

## Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica (Classe delle lauree in Ingegneria dell'Informazione – n. 9)

Obiettivo principale è quello di fornire al laureato in Ingegneria Biomedica una solida formazione nelle metodologie e tecnologie dell'ingegneria applicata alle problematiche mediche. A tale scopo, i laureati dovranno acquisire: conoscenze adeguatamente sviluppate delle metodologie operative delle scienze di base e di quelle proprie dell'ingegneria per applicarle al settore della medicina e biologia, al fine di comprendere, formalizzare e risolvere problematiche di interesse medico-biologico e più in generale sanitario, attraverso la possibilità di partecipare a collaborazioni inter e multidisciplinari di specialisti ed operatori nei diversi settori sanitari; conoscenza dei contesti operativi industriali e dei servizi sanitari, con capacità di progettazione, di controllo e di gestione delle tecnologie, dei materiali, degli impianti e delle organizzazioni sanitarie e ospedaliere; capacità di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in almeno una lingua dell'Unione Europea, oltre l'italiano.

Per il laureato in Ingegneria Biomedica si sono affermate da tempo le seguenti tre figure professionali: Progettista, gestore della produzione e commercializzazione di dispositivi, apparecchi e sistemi Biomedicali; Responsabile nell'organizzazione e pianificazione di Servizi Sanitari, nonché nella gestione dei dispositivi, delle tecnologie e degli impianti medicali per un uso sicuro, appropriato ed economico; Ricercatore in strutture ospedaliere, industriali, universitarie ed in centri di ricerca e sviluppo pubblici e privati. I principali sbocchi occupazionali di un laureato in Ingegneria Biomedica sono: società e industrie di progettazione, produzione e commercializzazione del settore biomedico e farmaceutico; aziende ospedaliere e sanitarie pubbliche e private; società di servizi per la gestione e la manutenzione di apparecchiature ed impianti medicali, anche di telematica sanitaria e di telemedicina; laboratori specializzati e Centri di Ricerca pubblici e privati.

Il Corso di Laurea si articola, pertanto, in tre curricula: Organizzazione, automazione, gestione sanitaria; Ingegneria ospedaliera e clinica; Scienze e tecnica dei materiali di interesse biomedico.

### CURRICULA

Ai sensi dell'art.9 comma 4 del D.M. n.509 del 3/11/99, tutti i Crediti Formativi Universitari (CFU) acquisiti nell'ambito del presente Manifesto degli studi saranno riconosciuti validi per l'eventuale prosecuzione degli studi nella Classe delle lauree specialistiche in Ingegneria Biomedica (Classe 26/S) presso questa Facoltà di Ingegneria.

Insegnamento	Modulo	Settore scientifico - disciplinare	CFU	Attività formativa (#)	Propedeuticità
<b>I Anno - 1° Semestre</b>					
Analisi matematica I	Analisi matematica I	MAT/05	3+6	f/a	Nessuna
Fisica generale I	Fisica generale I	FIS/01	6	a	Nessuna
Elementi di informatica	Elementi di informatica	ING-INF/05	6	a	Nessuna
Geometria Algebra	Geometria Algebra	MAT/03	6	a/f	Nessuna
<b>I Anno - 2° Semestre</b>					
Analisi matematica II	Analisi matematica II	MAT/05	6	a	Analisi matematica I
Fisica generale II	Fisica generale II	FIS/01	6	a	Fisica generale I
Calcolatori elettronici I	Calcolatori elettronici I	ING-INF/05	6	b	Elementi di informatica
Chimica	Chimica	CHIM/07	5	a	Nessuna
Fisica tecnica	Fisica tecnica	ING-IND/11	4	c	Analisi matematica I Fisica generale I
Principi di bioingegneria I	Principi di bioingegneria I	ING-INF/06	3	b	Nessuna
<b>II Anno - 1° Semestre</b>					
Metodi matematici per l'ingegneria	Metodi matematici per l'ingegneria	MAT/05	6	a	Analisi matematica II Geometria e algebra
Elettrotecnica	Elettrotecnica	ING-IND/31	6	c	Analisi matematica II Fisica generale II
Meccanica dei materiali e delle strutture I	Meccanica dei materiali e delle strutture I	ICAR/08 ICAR/09	6	c	Analisi matematica II Fisica generale I

Fenomeni di trasporto	Fenomeni di trasporto	ING-IND/24	6	c	Analisi matematica II Chimica Fisica tecnica
<b>Biomateriali</b>	<b>Biomateriali</b>	<b>ING-IND/22</b>	<b>6</b>	<b>c</b>	<b>nessuna</b>
<b>II Anno - 2° Semestre</b>					
Teoria dei segnali	Teoria dei segnali	ING-INF/03	6	b	Analisi Matematica II
Campi elettromagnetici	Campi elettromagnetici	ING-INF/02	6	b	Metodi matematici per l'ingegneria Elettrotecnica
Fondamenti di misure	Fondamenti di misure	ING-INF/07	6	b	Elettrotecnica
Strumentazione biomedica	Strumentazione biomedica	ING-INF/06	6	b	Principi di bioingegneria I
Fondamenti di sistemi dinamici	Fondamenti di sistemi dinamici	ING-INF/04	6	c	Metodi matematici per l'ingegneria Fisica generale II
Principi di bioingegneria II	Principi di bioingegneria II	ING-INF/06	3	b	Principi di bioingegneria I
<b>III Anno - 1° semestre</b>					
Lingua straniera	Lingua straniera		3	e	
Elaborazione di dati e segnali biomedici	Elaborazione di dati e segnali biomedici	ING-INF/06	6	b	Principi di bioingegneria II
Bioelettromagnetismo	Bioelettromagnetismo	ING-INF/02	6	b	Campi elettromagnetici
Elettronica digitale	Elettronica digitale	ING-INF/01	6	b	Elettrotecnica
insegnamenti curriculari	moduli curriculari		9	b	
<b>III Anno - 2° semestre</b>					
Trasmissione numerica	Trasmissione numerica	ING-INF/03	6	b	Teoria dei segnali
Organizzazione e automazione sanitaria	Organizzazione e automazione sanitaria	ING-INF/06	6	b	Principi di Bioingegneria II, Strumentazione Biomedica
	A scelta dello studente		9	d	
	<b>Inserimento nel mondo lavoro – ulteriori conoscenze</b>		<b>3</b>	<b>f</b>	
	Prova finale		6	e	

(#) Ai sensi dell'Art. 10 comma 1 del D.M n. 509 del 3/11/1999: a = di base; b = caratterizzanti; c = affini o integrative; d = a scelta autonoma dello studente; e = prova finale e lingua straniera; f = ulteriori conoscenze.

### Curriculum Organizzazione, Automazione, Gestione Sanitaria

Insegnamento	Modulo	Settore scientifico - disciplinare	CFU	Attività formativa (#)	Propedeuticità
Tecnologie biomediche	Tecnologie biomediche	ING-INF/06	6	d	Principi di Bioingegneria II, Strumentazione Biomedica
Misure per la qualificazione e diagnostica di componenti e sistemi	Misure per la qualificazione e diagnostica di componenti e sistemi	ING-INF/07	3	c	Fondamenti di misure
			9		

### Scelte consigliate per il completamento del curriculum

Gestione aziendale	Gestione aziendale	ING-IND/35	6	d	
Reti di telecomunicazioni	Reti di telecomunicazioni	ING-INF/03	6	d	Teoria dei Segnali
Reti di calcolatori	Reti di calcolatori	ING-INF/05	6	d	Calcolatori Elettronici I
Laboratorio di misure	Laboratorio di misure	ING-INF/07	3	d	Fondamenti di misure
Laboratorio di Telecomunicazioni	Laboratorio di Telecomunicazioni	ING-INF/03	3	d	Teoria dei Segnali

Economia e organizzazione aziendale	Economia e organizzazione aziendale	ING-IND/35	6	d	
Laboratorio di tecnologie biomediche	Laboratorio di tecnologie biomediche	ING-INF/06	3	d	Principi di Bioingegneria II, Strumentazione Biomedica
Laboratorio di Campi Elettromagnetici	Laboratorio di Campi Elettromagnetici	ING-INF/02	3	d	
Programmazione I	Programmazione I	ING-INF/05	6	d	Elementi di Informatica
	<i>Altri moduli dei s.s.d ING-INF</i>			d	

N.B.:

1. Per gli insegnamenti a scelta dello Studente, che vengono impartiti in altri Corsi di Laurea, essi sono allocati e saranno svolti nel semestre previsto nel Corso di Laurea da cui vengono scelti.
2. Gli insegnamenti di Telemedicina, ora denominato Telemedicina e Telematica Sanitaria, e quello di Tecnologie per la Riabilitazione presenti nei precedenti Manifesti della Laurea sono stati spostati al Primo Semestre del Secondo Anno della Laurea Specialistica.
3. L'insegnamento di Laboratorio di Misure Elettroniche previsto nei precedenti Manifesti equivale a Laboratorio di Misure.

### Curriculum Ingegneria Ospedaliera e Clinica

Insegnamento	Modulo	Settore scientifico - disciplinare	CFU	Attività formativa (#)	Propedeuticità
Impianti ospedalieri	Impianti ospedalieri	ING-IND/11	3	d	Fisica Tecnica
Ingegneria sanitaria	Ingegneria sanitaria	ICAR/03	3	c	
Ingegneria Clinica	Ingegneria Clinica	ING-INF/06	3	b	Principi di Bioingegneria II, Strumentazione Biomedica
		<i>CFU totali</i>	9		

### Scelte consigliate per il completamento del curriculum

Tecnica della sicurezza elettrica	Tecnica della sicurezza elettrica	ING-IND/33	6	c	Elettrotecnica
Misure per la qualificazione e diagnostica di componenti e sistemi	Misure per la qualificazione e diagnostica di componenti e sistemi	ING-INF/07	3	d	Fondamenti di misure
Laboratorio di misure	Laboratorio di misure	ING-INF/07	3	d	Fondamenti di misure
Reti di calcolatori	Reti di calcolatori	ING-INF/05	6	d	Calcolatori Elettronici I
	<i>Altri moduli dei s.s.d ING-INF</i>			d	

N.B.:

1. Per gli insegnamenti a scelta dello Studente, che vengono impartiti in altri Corsi di Laurea, essi sono allocati e saranno svolti nel semestre previsto nel Corso di Laurea da cui vengono scelti.
2. Gli insegnamenti di Telemedicina, ora denominato Telemedicina e Telematica Sanitaria, e quello di Tecnologie per la Riabilitazione presenti nei precedenti Manifesti della Laurea sono stati spostati al Primo Semestre del Secondo Anno della Laurea Specialistica.
3. L'insegnamento di Laboratorio di Misure Elettroniche previsto nei precedenti Manifesti equivale a Laboratorio di Misure.

### Curriculum Scienza e Tecnica dei Materiali di Interesse Biomedico

Insegnamento	Modulo	Settore scientifico - disciplinare	CFU	Attività formativa (#)	Propedeuticità
Ingegneria dei tessuti	Ingegneria dei tessuti	ING-IND/22	6	c	Biomateriali II
Meccanica dei materiali e delle strutture II	Meccanica dei materiali e delle strutture II	ICAR /09	3	c	Meccanica dei materiali e delle strutture I
		<i>CFU totali</i>	9		

#### Scelte consigliate per il completamento del curriculum.

Organi artificiali e protesi	Organi artificiali e protesi	ING-IND/22	3	d	
Meccanica dei materiali e delle strutture III	Meccanica dei materiali e delle strutture III	ICAR/ 08	3	d	Meccanica dei materiali e delle strutture I
Reologia dei fluidi biologici	Reologia dei fluidi biologici	ING-IND/24	3	d	Fenomeni di trasporto
Reattori Biochimici per applicazioni analitiche e terapeutiche	Reattori Biochimici per applicazioni analitiche e terapeutiche	ING-IND/24	3	d	Fenomeni di trasporto
	<i>Altri moduli dei s.s.d ING-INF e ING-IND</i>			d	

N.B.:

1. Per gli insegnamenti a scelta dello Studente, che vengono impartiti in altri Corsi di Laurea, essi sono allocati e saranno svolti nel semestre previsto nel Corso di Laurea da cui vengono scelti.
2. Gli insegnamenti di Telemedicina, ora denominato Telemedicina e Telematica Sanitaria, e quello di Tecnologie per la Riabilitazione presenti nei precedenti Manifesti della Laurea sono stati spostati al Primo Semestre del Secondo Anno della Laurea Specialistica.
3. L'insegnamento di Laboratorio di Misure Elettroniche previsto nei precedenti Manifesti equivale a Laboratorio di Misure.

## Attività formative del Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica.

**Insegnamento:** Analisi matematica I

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Analisi matematica I	MAT/05	6a+3f	I	9
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 40	<b>Ore impegno studente:</b> 140		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 25	<b>Ore impegno studente:</b> 65		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Laboratorio	<b>Ore impegno docente:</b> 15	<b>Ore impegno studente:</b> 20		

### Obiettivi formativi:

Fornire i concetti fondamentali, in vista delle applicazioni, relativi al calcolo infinitesimale, differenziale e integrale per le funzioni reali di una variabile reale; fare acquisire adeguate capacità di formalizzazione logica e abilità operativa consapevole.

### Contenuti:

Numeri reali. Numeri complessi. Funzioni elementari nel campo reale. Equazioni e disequazioni. Limiti delle funzioni reali di una variabile reale: proprietà dei limiti, operazioni con i limiti e forme indeterminate, infinitesimi, infiniti, calcolo di limiti. Funzioni continue: proprietà e principali teoremi. Calcolo differenziale per funzioni reali di una variabile reale: funzioni derivabili e significato geometrico della derivata, il differenziale, principali teoremi del calcolo differenziale, estremi relativi e assoluti, criteri di monotonia, funzioni convesse e concave, studio del grafico, formula di Taylor. Integrazione indefinita: primitive e regole di integrazione indefinita. Calcolo integrale per le funzioni continue in un intervallo compatto: proprietà e principali teoremi, area del rettangoloide, teorema fondamentale del calcolo integrale, calcolo di integrali definiti. Successioni e serie numeriche, serie geometrica, serie armonica.

**Propedeuticità:** Nessuna.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prove applicative in itinere e/o prova finale; colloquio.

-----

**Insegnamento:** Analisi matematica II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Analisi matematica II	MAT/05	a	I	6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 30	<b>Ore impegno studente:</b> 106		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 22	<b>Ore impegno studente:</b> 44		

### Obiettivi formativi:

Fornire i concetti fondamentali, in vista delle applicazioni, relativi sia al calcolo differenziale e integrale per le funzioni reali di più variabili reali sia alle equazioni differenziali ordinarie; fare acquisire abilità operativa consapevole.

### Contenuti:

Successioni e serie di funzioni nel campo reale. Funzioni reali e vettoriali di più variabili reali: limiti, continuità e principali teoremi. Calcolo differenziale per le funzioni reali di più variabili reali: differenziabilità, teoremi fondamentali del calcolo differenziale, formula di Taylor. Estremi relativi e assoluti: condizioni necessarie, condizioni sufficienti. Integrali doppi e tripli di funzioni continue su insiemi compatti, formule di riduzione e cambiamento di variabili. Curve e superfici regolari, retta e piano tangenti, lunghezza di una curva e area di una superficie. Integrali curvilinei e integrali superficiali. Forme differenziali a coefficienti continui e integrali curvilinei di forme differenziali. Campi vettoriali gradienti, campi vettoriali irrotazionali. Teoremi della divergenza e di Stokes nel piano e nello spazio. Equazioni differenziali del primo ordine a variabili separabili, equazioni differenziali lineari, risoluzione delle equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti.

**Propedeuticità:** Analisi matematica I.

**Prerequisiti:** Geometria e algebra.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prove applicative in itinere e/o prova finale; colloquio.

**Insegnamento:** Bioelettromagnetismo

<b>Modulo didattico</b> Bioelettromagnetismo	<b>SSD</b> ING-INF/02	<b>Af</b> b	<b>Anno</b> III	<b>CFU</b> 6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 38	<b>Ore impegno studente:</b> 114		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Laboratorio	<b>Ore impegno docente:</b> 12	<b>Ore impegno studente:</b> 36		

**Obiettivi formativi:**

Fornire conoscenze di base sui fenomeni di interazione tra campi elettromagnetici e tessuti biologici sia per finalità diagnostiche e terapeutiche sia per l'esercizio di attività protezionistica nei riguardi del rischio elettromagnetico.

**Contenuti:**

Proprietà elettriche dei tessuti biologici e dei materiali di interesse biomedico. Penetrazione e distribuzione nel corpo umano alle diverse frequenze. Risposte biologiche ai campi elettromagnetici in vitro e in vivo. Fondamenti elettromagnetici e tecnologia dei sensori/applicatori per le applicazioni diagnostiche e terapeutiche. Dosimetria elettromagnetica e limiti di sicurezza primari e secondari. Normative internazionali e nazionali. Misure di campo elettromagnetico, determinazione dell'esposizione. Laboratorio: misura delle caratteristiche elettriche, a larga banda, di materiali di interesse biologico, applicazione di tecniche numeriche per dosimetria protezionistica.

**Propedeuticità:** Campi elettromagnetici.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

-----

**Insegnamento:** Biomateriali

<b>Modulo didattico</b> Biomateriali	<b>SSD</b> ING-IND/22	<b>Af</b> c	<b>Anno</b> II	<b>CFU</b> 6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 40	<b>Ore impegno studente:</b> 124		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 12	<b>Ore impegno studente:</b> 26		

**Obiettivi formativi:**

Il corso è finalizzato ad integrare le competenze sulle proprietà dei materiali con quelle relative al comportamento tessuti umani. Lo scopo è quello di fornire allo studente le conoscenze relative alle interazioni tra materiali sintetici e materiali naturali dal punto di vista chimico-fisico e meccanico.

**Contenuti:**

Analisi della struttura e delle proprietà dei tessuti umani e dei fluidi biologici presenti nel corpo umano. Tessuti molli (legamenti, tendini, cuore, vasi, pelle, muscoli), Tessuti duri (ossa, denti, cartilagine, dischi intervertebrali), Fluidi (sangue, vitreo, liquido sinoviale). Relazione struttura-proprietà dei tessuti. Morfologia, proprietà meccaniche, proprietà dinamico-meccaniche, reologiche, di trasporto, biomeccanica. Biocompatibilità. Definizioni, interazioni tessuto-materiali. Principali classi di materiali che trovano utilizzo in applicazioni biomedicali: struttura, proprietà, e processi tecnologici. Uso come biomateriali di materiali metallici, polimerici, compositi, ceramici. Protesi: proprietà, biofunzionalità, progettazione, dimensionamento e tecnologie di preparazione e sterilizzazione. Esempi di realizzazione di protesi e di formulazione di fluidi sintetici e/o di origine naturale in sostituzione di fluidi biologici. Normative, e procedure per GMP, QA, QC.

**Propedeuticità:** Nessuna.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

-----

**Insegnamento:** Calcolatori elettronici I

<b>Modulo didattico</b> Calcolatori elettronici I	<b>SSD</b> ING-INF/05	<b>Af</b> b	<b>Anno</b> I	<b>CFU</b> 6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 35	<b>Ore impegno studente:</b> 105		

**Modalità di insegnamento:** Esercitazione  
**Modalità di insegnamento:** Laboratorio

**Ore impegno docente:** 20  
**Ore impegno docente:** 5

**Ore impegno studente:** 40  
**Ore impegno studente:** 5

**Obiettivi formativi:**

Fornire le conoscenze di base relative a:

- Architettura dei calcolatori elettronici (componenti di un calcolatore e loro interconnessioni),
- Linguaggio del processore (istruzioni del processore e programmazione in linguaggio assembly).

**Contenuti:**

Elementi di algebra di Boole. Le funzioni di due variabili. Funzioni Booleane generalizzate. Insiemi funzionalmente completi. Reti combinatorie. Reti unilaterali. Porte elementari. Automa a stati finiti: grafo e tabella. Moore e Mealy. Macchine sequenziali. Flip-flop: generalità. Contatori e registri a scorrimento: funzionalità. Tecniche locali di sincronizzazione. Porte di parola. Porte abilitanti. Bus. OR di bus. Multiplexer. Multiplexer binario. Demultiplexer. Registri a scorrimento. Trasferimenti tra registri. Trasferimenti paralleli e seriali. Macchine per il trattamento di codici. Generalità sui codici. Codifica diretta e indiretta. Esempi di codici. La rappresentazione dei numeri. Le macchine aritmetiche (cenni). Calcolatore elettronico: sottosistemi e architettura. Il processore. La memoria centrale. Il sottosistema di I/O. Le memorie. L'unità logico-aritmetica. Tipi di dato. L'unità di controllo. Linguaggio macchina e linguaggio assembler. Tecniche di indirizzamento. Codifica delle Istruzioni. Processori CISC e RISC (cenni). Linguaggio Assembler. Assemblaggio ed esecuzione di programmi in linguaggio assembly. Simulatore di processore MC68000. Sottoprogrammi in linguaggio assembly. Passaggio dei parametri. Corrispondenza tra linguaggi di alto livello e linguaggio macchina. Protezioni e controlli del processore. Gestione delle interruzioni. La registrazione su superfici magnetiche (cenni).

**Propedeuticità:** Elementi di informatica.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

-----  
**Insegnamento:** Campi elettromagnetici

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Campi elettromagnetici	ING-INF/02	b	II	6

**Modalità di insegnamento:** Lezione **Ore impegno docente:** 50 **Ore impegno studente:** 150

**Obiettivi formativi:**

Fornire gli strumenti metodologici e formali per lo studio delle proprietà dei campi elettromagnetici nei mezzi materiali e illustrare le configurazioni e i principi di funzionamento delle strutture fisiche di supporto del campo, con particolare riferimento alle applicazioni di interesse biomedico.

**Contenuti:**

Campi elettrostatici e campi magnetostatici. Equazioni di Maxwell in regime sinusoidale, mezzi privi di perdite e con perdite, condizioni di raccordo. Propagazione in mezzi illimitati: onde piane omogenee e inhomogenee. Riflessione e rifrazione da una discontinuità piana, caso dielettrico con perdite, caso metallico. Onde piane e linee di trasmissione. Adattamento. Risonanza. Strato dielettrico tra piani metallici. Guida d'onda rettangolare. Modi TEM, cavo coassiale. Vettore e teorema di Poynting. Antenne, guadagno, collegamento.

**Propedeuticità:** Metodi matematici per l'ingegneria, Elettrotecnica.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

-----  
**Insegnamento:** Chimica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Chimica	CHIM/07	a	I	5

**Modalità di insegnamento:** Lezione **Ore impegno docente:** 38 **Ore impegno studente:** 114  
**Modalità di insegnamento:** Esercitazione **Ore impegno docente:** 16 **Ore impegno studente:** 32  
**Modalità di insegnamento:** Prova intracorso **Ore impegno docente:** 4 **Ore impegno studente:** 4

**Obiettivi formativi:**

Conoscenza della natura della materia e delle sue principali trasformazioni, fondamento di tecnologie e problematiche di tipo ingegneristico quali materiali, inquinamento, energia. Individuazione delle analogie tra le differenti fenomenologie e comune interpretazione termodinamica e meccanicistica.

**Contenuti:**

Dalle leggi fondamentali della chimica all'ipotesi atomica. Massa atomica. La mole e la massa molare. Formule chimiche. L'equazione di reazione chimica bilanciata e calcoli stechiometrici. La struttura elettronica degli atomi. Orbitali atomici. Legami chimici. La polarità dei legami e molecole polari. Nomenclatura dei principali composti inorganici. Legge dei gas ideali. Le miscele gassose. La distribuzione di Maxwell-Boltzmann delle velocità molecolari. Gas reali. Interazioni intermolecolari. Stato liquido. Stato solido. Forze di coesione nei solidi. Tipi di solidi: covalente, molecolare, ionico, metallico. Solidi amorfi. Cenni di termodinamica chimica. Trasformazioni di fase di una sostanza pura: definizioni ed energetica. Il diagramma di fase di una sostanza pura. Le soluzioni e loro proprietà. La solubilità. Bilanci di materia nelle operazioni di mescolamento e diluizione delle soluzioni. Le reazioni chimiche. Termochimica. Leggi cinetiche e meccanismi di reazione. Teoria delle collisioni. Equilibri chimici. La legge di azione di massa. Acidi e basi. L'equilibrio in sistemi omogenei ed eterogenei. Il concetto di semireazione. Celle galvaniche. Potenziali elettrochimici. Principali composti organici.

**Propedeuticità:** Nessuna.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prove in itinere scritte; prova finale scritta e orale. Prove di recupero scritte e orali.

-----

**Insegnamento:** Elaborazione di dati e segnali biomedici

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Elaborazione di dati e segnali biomedici	ING-INF/06	b	III	6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 46		<b>Ore impegno studente:</b> 138	
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 4		<b>Ore impegno studente:</b> 8	
<b>Modalità di insegnamento:</b> Laboratorio	<b>Ore impegno docente:</b> 4		<b>Ore impegno studente:</b> 4	

**Obiettivi formativi:**

Acquisire conoscenze delle principali tecniche per la misura, il trattamento e l'elaborazione di dati e segnali biomedici e delle bioimmagini, capacità di realizzare semplice software per l'analisi di segnali biomedici.

**Contenuti:**

Introduzione ai segnali di origine biologica. Caratteristiche morfologiche e di banda dei principali segnali biomedici. Richiami sull'acquisizione di dati e segnali biomedici, condizionamento, campionamento, quantizzazione e memorizzazione. Elaborazione numerica dei segnali nel dominio del Tempo e della Frequenza; cenni sulla Z-Trasformata, funzione di auto-correlazione e mutua correlazione, filtri numerici, derivatori. Metodi di analisi di segnali correlati e non correlati. Analisi di segnali elettrocardiografici (riconoscimento del QRS, rivelazione del ritmo, riconoscimento di aritmie, etc.), di variabilità cardiaca (nel tempo e in frequenza), di pressione, di flusso, elettroencefalografici, di potenziali evocati (stimolazione periodica e aperiodica, tecnica della media correlata), elettromiografici (nel tempo e in frequenza), elettrooculografici per lo studio dei movimenti oculari. Cenni sulla strumentazione e le tecniche di elaborazione per le immagini mediche. Cenni sulla catena di elaborazione numerica delle immagini. Cenni sulle principali tecniche di elaborazione delle immagini biomediche (TC, NMR, PET, SPECT). Introduzione a MATLAB, Laboratorio di elaborazione di segnali biomedici nel discreto con MATLAB.

**Propedeuticità:** Principi di bioingegneria II.

**Prerequisiti:** Teoria dei segnali.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

-----

**Insegnamento:** Elementi di informatica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Elementi di informatica	ING-INF/05	a	I	6

**Modalità di insegnamento:** Lezione  
**Modalità di insegnamento:** Esercitazione  
**Modalità di insegnamento:** Laboratorio

**Ore impegno docente:** 34  
**Ore impegno docente:** 16  
**Ore impegno docente:** 4

**Ore impegno studente:** 102  
**Ore impegno studente:** 40  
**Ore impegno studente:** 8

**Obiettivi formativi:**

Fornire le nozioni di base per le discipline informatiche, introducendo lo studente allo studio dei fondamenti teorici dell'informatica, dell'architettura dei calcolatori e dei linguaggi di programmazione ad alto livello. Fornire le conoscenze necessarie per lo sviluppo di programmi per la risoluzione di problemi di limitata complessità.

**Contenuti:**

Il concetto di elaborazione e di algoritmo. Elementi di algebra della logica delle proposizioni. La rappresentazione dell'informazione. L'architettura dei sistemi di elaborazione: il modello di Von Neumann, principio di funzionamento della Central Processing Unit, le memorie, l'Input/Output. Il sistema operativo (cenni). Le reti di calcolatori e Internet (cenni). Il ciclo di vita di un programma.

Fondamenti di programmazione: tipi di dato semplici e tipi di dato strutturati; istruzioni elementari e strutture di controllo. La programmazione strutturata. Algoritmi su sequenze e array. L'input/output e i file. I linguaggi di programmazione. I sottoprogrammi e le librerie standard.

Esercitazioni in laboratorio: impiego di un ambiente di sviluppo dei programmi con esempi di algoritmi numerici.

**Propedeuticità:** Nessuna.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova pratica al calcolatore e prova orale.

-----

**Insegnamento:** Elettronica digitale

**Modulo didattico**  
Elettronica digitale

**SSD**  
ING-INF/01

**Af**  
b

**Anno**  
III

**CFU**  
6

**Modalità di insegnamento:** Lezione

**Ore impegno docente:** 50

**Ore impegno studente:** 150

**Obiettivi formativi:**

Conoscenza, mediante lezioni teoriche e l'utilizzo di strumenti software, delle caratteristiche principali dei circuiti elettronici digitali. Principi di funzionamento e caratteristiche delle varie famiglie logiche. Capacità di progettare e analizzare semplici sistemi combinatori e sequenziali.

**Contenuti:**

Caratteristiche e parametri di prestazione dei circuiti digitali. Margini di rumore, tempo di propagazione, potenza dissipata, prodotto ritardo per potenza dissipata, area occupata. Cenni sulle tecnologie dei circuiti integrati. Caratteristiche di MOS e BJT nel regime di ampi segnali. Modello Spice del MOS. Capacità parassite del MOS. Logiche a rapporto: MOS con carico resistivo, MOS con carico attivo ad arricchimento, a svuotamento e pseudo-NMOS. Calcolo delle caratteristiche delle logiche a rapporto. Progetto di un MOS dato il K. Layout e dimensionamento di porte logiche a rapporto. Nand e Nor in logica a rapporto, confronto. Logica complementare full-CMOS. Calcolo delle caratteristiche delle logiche complementari. Layout e dimensionamento di porte logiche complementari. Nand e Nor in logica complementare, confronto. Progetto di porte logiche complesse in tecnologie a MOS. Progetto porta Xor. Effetto dello scaling tecnologico. Stadi separatori. Logiche tristate e Open-drain. Logiche bipolari saturate: RTL, TTL. Logiche TTL avanzate. Logiche BiCMOS. Logiche bipolari non saturate: CML ed ECL. Progetto dei circuiti per la generazione della tensione di riferimento per le logiche bipolari non saturate. Circuiti sequenziali elementari. Realizzazione di latch e flip-flop. memorie non volatili EEPROM e Flash. Memorie ROM con indirizzamento bidimensionale. Classificazione delle memorie RAM. SRAM a 4T e 6T. RAM dinamiche 1T: Circuito open-bit line e dummy cell. Circuiti logici programmabili. Utilizzo classificazione, sistema di sviluppo e flusso di progetto. Schema PLA e PAL. PAL sequenziali CPLD ed FPGA.

**Propedeuticità:** Elettrotecnica.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prove applicative in itinere e/o prova finale; colloquio.

-----

**Insegnamento:** Elettrotecnica

**Modulo didattico**  
Elettrotecnica

**SSD**  
ING-IND/31

**Af**  
c

**Anno**  
II

**CFU**  
6

**Modalità di insegnamento:** Lezione  
**Modalità di insegnamento:** Esercitazione  
**Modalità di insegnamento:** Laboratorio

**Ore impegno docente:** 30  
**Ore impegno docente:** 15  
**Ore impegno docente:** 15

**Ore impegno studente:** 90  
**Ore impegno studente:** 30  
**Ore impegno studente:** 30

**Obiettivi formativi:**

Analisi dei principali regimi elettrici e di semplici transistori (primo e secondo ordine). Proprietà e caratteristiche del trasformatore. Studio di semplici impianti elettrici in bassa tensione, con particolare riguardo ai problemi di sicurezza elettrica.

**Contenuti:**

Reti elettriche in regime stazionario, sinusoidale e transitorio. Trasformatore monofase e cenni al trifase. Impianti in bassa tensione e sicurezza elettrica.

**Propedeuticità:** Analisi matematica II, Fisica generale II.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

-----

**Insegnamento:** Fenomeni di trasporto

<b>Modulo didattico</b>	<b>SSD</b>	<b>Af</b>	<b>Anno</b>	<b>CFU</b>
Fenomeni di trasporto	ING-IND/24	c	II	6

<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 35	<b>Ore impegno studente:</b> 105
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 20	<b>Ore impegno studente:</b> 40
<b>Modalità di insegnamento:</b> Prova intracorso	<b>Ore impegno docente:</b> 5	<b>Ore impegno studente:</b> 5

**Obiettivi formativi:**

Il corso fornisce i concetti di base dei fenomeni di trasporto di calore, di materia e di quantità di moto, finalizzandoli alla progettazione di apparecchiature di interesse biomedico.

**Contenuti:**

Trasporto di calore: Meccanismi del trasporto di calore. Legge di Fourier. Diffusività termica. Conduzione stazionaria. Trasporto di calore per convezione. Scambio termico all'interfaccia tra due fasi. Coefficiente di scambio termico. Resistenze in serie. Coefficiente globale di scambio termico. Trasporto di calore in tubi. Scambiatori di calore.

Trasporto di materia: Legge di Fick. Coefficiente di diffusione. Diffusione in regime stazionario. Trasporto di materia per convezione. Scambio di materia all'interfaccia tra due fasi. Coefficiente di scambio di materia. Resistenze in serie. Coefficiente globale di scambio materia. Diffusione e reazione in catalizzatori porosi. Fattore di efficienza. Modulo di Thiele. Trasporto di materia in tubi porosi. Scambiatori di materia (dializzatori, ossigenatori).

Trasporto di quantità di moto: Legge di Newton. Viscosità. Profili di velocità in moto laminare. Moto laminare in tubi. Legge di Poiseuille. Idrostatica. Legge di Stevino. Equazione di Bernoulli. Bilanci macroscopici di quantità di moto.

**Propedeuticità:** Analisi matematica II, Chimica, Fisica tecnica.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prove scritte in itinere e/o prova finale.

-----

**Insegnamento:** Fisica generale I

<b>Modulo didattico</b>	<b>SSD</b>	<b>Af</b>	<b>Anno</b>	<b>CFU</b>
Fisica generale I	FIS/01	a	I	6

<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 40	<b>Ore impegno studente:</b> 120
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 15	<b>Ore impegno studente:</b> 30

**Obiettivi formativi:**

Introdurre i concetti fondamentali della meccanica classica e i primi concetti della termodinamica, privilegiando gli aspetti fenomenologici e metodologici. Fornire una abilità operativa consapevole nella risoluzione di semplici esercizi.

**Contenuti:**

Metodo scientifico. Concetto di misura. Definizione operativa delle grandezze fisiche. Cinematica del punto materiale in una dimensione. Grandezze scalari e grandezze vettoriali; operazioni sui vettori. Cinematica del punto in due e tre dimensioni. Il principio di relatività. La prima legge di Newton: il principio di inerzia. La seconda legge di Newton. La terza legge di Newton: il principio di azione e reazione. Quantità di moto; impulso di una forza; momento di una forza e momento angolare. La forza peso; il moto dei proiettili; le reazioni vincolari; il moto lungo un piano inclinato; il pendolo semplice. Le interazioni fondamentali della natura (gravitazionale, elettromagnetica, forte e debole). Classificazione empirica delle forze e loro effetti dinamici: forza di attrito radente; forza elastica; forza di attrito viscoso. Sistemi di riferimento non inerziali e forze fittizie. Lavoro di una forza; il teorema dell'energia cinetica; campi di forza conservativi ed energia potenziale; il teorema di conservazione dell'energia meccanica. Le leggi di Keplero e la legge di gravitazione universale. Dinamica dei sistemi di punti materiali: equazioni cardinali; centro di massa; leggi di conservazione della quantità di moto e del momento angolare; sistema di riferimento del centro di massa e teoremi di König. Elementi di dinamica del corpo rigido. Elementi di statica dei fluidi. Temperatura e calore. Il gas perfetto. L'esperienza di Joule. Il primo principio della termodinamica.

**Propedeuticità:** Nessuna.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova scritta e/o orale.

-----

**Insegnamento:** Fisica generale II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fisica generale II	FIS/01	a	I	6

**Modalità di insegnamento:** Lezione **Ore impegno docente:** 40 **Ore impegno studente:** 120

**Modalità di insegnamento:** Esercitazione **Ore impegno docente:** 15 **Ore impegno studente:** 30

**Obiettivi formativi:**

Introdurre i concetti fondamentali dell'elettromagnetismo, privilegiando gli aspetti fenomenologici e metodologici. Fornire una abilità operativa consapevole nella risoluzione di semplici esercizi numerici.

**Contenuti:**

Interazione elettrica. Il principio di conservazione della carica elettrica. Legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Campo elettrico. Potenziale elettrostatico. Potenziale di dipolo. Forza risultante e momento risultante su un dipolo posto in un campo esterno. Flusso di un campo vettoriale. Legge di Gauss. Il campo elettrico in presenza di conduttori. Condensatori. Densità di energia del campo elettrico. Cenni sull'elettrostatica nei dielettrici. Correnti continue. Legge di Ohm. Legge di Joule. Forza elettromotrice di un generatore. Leggi di Kirchhoff. Circuito RC. Interazione magnetica. Forza di Lorentz. Forza su un conduttore percorso da corrente. Momento meccanico su una spira. Moto di una carica in un campo magnetico uniforme. Il campo magnetico generato da correnti stazionarie. Il campo di una spira a grande distanza. Il momento magnetico di una spira. La legge di Gauss per il magnetismo. Il teorema della circuitazione di Ampere. Cenni sulla magnetostatica nei mezzi materiali. Legge di Faraday. Coefficienti di Auto e Mutua induzione. Circuito RL. Densità di energia del campo magnetico. Corrente di spostamento. Cenni sulle onde elettromagnetiche.

**Propedeuticità:** Fisica generale I.

**Prerequisiti:** Analisi matematica I.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova scritta e/o orale.

-----

**Insegnamento:** Fisica tecnica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fisica tecnica	ING-IND/11	c	I	4

**Modalità di insegnamento:** Lezione **Ore impegno docente:** 20 **Ore impegno studente:** 60

**Modalità di insegnamento:** Esercitazione **Ore impegno docente:** 20 **Ore impegno studente:** 34

**Modalità di insegnamento:** Prova intracorso **Ore impegno docente:** 6 **Ore impegno studente:** 6

**Obiettivi formativi:**

L'allievo deve saper fare l'analisi di sistemi e di processi in cui vi siano trasformazioni energetiche e/o trasferimenti di energia, e deve impostare e risolvere semplici problemi di condizionamento ambientale.

**Contenuti:**

Termodinamica degli stati: principali proprietà termodinamiche di sostanze pure e miscele; piani e trasformazioni termodinamiche. Equazioni di bilancio di massa, energia ed entropia per sistemi chiusi e aperti: primo e secondo principio della termodinamica. Analisi termodinamica della conversione dell'energia: ciclo di Carnot diretto e inverso. Componenti di impianti per la conversione energetica. Analisi termodinamica degli impianti motori. Analisi termodinamica degli impianti operatori a compressione di vapore. Proprietà della miscela aria umida. Trasformazioni elementari dell'aria umida.

**Propedeuticità:** Analisi matematica I, Fisica generale I.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova in itinere e colloquio finale.

-----

**Insegnamento:** Fondamenti di misure

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fondamenti di misure	ING-INF/07	b	II	6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 44	<b>Ore impegno studente:</b> 132		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 5	<b>Ore impegno studente:</b> 10		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Laboratorio	<b>Ore impegno docente:</b> 8	<b>Ore impegno studente:</b> 8		

**Obiettivi formativi:**

Fornire i fondamenti teorici e pratici della misurazione; mettere l'allievo in grado sia di utilizzare la strumentazione di base per l'analisi dei segnali nel dominio delle ampiezze, del tempo e della frequenza sia di interpretarne correttamente le specifiche.

**Contenuti:**

Fondamenti teorici e pratici della misurazione. Le unità di misura. L'incertezza di misura. La propagazione dell'incertezza nelle misurazioni indirette. Caratteristiche metrologiche principali degli strumenti di misura. Modalità di impiego e specifiche degli strumenti di base per l'analisi dei segnali nel dominio del tempo: contatori per misurazione diretta di periodo e frequenza; contatori reciproci. Modalità di impiego e specifiche degli strumenti di base per l'analisi dei segnali nel dominio delle ampiezze: voltmetri numerici a semplice integrazione, a doppia rampa, multirampa; voltmetri di picco, picco-picco in DC, picco-picco in AC, a valor medio, e a vero valore efficace; multimetri numerici; oscilloscopi numerici. Modalità di impiego e specifiche degli strumenti di base per l'analisi dei segnali nel dominio della frequenza: analizzatori di spettro analogici real-time, con filtro a sintonia variabile, e a supereterodina; analizzatori di spettro numerici. Problematiche di inserimento della strumentazione nei circuiti di misura e di collegamento fra diverse apparecchiature.

**Propedeuticità:** Elettrotecnica.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale, Prova pratica di laboratorio.

-----

**Insegnamento:** Fondamenti di sistemi dinamici

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fondamenti di sistemi dinamici	ING-INF/04	c	II	6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 40	<b>Ore impegno studente:</b> 120		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 15	<b>Ore impegno studente:</b> 30		

**Obiettivi formativi:**

Fornire elementi di base di modellistica matematica di sistemi fisici, di analisi di sistemi causali descritti mediante modelli matematici ingresso-stato-uscita e ingresso-uscita, di simulazione di sistemi in MATLAB/SIMULINK.

Conoscenze e abilità attese

Saper descrivere un sistema fisico mediante una rappresentazione matematica adeguata.  
 Saper ricavare un modello a piccoli segnali di un dato modello non lineare.  
 Saper analizzare la risposta di un sistema lineare e stazionario a partire da determinate condizioni iniziali e per determinati segnali di forzamento.  
 Saper calcolare la risposta in frequenza di un sistema e caratterizzarla.  
 Saper progettare un filtro analogico a partire da determinate specifiche di banda passante e frequenze di taglio e sintetizzare un corrispondente filtro digitale che ne emuli il comportamento.  
 Saper realizzare un filtro analogico mediante amplificatori operazionali.  
 Saper utilizzare in maniera appropriata l'ambiente MATLAB/SIMULINK per l'analisi di un sistema dinamico.

#### **Contenuti:**

Sistemi dinamici e modelli: concetto di sistema; modello matematico di un sistema; sistemi con struttura di stato; rappresentazioni ingresso-stato-uscita; classificazione dei sistemi. Modellistica di sistemi: modellistica interna e relazioni costitutive; sistemi a parametri distribuiti; sistemi a parametri concentrati; sistemi meccanici; sistemi elettrici; sistemi elettro-meccanici; sistemi elettronici; sistemi termici, chimici e idraulici; algoritmi. Tecniche di linearizzazione. Sistemi lineari tempo invariante (LTI): cenni sull'analisi nel dominio del tempo e modi di evoluzione; risposta libera e forzata; stabilità. Analisi di sistemi LTI continui nel dominio della trasformata di Laplace: definizione e generalità; proprietà fondamentali; antitrasformata di funzioni razionali fratte; modelli ingresso-uscita; funzione di trasferimento; dinamiche dominanti e modelli di ordine ridotto. Realizzazione e simulazione analogica dei sistemi lineari: gli amplificatori operazionali. Interconnessione dei sistemi: in serie, in parallelo e in retroazione; stabilità dei sistemi in retroazione. Analisi di sistemi LTI discreti nel dominio della z-trasformata: definizione e generalità; proprietà fondamentali; antitrasformata di funzioni razionali fratte. Analisi di sistemi LTI continui nel dominio della frequenza: trasformata fasoriale; risposta armonica; risposta a regime e in transitorio; diagrammi di Bode; banda passante e frequenze di taglio. Analisi di sistemi LTI discreti nel dominio della frequenza: trasformata fasoriale discreta; DFT e FFT; filtri digitali. Sistemi a dati campionati: digitalizzazione di filtri analogici.

**Propedeuticità:** Metodi matematici per l'ingegneria, Fisica generale II.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto :** Prova scritta e prova orale.

-----

**Insegnamento:** Geometria e algebra

<b>Modulo didattico</b>	<b>SSD</b>	<b>Af</b>	<b>Anno</b>	<b>CFU</b>
Geometria e algebra	MAT/03	3a+3f	I	6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 40	<b>Ore impegno studente:</b> 120		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 15	<b>Ore impegno studente:</b> 30		

#### **Obiettivi formativi:**

L'obiettivo di questo modulo è, da un lato, quello di abituare lo studente ad affrontare problemi formali utilizzando strumenti adeguati e un linguaggio corretto, e, dall'altro, di risolvere problemi specifici di tipo algebrico e geometrico con gli strumenti classici dell'algebra lineare.

#### **Contenuti:**

Vettori geometrici applicati; relazioni di equivalenza e vettori geometrici liberi. Operazioni sui vettori. Strutture algebriche. Spazi vettoriali su un campo. Il prodotto scalare standard in uno spazio vettoriale numerico. Dipendenza lineare, generatori, basi, dimensione. Sottospazi di uno spazio vettoriale. Sottospazi congiungenti e somme dirette. Il Teorema di Grassmann. Applicazioni lineari. Nucleo e immagine. Equazione dimensionale. Isomorfismo coordinato. Endomorfismi. Matrici e determinanti. Matrice associata ad una trasformazione.

Lo spazio vettoriale delle matrici. Rango. Matrici quadrate, diagonali, triangolari, simmetriche. Prodotto righe per colonne. Calcolo dei determinanti: Teorema di Laplace. Calcolo del rango: Teorema degli Orlati. Teorema di Binet. Metodi di triangolazione di Gauss-Jordan. Operazioni elementari sulle righe di una matrice. Sistemi di equazioni lineari. Teoremi di Rouchè-Capelli e di Cramer. Calcolo delle soluzioni con il metodo dei determinanti. Sistemi parametrici. Autovalori, autovettori e autospazi; il polinomio caratteristico. Molteplicità di un autovalore. Diagonalizzazione di un endomorfismo e di una matrice quadrata. Il Teorema Spettrale.

Geometria del piano. Rappresentazione della retta. Incidenza e parallelismo tra rette. Prodotto scalare geometrico. Ortogonalità. Distanze nel piano. Geometria dello spazio. Rappresentazione della retta e del piano. Incidenza e parallelismo tra sottospazi. Questioni euclidee.

**Propedeuticità:** Nessuna.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova scritta e orale.

-----

**Insegnamento:** Impianti ospedalieri

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Impianti ospedalieri	ING-IND/11	c	III	3
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 19	<b>Ore impegno studente:</b> 57		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 8	<b>Ore impegno studente:</b> 16		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Laboratorio	<b>Ore impegno docente:</b> 2	<b>Ore impegno studente:</b> 2		

**Obiettivi formativi:**

Fornire all'allievo le indispensabili conoscenze di base per affrontare i problemi reali derivanti dalla gestione dei principali impianti ospedalieri.

**Contenuti:**

Ambienti termici: parametri d'interesse, indici di valutazione, aspetti soggettivi, normativa vigente, misure in campo. Qualità dell'aria parametri di interesse, aspetti soggettivi, normativa vigente, misure in campo. Impianti di climatizzazione: tipologie, normativa vigente per le strutture ospedaliere. Cenni sugli impianti di evacuazione dei gas anestetici.

**Propedeuticità:** Fisica tecnica.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova finale e colloquio.

-----

**Insegnamento:** Ingegneria clinica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Ingegneria clinica	ING-INF/06	b	III	3
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 22	<b>Ore impegno studente:</b> 66		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 2	<b>Ore impegno studente:</b> 4		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Laboratorio	<b>Ore impegno docente:</b> 5	<b>Ore impegno studente:</b> 5		

**Obiettivi formativi:**

Fornire all'allievo le conoscenze indispensabili richieste nei moderni servizi di ingegneria clinica per un uso sicuro, appropriato ed economico della tecnologia nei sistemi sanitari. Saranno approfondite problematiche dal punto di vista sia tecnico-manutentivo sia organizzativo-gestionale.

**Contenuti:**

Definizioni di Ingegneria clinica; Definizioni di tecnologie biomediche e loro classificazione. Servizio di Ingegneria clinica: Funzioni, struttura, organizzazione del servizio di ingegneria clinica (SIC) e sua collocazione nell'organigramma aziendale; Diverse tipologie di SIC; Criteri di dimensionamento di un SIC. Normativa sui dispositivi medici (normativa CEE 93/42), marchiatura CE. Sicurezza elettrica in ambito sanitario: Origine del rischio, effetti biologici della corrente elettrica, macro- e micro-shock. Sicurezza della strumentazione elettromedicale, norma generale CEI 62-5 e norme particolari per alcune classi di strumenti Sicurezza degli impianti elettrici in ambiente sanitario, norma CEI 64-8/710. Cenni ad altre forme di rischio. Gestione della strumentazione biomedica: Collaudo di accettazione, Inventario delle apparecchiature, Codifica della strumentazione (codice CIVAB - codifica UMDNS), Manutenzione: tipologia, organizzazione, realizzazione, controllo e valutazione del servizio di manutenzione; Programma di verifiche di sicurezza elettrica e strumentazione specifica relativa; Criteri di obsolescenza e stesura di piani di sostituzione. Misure su Apparecchiature e impianti.

**Propedeuticità:** Principi di bioingegneria II, Strumentazione biomedica.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

## **Insegnamento: Ingegneria dei tessuti**

<b>Modulo didattico</b>	<b>SSD</b>	<b>Af<sup>(*)</sup></b>	<b>Anno</b>	<b>CFU</b>
Ingegneria dei tessuti	ING-IND/22	c	I-II	6

<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 43	<b>Ore impegno studente:</b> 130
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 10	<b>Ore impegno studente:</b> 20

### **Obiettivi formativi:**

Fornire, oltre ai fondamenti della biologia cellulare e molecolare, le conoscenze delle tecnologie utilizzate nell'ingegneria tessutale. Il corso integra le conoscenze di base di biomateriali, fenomeni di trasporto, bioreattoristica ed ingegneria dei tessuti con conoscenze fondamentali di meccanismi cellulari e molecolari.

### **Contenuti:**

L'Ingegneria dei tessuti: sfide e opportunità. La cellula e le sue funzioni. Organizzazione delle cellule in strutture di ordine superiore. Tessuti ed organi. La risposta della cellula all'ambiente esterno. Differenziamento e sviluppo di tessuti. Riparo e rigenerazione. Struttura e funzioni della matrice extracellulare: applicazioni in TE. Approcci "cell-based" di ingegneria dei tessuti. Approcci "scaffold-based". Scaffold per ingegneria dei tessuti. Approcci "morphogen-based". Interazione cellula-materiale. Migrazione cellulare e crescita tissutale. Trasporto interstiziale. Controllo del microambiente. Design di bioreattori per ingegneria tessutale. Ingegnerizzazione di pelle. Ingegnerizzazione di cartilagine e osso. Ingegneria vascolare. Rigenerazione nervosa.

### **Propedeuticità: Biomateriali II**

## **Insegnamento: Ingegneria sanitaria**

<b>Modulo didattico</b>	<b>SSD</b>	<b>Af</b>	<b>Anno</b>	<b>CFU</b>
Ingegneria sanitaria	ICAR/03	b	III	3

<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 25	<b>Ore impegno studente:</b> 75
--	--------------------------------	---------------------------------

### **Obiettivi formativi:**

Fornire all'allievo le conoscenze di base indispensabili ad affrontare i problemi di gestione dell'acqua e dei rifiuti nelle strutture aziendali e, in particolare, sanitarie.

### **Contenuti:**

Acque per usi biomedicali: caratteristiche di qualità – parametri fisici, chimici e biologici. Requisiti di qualità in relazione agli usi. Legislazione e normative. Correzione delle caratteristiche di qualità delle acque di approvvigionamento: cicli di trattamento e principi di funzionamento delle unità di processo. Acque reflue: caratterizzazione e regolamentazione degli scarichi; cicli di trattamento e principi di funzionamento delle unità di processo. Rifiuti solidi: quadro normativo; organizzazione dei sistemi di raccolta; principi delle tecniche di smaltimento finale e di trattamento.

### **Propedeuticità: Nessuna.**

### **Prerequisiti: Nessuno.**

### **Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.**

## **Insegnamento: Meccanica dei materiali e delle strutture I**

<b>Modulo didattico</b>	<b>SSD</b>	<b>Af</b>	<b>Anno</b>	<b>CFU</b>
Meccanica dei materiali e delle strutture I	ICAR/08, ICAR/09	c	II	6

<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 34	<b>Ore impegno studente:</b> 102
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 20	<b>Ore impegno studente:</b> 40
<b>Modalità di insegnamento:</b> Laboratorio	<b>Ore impegno docente:</b> 4	<b>Ore impegno studente:</b> 4
<b>Modalità di insegnamento:</b> Prova intracorso	<b>Ore impegno docente:</b> 4	<b>Ore impegno studente:</b> 4

### **Obiettivi formativi:**

Impartire i concetti fondamentali della meccanica dei materiali e delle strutture.

**Contenuti:**

Statica delle travi. Deformazioni e tensioni nei continui elastici. Legami costitutivi dei materiali, con particolare riferimento a biomateriali e materiali per protesi. Comportamento strutturale di elementi semplici (trave semplice, trave continua, telai). Metodi di analisi strutturale: degli spostamenti e delle forze. Principio dei Lavori Virtuali per travi e per continui tridimensionali. Verifiche di resistenza di materiali e strutture.

**Propedeuticità:** Analisi matematica II, Fisica generale I.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prove applicative in itinere e/o prova finale, colloquio.

-----

**Insegnamento:** Meccanica dei materiali e delle strutture II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Meccanica dei materiali e delle strutture II	ICAR/09	c	III	3
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 17	<b>Ore impegno studente:</b> 51		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 10	<b>Ore impegno studente:</b> 20		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Laboratorio	<b>Ore impegno docente:</b> 2	<b>Ore impegno studente:</b> 2		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Prova intracorso	<b>Ore impegno docente:</b> 2	<b>Ore impegno studente:</b> 2		

**Obiettivi formativi:**

Approfondire la meccanica delle strutture per applicazioni di interesse biomedico.

**Contenuti:**

Metodi di analisi per strutture: insiemi di elementi monodimensionali, bidimensionali e tridimensionali. Viscosità e comportamento a fatica dei materiali; problemi di anisotropia; problemi di stabilità dell'equilibrio. Metodi di risoluzione numerica FEM. Applicazioni di interesse biomedico: protesi dentarie, protesi ortopediche, dischi intervertebrali, ecc..

**Propedeuticità:** Meccanica dei materiali e delle strutture I.

**Prerequisiti:** Nessuna.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prove applicative in itinere e/o prova finale, colloquio.

-----

**Insegnamento:** Metodi matematici per l'ingegneria

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Metodi matematici per l'ingegneria	MAT/05	c	II	6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 30	<b>Ore impegno studente:</b> 106		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 22	<b>Ore impegno studente:</b> 44		

**Obiettivi formativi:**

Il corso si propone l'acquisizione e la consapevolezza operativa dei concetti e dei risultati fondamentali, in vista delle applicazioni nelle discipline del corso di laurea, relativi alle funzioni analitiche, alle serie di Fourier e alle trasformate di Laplace e Fourier.

**Contenuti:**

Sommabilità, integrali in senso improprio, integrali a valor principale. Segnali notevoli, segnali periodici, convoluzione. Serie di Fourier, proprietà, errore quadratico medio, convergenza nel senso dell'energia, convergenza puntuale. Funzioni complesse di variabile complessa, derivabilità e condizione di Cauchy-Riemann, funzioni analitiche, armonicità, integrali, teorema e formula di Cauchy, serie di potenze, sviluppo di Taylor, sviluppi di Laurent e cenno alla Z-trasformata, singolarità e classificazione, teoremi notevoli sulle funzioni analitiche. Teoremi dei residui, calcolo dei residui, calcolo di integrali con il metodo dei residui, scomposizione in fratti semplici delle funzioni razionali. Trasformazione di Laplace, bilatera e unilatera, antitrasformata, trasformate notevoli, proprietà formali, regolarità e comportamento all'infinito, teoremi del valore iniziale e finale, antitrasformazione delle funzioni razionali, applicazione alle equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti. Trasformazione di Fourier: trasformata e antitrasformata, proprietà formali, regolarità, comportamento all'infinito.

Funzioni generalizzate, impulso ed esempi notevoli, operazioni, derivazione, successioni di funzioni con limite l'impulso, trasformazione di Fourier, trasformate notevoli, trasformata delle funzioni periodiche e delle funzioni campionate.

**Propedeuticità:** Analisi matematica II, Geometria e algebra.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prove applicative in itinere e/o prova finale; colloquio.

-----

**Insegnamento:** Misure per la Qualificazione e Diagnostica di Componenti e Sistemi

Modulo didattico	SSD	Af	ANNO	CFU
Misure per la Qualificazione e Diagnostica di Componenti e Sistemi	ING-INF/07	b	III	3
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 16	<b>Ore impegno studente:</b> 48		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 10	<b>Ore impegno studente:</b> 15		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Laboratorio	<b>Ore impegno docente:</b> 8	<b>Ore impegno studente:</b> 12		

**Obiettivi formativi**

Mettere in grado lo studente di utilizzare le metodologie di misura della qualità per la qualificazione dei prodotti e delle produzioni secondo le normative cogenti e consensuali nonché di operare professionalmente in un sistema industriale integrato qualità-ambiente-sicurezza

**Contenuti**

Metodi di misura per la qualificazione dei prodotti industriali. Metodiche e procedure per la certificazione cogente e consensuale dei prodotti e dei sistemi. Certificazione della qualità dei laboratori e della strumentazione. Tecniche di analisi dei risultati di misura. Tecniche della qualità per sistemi integrati.

**Propedeuticità:** Fondamenti di misure

**Modalità di accertamento del profitto:** eventuali prove applicative in itinere e prova finale

-----

**Insegnamento:** Organizzazione e automazione sanitaria

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Organizzazione e automazione sanitaria	ING-INF/06	b	III	6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 44	<b>Ore impegno studente:</b> 132		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Laboratorio	<b>Ore impegno docente:</b> 9	<b>Ore impegno studente:</b> 9		
<b>Modalità di insegnamento:</b> Seminario	<b>Ore impegno docente:</b> 6	<b>Ore impegno studente:</b> 9		

**Obiettivi formativi:**

Fornire le conoscenze di base sull'organizzazione e la qualità dei servizi sanitari per incrementare le capacità professionali essenziali nella loro organizzazione e gestione.

**Contenuti:**

Leggi sanitarie nazionale e regionali. Definizione, inquadramento e organizzazione delle aziende sanitarie. Controllo di gestione delle aziende sanitarie. Organizzazione ospedaliera e sanitaria sul territorio (Distretti, Ospedali, Centri per l'emergenza sanitaria). Organizzazione e gestione delle tecnologie. (Sale operatorie; Unità intensive, coronariche; Dialisi; Litotrissia; Dipartimento di diagnostica per immagini). Technology Assessment.

**Propedeuticità:** Principi di bioingegneria II, Strumentazione biomedica.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

-----

**Insegnamento:** Principi di bioingegneria I

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Principi di bioingegneria I	ING-INF/06	b	I	3

**Modalità di insegnamento:** Lezione  
**Modalità di insegnamento:** Laboratorio

**Ore impegno docente:** 23  
**Ore impegno docente:** 6

**Ore impegno studente:** 69  
**Ore impegno studente:** 6

**Obiettivi formativi:**

Introdurre gli elementi per la comprensione dei principali sistemi fisiologici, dal punto di vista anatomo-funzionale e dell'origine dei segnali fisiologici.

**Contenuti:**

Definizione di Bioingegneria, situazione italiana ed europea, campi di applicazione e finalità. Sistema nervoso centrale e periferico. Neurone e sinapsi. Potenziale di membrana, Generazione del potenziale d'azione. Velocità di conduzione e sua misura. Sistema muscolare: modello meccanico del muscolo, contrazione, scossa semplice, tetano e stato attivo. Sistema muscolo scheletrico e posturale: controllo a feedback, arco riflesso, fusi, organo tendineo del Golgi. Sistema sensoriale: trasduttori sensoriali. Stimolazione elettrica nervosa e muscolare. Sistema cardiaco e vascolare: funzione meccanica del cuore, attività elettrica cardiaca, elementi di emodinamica.

**Propedeuticità:** Nessuna.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

-----

**Insegnamento:** Principi di bioingegneria II

<b>Modulo didattico</b>	<b>SSD</b>	<b>Af</b>	<b>Anno</b>	<b>CFU</b>
Principi di bioingegneria II	ING-INF/06	b	II	3

**Modalità di insegnamento:** Lezione  
**Modalità di insegnamento:** Laboratorio

**Ore impegno docente:** 23  
**Ore impegno docente:** 6

**Ore impegno studente:** 69  
**Ore impegno studente:** 6

**Obiettivi formativi:**

Presentazione e comprensione dei principali sistemi per il prelievo e la presentazione di segnali fisiopatologici. Comprensione dei principali sistemi per il monitoraggio e l'assistenza funzionale.

**Contenuti:**

Origine e prelievo dei segnali fisiologici. Problematiche connesse all'elaborazione del segnale. Amplificatori per uso biomedico. Elettrocardiogramma (ECG), Elettroencefalogramma (EEG), Elettromiogramma (EMG), pressione, flusso, respiro, temperatura. Apparati per il monitoraggio dei principali parametri vitali. Apparati per l'assistenza funzionale: Pacemaker, defibrillatori, elettrostimolatori. Apparati a ultrasuoni per il sistema Cardiovascolare.

**Propedeuticità:** Principi di bioingegneria I.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

-----

**Insegnamento:** Strumentazione biomedica

<b>Modulo didattico</b>	<b>SSD</b>	<b>Af</b>	<b>Anno</b>	<b>CFU</b>
Strumentazione biomedica	ING-INF/06	b	II	6

**Modalità di insegnamento:** Lezione  
**Modalità di insegnamento:** Esercitazione  
**Modalità di insegnamento:** Laboratorio  
**Modalità di insegnamento:** Seminario

**Ore impegno docente:** 42  
**Ore impegno docente:** 4  
**Ore impegno docente:** 10  
**Ore impegno docente:** 4

**Ore impegno studente:** 126  
**Ore impegno studente:** 8  
**Ore impegno studente:** 10  
**Ore impegno studente:** 6

**Obiettivi formativi:**

Acquisizione delle conoscenze di base di elettronica analogica e della strumentazione biomedica per la diagnostica e introduzione alle problematiche della sicurezza elettrica, esperienza di base nelle misure di sicurezza elettrica delle apparecchiature.

**Contenuti:**

Elementi di elettronica analogica: raddrizzatori; amplificatori di segnali e principali configurazioni; la reazione negli amplificatori e circuiti di base. Oscillatori sinusoidali. I multivibratori.  
 Amplificatori operazionali e circuiti analogici per la preparazione dei segnali.  
 I trasduttori: caratteristiche e principi fisici di trasduzione. I trasduttori per uso biomedico.  
 Problemi connessi all'amplificazione dei segnali biomedici.  
 Schemi a blocchi e circuiti dei principali apparati biomedici: elettrocardiografo, elettromiografo, elettroencefalografo.  
 Apparati a ultrasuoni, velocimetri flussimetri. Apparati per l'assistenza funzionale. Sicurezza elettrica e normativa CEI 62-5.  
 Sicurezza negli ambienti adibiti a uso medico: norme CEI 64-4. Esercitazioni pratiche.

**Propedeuticità:** Principi di bioingegneria I.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

-----

**Insegnamento:** Tecnologie biomediche

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Tecnologie biomediche	ING-INF/06	b	III	6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 30		<b>Ore impegno studente:</b> 90	
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 15		<b>Ore impegno studente:</b> 30	
<b>Modalità di insegnamento:</b> Laboratorio	<b>Ore impegno docente:</b> 15		<b>Ore impegno studente:</b> 15	
<b>Modalità di insegnamento:</b> Seminario	<b>Ore impegno docente:</b> 9		<b>Ore impegno studente:</b> 14	
<b>Modalità di insegnamento:</b> Prova intracorso	<b>Ore impegno docente:</b> 6		<b>Ore impegno studente:</b> 6	

**Obiettivi formativi:**

Lo studente acquisisce le competenze di base per fornire con consapevolezza servizi operativi di supporto alla gestione di sistemi informativi sanitari, egli è quindi in grado di fare una analisi di massima delle esigenze e fare un dimensionamento di massima di sistemi informativi sanitari di modesta complessità.

**Contenuti:**

Sistemi informativi per la gestione dei dati clinici: Generalità sui sistemi informativi sanitari. Sistemi di ERP per la gestione dei dati clinici. Analisi di un sistema informativo. Modellazione dei sistemi tramite UML.  
Generalità su reti locali e geografiche con riferimento ad applicazioni in ambito sanitario: Principali architetture di rete. Modello OSI. Reti TCP-IP.  
Elementi di Sicurezza informatica nei sistemi informativi sanitari: Tecnologie a chiave pubbliche e Sicurezza delle reti locali. Normativa sulla tutela della privacy in ambito sanitario.  
Gestione di dati medici multimediali: Archiviazione e gestione di immagini. Distribuzione di dati multimediali. Sistemi per il lavoro cooperativo.

**Propedeuticità:** Principi di bioingegneria II, Strumentazione biomedica.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

-----

**Insegnamento:** Teoria dei segnali

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Teoria dei segnali	ING-INF/03	b	II	6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 42		<b>Ore impegno studente:</b> 126	
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 12		<b>Ore impegno studente:</b> 24	

**Obiettivi formativi:**

Saper analizzare i segnali deterministici nel dominio del tempo e della frequenza. Acquisire familiarità con l'elaborazione dei segnali deterministici mediante sistemi lineari. Acquisire familiarità con i concetti di base della teoria della probabilità.

**Contenuti:**

Segnali deterministici: segnali a tempo continuo e a tempo discreto, caratterizzazione energetica, serie e trasformata di Fourier, banda di un segnale, modulazione. Sistemi lineari tempo-invarianti convoluzione, filtraggio nel dominio del tempo e della frequenza, banda di un sistema, distorsione lineare e nonlineare. Conversione analogico/digitale e digitale/analogica: campionamento, quantizzazione e codifica. Elementi di teoria della probabilità: esperimenti aleatori, variabili aleatorie discrete e continue, densità e distribuzione di probabilità, medie statistiche.

**Propedeuticità:** Analisi matematica II.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Prova scritta finale, prova orale.

-----

**Insegnamento:** Trasmissione numerica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Trasmissione numerica	ING-INF/03	b	III	6
<b>Modalità di insegnamento:</b> Lezione	<b>Ore impegno docente:</b> 40		<b>Ore impegno studente:</b> 120	
<b>Modalità di insegnamento:</b> Esercitazione	<b>Ore impegno docente:</b> 12		<b>Ore impegno studente:</b> 24	
<b>Modalità di insegnamento:</b> Seminario	<b>Ore impegno docente:</b> 6		<b>Ore impegno studente:</b> 6	

**Obiettivi formativi:**

Acquisire le tecniche di analisi dei segnali aleatori nel dominio del tempo e della frequenza. Acquisire i concetti fondamentali della trasmissione numerica. Saper confrontare i vari schemi di modulazione numerica. Saper impostare semplici progetti di sistemi di trasmissione numerica.

**Contenuti:**

Introduzione: presentazione dello schema generale di un sistema di trasmissione numerica e discussione delle funzioni svolte dai vari blocchi.

Analisi di segnali aleatori: Segnali aleatori e loro caratterizzazione nel dominio del tempo; stazionarietà: funzioni di auto e mutua correlazione. Analisi dei segnali aleatori nel dominio della frequenza. Legami ingresso/uscita per autocorrelazioni e PSD.

Tecniche di trasmissione numerica: Richiami sulla rappresentazione dei segnali come vettori. Funzione del modulatore. Tecniche di modulazione senza memoria in banda base e in banda traslata: modulazione PAM, ASK, PSK, FSK, PPM, QAM, OFDM. Ricezione in presenza di AWGN: progetto del demodulatore ottimo: ricevitore a correlatori o a filtri adattati. Analisi delle prestazioni su canali AWGN. Cenni al 2° teorema di Shannon e confronto tra le varie tecniche di modulazione. Trasmissione su canali a banda limitata: il problema dell'interferenza intersimbolica, progetto di segnali a ISI nulla, cenni all'equalizzazione. Bilancio energetico di un collegamento. Analisi di un sistema di trasmissione numerico.

**Propedeuticità:** Teoria dei segnali.

**Prerequisiti:** Nessuno.

**Modalità di accertamento del profitto:** Eventuale prova scritta, prova orale.

### **Esame di laurea**

La prova finale per il Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica consiste nella discussione di una relazione scritta, elaborata dallo studente sotto la guida di un relatore, sulle attività svolte in un laboratorio di ricerca oppure sulle attività di tirocinio svolto anche in strutture private o sulle attività di ricerca bibliografica. Il lavoro di laurea può anche essere redatto in lingua inglese; in tal caso a esso deve essere allegato un estratto in lingua italiana.

### **Calendario delle attività didattiche nell'a.a. 2006/2007**

#### **I Anno**

<b>1° semestre</b>	<b>Inizio</b> 11 Settembre 2006	<b>Termine</b> 16 Dicembre 2006
<b>Esami</b>	<b>Inizio</b> 18 Dicembre 2006	<b>Termine</b> 24 Febbraio 2007
<b>2° semestre</b>	<b>Inizio</b> 26 Febbraio 2007	<b>Termine</b> 09 Giugno 2007
<b>Esami</b>	<b>Inizio</b> 11 Giugno 2007	<b>Termine</b> 04 Agosto 2007
<b>Esami</b>	<b>Inizio</b> 20 Agosto 2007	<b>Termine</b> 29 Settembre 2007

Referente del Corso di Laurea per il Programma SOCRATES/ERASMUS è il Professore Mario Cesarelli – Dipartimento di Ingegneria Elettronica e delle telecomunicazioni - tel. 081/7683167 - e-mail: [cesarell@unina.it](mailto:cesarell@unina.it)

Responsabile del Corso di Laurea per i tirocini è il Professore Marcello Bracale - Dipartimento di Ingegneria Elettronica e delle telecomunicazioni - tel 081/7683806 - e-mail: [bracale@unina.it](mailto:bracale@unina.it).