulo 5, Modulo 6, e-tivity 2, e-tivity 3, ed e-tivity 4. L'esame parziale 2 sarà valutato fino ad un massimo di 30 punti (compresa la valutazione delle e-tivity 2, 3 e 4).

Sarà quindi possibile sostenere l'esame con le seguenti modalità:

- **Esame intero (9 CFU):** in questo caso si svolgerà l'esame sull'intero programma del corso, svolgendo i due esercizi numerici e rispondendo alla prima domanda di teoria del compito. Le domande a cui rispondere saranno esplicitamente indicate anche sul testo del compito stesso. Non è possibile scegliere arbitrariamente le domande a cui rispondere.
- **Esame parziale:** in questo caso sarà possibile svolgere solamente la parte sui primi 3 moduli (prime due domande) e successivamente sugli ultimi 3 moduli (terza e quarta domanda).

All'interno dell'esame ci sarà uno spazio per indicare che tipologia di esame di è scelto di svolgere (Prova parziale 1, Prova parziale 2 o Esame intero). Nel caso si scegliesse la prova parziale, quindi nel caso in cui si scegliesse di svolgere solamente una parte dell'esame la restante parte non verrà corretta. Una scelta multipla o nessuna scelta comporrà automaticamente la correzione dell'esame in forma integrale.

Nel caso in cui lo studente scegliesse di svolgere solamente una parte dell'esame e per quella parte raggiungesse la sufficienza, lo studente riceverà un giudizio positivo per la prova in questione che potrà essere integrato da un successivo giudizio positivo (da ottenere in un appello successivo) sulla parte restante di programma.

Se si scegliesse di svolgere l'esame tramite prove parziali, al superamento di entrambi, verrà verbalizzato un voto d'esame, che terrà conto delle attività svolte in itinere (e-tivity) e della valutazione ottenuta nelle due prove parziali. In caso di rifiuto di tale voto, i giudizi positivi precedentemente ottenuti verranno azzerati.

Il giudizio riportato nella prima prova parziale rimarrà valido per i successivi (6 mesi). In caso di mancato superamento e/o sostenimento della seconda prova, il giudizio riportato nella prima prova verrà annullato.

Criteri per l'assegnazione dell'elaborato finale

L'assegnazione dell'**elaborato finale** avverrà sulla base di un colloquio con il docente in cui lo studente manifesterà i propri specifici **interessi** in relazione a qualche argomento che intende approfondire; non esistono **preclusioni** alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una media particolare per poterla richiedere.

In piattaforma è caricata una FAQ sulla tesi di Laurea Triennale in Campi Elettromagnetici che contiene tutti i dettagli.