



Insegnamento	Antenne
Livello e corso di studio	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica – LM29
Settore scientifico disciplinare (SSD)	IINF-02/A (ex ING-INF/02)
Anno Accademico	2025-2026
Anno di corso	2
Numero totale di crediti	9
Propedeuticità	Nessuna
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 è concepito per fornire allo studente gli elementi essenziali per la comprensione dei fenomeni di trasmissione e ricezione del campo elettromagnetico e per la caratterizzazione e il progetto dei più comuni sistemi radianti per usi terrestri e satellitari. Il corso si propone di fornire informazioni di carattere teorico e pratico sulle principali tipologie di antenne e di allineamenti di antenne nonché sulle relative tecniche progettuali. Particolare enfasi è posta sulla comprensione fisica dei fenomeni che caratterizzano la radiazione e la ricezione dei campi elettromagnetici. Questo corso ci colloca nell'ambito delle discipline dei campi elettromagnetici e amplia e approfondisce le conoscenze sui fenomeni di trasmissione e ricezione del campo elettromagnetico acquisite negli ultimi moduli del corso di Campi Elettromagnetici della Laurea Triennale.
Obiettivi formativi	L'insegnamento di Antenne si propone di: 1. Rivedere i concetti fondamentali di campi elettromagnetici 2. Descrivere i fenomeni fisici alla base della trasmissione e della ricezione del campo elettromagnetico propagazione libera 3. Descrivere le tecniche analitiche necessarie per l'analisi dei problemi di antenna 4. Illustrare le principali grandezze elettromagnetiche utilizzate per caratterizzare i sistemi radianti 5. Illustrare le caratteristiche dei principali sistemi d'antenna 6. Descrivere degli elementi di base per il progetto di antenne e allineamenti di antenne 7. Descrivere i rudimenti della teoria radar
Prerequisiti	Conoscenza dei fondamenti dell'analisi matematica e delle funzioni vettoriali a più variabili. Conoscenza delle proprietà fondamentali del campo elettrostatico, magnetostatico ed elettromagnetico. Al riguardo, si consiglia di rivedere tali nozioni, propedeutiche per l'apprendimento e l'approfondimento della teoria delle antenne; a tal fine, si possono utilizzare i testi già consultati per la preparazione agli esami di base dell'area matematica (Analisi 1 e 2) e fisica (Fisica 2 e Campi Elettromagnetici) sostenuti in precedenza.
Risultati di apprendimento attesi	Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding) Al termine dell'insegnamento, lo studente conoscerà e saprà utilizzare le grandezze fisiche usate per caratterizzare una generica antenna, sia in modalità trasmittente che ricevente. Inoltre, lo studente conoscerà le tecniche analitiche utilizzate per l'analisi delle varie tipologie di antenne nonché le metodologie di analisi e di progetto delle tipologie più diffuse di antenne e di allineamenti di antenne, dei rispettivi principi di funzionamento, delle loro caratteristiche e dei loro vantaggi e svantaggi. Infine, lo studente conoscerà le modalità di propagazione del campo elettromagnetico in spazio libero in relazione alla banda di frequenze utilizzata, sia per applicazioni terrestri che satellitari e i rudimenti della teoria radar. Applicazione della conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding) Al termine dell'insegnamento, lo studente sarà in grado di dimensionare un collegamento radio e un semplice sistema radar nonché di progettare diverse tipologie di sistemi radianti, quali antenna lineari, antenne a loop, allineamenti di antenne ed antenne ad apertura sulla base di determinate specifiche progettuali. Sarà, inoltre,

	in grado di verificare la bontà del progetto analitico e di migliorarlo mediante dei software di calcolo numerico per la simulazione elettromagnetica. Capacità di trarre conclusioni (making judgements) Al termine dell'insegnamento, lo studente avrà la capacità di scegliere la più opportuna tipologia di antenne in relazione alle specifiche progettuali e alle caratteristiche ambientali sia per comunicazioni terrestri che satellitari. Lo studente, inoltre, avrà sviluppato la capacità critica di interpretare i risultati ottenuti durante lo svolgimento di un esercizio numerico e di una simulazione sia in termini di coerenza fisica sia in termini di fattibilità ingegneristica della soluzione individuata. Abilità comunicative (communication skills) Al termine dell'insegnamento, lo studente avrà sviluppato un linguaggio scientifico corretto e comprensibile che gli consentirà di esprimere in modo chiaro e privo di ambiguità le conoscenze tecniche acquisite nell'ambito della teoria delle antenne e della teoria della propagazione libera del campo elettromagnetico. Capacità di apprendere (learning skills) Al termine dell'insegnamento, lo studente avrà sviluppato la capacità di applicare le conoscenze acquisite alla risoluzione di problemi non familiari che abbiano come oggetto la trasmissione e la ricezione di informazioni su portante elettromagnetica
Organizzazione dell'insegnamento	Il corso è sviluppato attraverso le lezioni preregistrate audio-video dalla durata di mezz'ora ciascuna che compongono, insieme a slide, dispense ed esercitazioni svolte, 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. Sono altresì disponibili lezioni in web-conference programmate a calendario che si realizzano nei periodi didattici e testi di appelli d'esame precedenti, utili per prendere confidenza con la tipologia d'esame scritto. La didattica interattiva è svolta nel forum della "<i>classe virtuale</i>" e comprende tre Etivity che applicano le conoscenze acquisite nelle lezioni di teoria ad esercizi e simulazioni, anche mediante l'utilizzo di un software di simulazione numerica per applicazioni elettromagnetiche. In particolare, il Corso di Antenne prevede 9 crediti formativi (CFU). Il carico totale di studio per questo modulo di insegnamento è di circa 225 ore così suddivise in: 1. circa 150 ore per la visualizzazione e lo studio del materiale videoregistrato (21 ore videoregistrate di lezioni teoriche) 2. circa 65 ore di didattica interattiva per l'elaborazione delle Etivity 3. circa 5 ore di didattica interattiva per l'esecuzione dei test di autovalutazione Si consiglia di distribuire lo studio della materia uniformemente in un periodo di 10-12 settimane dedicando tra le 20 alle 30 ore di studio a settimana.
Contenuti del corso	Modulo 1 – Richiami di elettromagnetismo (4 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 14 ore - Settimana 1) Richiami di elettromagnetismo: equazioni di Maxwell, equazione di continuità e relazioni costitutive. Modulo 2 – Funzione di Green e radiatori elementari (2 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 7 ore – Settimana 1) Potenziali elettrostatici. Funzione di Green: funzione di Green per lo spazio libero. Radiazione da dipolo elettrico infinitesimo e radiazione da dipolo magnetico infinitesimo. Modulo 3 – Caratteristiche delle antenne (2 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 7 ore – Settimana 2) Introduzione. Caratteristiche delle antenne: caratteristiche elettriche e caratteristiche radiative. Modulo 4 – Antenne in ricezione (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10.5 ore – Settimana 2) Antenne in ricezione: teorema di reciprocità, area e lunghezza efficace e rumore nei sistemi di comunicazione e temperatura di rumore di un'antenna. Modulo 5 – Separazione tra le regioni di campo e formula di Friis (1 lezioni di teoria videoregistrata per un impegno di 3.5 ore – Settimana 2) Separazione tra le regioni di campo: regione di campo vicino, regione di campo di Fresnel e regione di campo di Fraunhofer. Formula di Friis.

	Modulo 6 – Antenne filari (6 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 21 ore – Settimana 3) Antenne a dipolo: dipolo corto non infinitesimo, dipolo a mezz'onda, balun. Antenne filari poste in prossimità di conduttori ideali infinitamente estesi: teoria delle immagini e effetti di un piano di massa reale. Altri tipi di antenne filari. Modulo 7 – Antenne a spira (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10.5 ore – Settimana 4) Antenne a spira: piccola spira di corrente, spira circolare con corrente uniforme, spira circolare con corrente non uniforme. Antenne a spira poligonali. Antenne a spira con ferrite. Modulo 8 – Allineamenti di antenne (7 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 24.5 ore – Settimane 4-5) Fattore di allineamento. Allineamenti uniformi unidimensionali e bidimensionali: allineamenti broadside e endfire e condizione di Hansen-Woodyard. Allineamenti non uniformi: allineamenti binomiali e polinomiali di Schelkunoff, allineamenti di Chebyshev. Allineamenti parassiti: Allineamenti di Yagi-Uda e Allineamenti log-periodici. Modulo 9 – Antenne ad apertura 7 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 24.5 ore – Settimane 5-6) Radiazione da apertura piana: metodo della trasformata di Fourier. Radiazione da apertura rettangolare e circolare: campo uniforme con variazione lineare di fase e campo rastremato. Principi di equivalenza: principio del campo equivalente di Love. Radiazione da guida d'onda rettangolare e circolare. Antenne a tromba rettangolare, circolare e piramidale. Antenne a tromba corrugate. Radiazione da fenditura e allineamenti di fenditure. Modulo 10 – Antenne a riflettore parabolico (4 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 14 ore – Settimane 6-7) Ottica geometrica. Lenti a microonde. Antenne a riflettore parabolico: perdite di potenza nelle antenne a riflettore parabolico, polarizzazione incrociata e feed a bassa polarizzazione incrociata. Ottica fisica. Riflettori offset e sistemi a doppio riflettore. Modulo 11 – Antenne in microstriscia (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10.5 ore – Settimana 7) Introduzione. Caratteristiche delle antenne in microstriscia: meccanismo di radiazione e caratteristiche principali, onde superficiali, tecniche di eccitazione. Antenne a patch rettangolare: modello a LdT e modello a cavità. Etivity 1 – Progetto e analisi di un monopolo risonante in quarto d'onda con CST Studio Suite – Student Edition (20 ore di carico di studio – Settimana 9) Etivity 2 – Progetto e analisi di un'antenna in microstriscia con CST Studio Suite – Student Edition (20 ore di carico di studio - Settimane 9-10) Etivity 3 – Progetto e analisi di un allineamento di antenne con CST Studio Suite – Student Edition (25 ore di carico di studio - Settimana 10)
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: • C. Balanis, “Antenna theory, analysis and design”, Wiley-Interscience. • Robert E. Collin, “Antennas and Radiowave Propagation”, Mcgraw-Hill College.
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. I due esercizi numerici hanno un punteggio massimo di 8.5 punti ciascuno, mentre alla domanda di teoria è assegnato un punteggio massimo di 9 punti. 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: • Caratteristiche delle antenne; Separazione tra le regioni di campo e formula di Friis; Antenne filari; Antenne a loop; Allineamenti di antenne; Antenne ad apertura. Gli argomenti delle domande di teoria, invece, possono riguardare tutti i moduli del corso. Per lo svolgimento degli esami è consentito l'utilizzo del formulario del corso caricato in piattaforma. Gli studenti sono invitati a stampare il formulario e a portarlo con sé il giorno dell'esame. Si invitano gli studenti ad usare in modo sistematico il formulario sin dalle prime fasi della preparazione dell'esame, in modo da prendere progressivamente confidenza con questo prezioso strumento. Le e-tivity, invece, 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>. Il materiale da consegnare per ciascuna e-tivity è costituito da due file: un file con estensione “.cst”, contenente la simulazione impostata dallo studente (senza i risultati), e un file con estensione “.pdf” contenente un report dettagliato dei risultati della simulazione. 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). • L'esame parziale 1 (4 CFU) riguarderà i seguenti moduli: Modulo 1, Modulo 2, Modulo 3, Modulo 4, Modulo 5, Modulo 6, Modulo 7, Modulo 12 e comprende l'e-tivity 1. L'esame parziale 1 sarà valutato fino ad un massimo di 14 punti (compresa la valutazione dell'e-tivity 1). • L'esame parziale 2 (5 CFU) riguarderà i seguenti moduli: Modulo 8, Modulo 9, Modulo 10, Modulo 11, Modulo 12 e comprende le e-tivity 2 e 3. L'esame parziale 2 sarà valutato fino ad un massimo di 17 punti (compresa la valutazione delle e-tivity 2 e 3).
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 Magistrale in Antenne che contiene tutti i dettagli.