



## Corso di studi: Ingegneria Biomedica (Laurea magistrale)

**Denominazione:** Ingegneria Biomedica

**Dipartimento :** INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

**Classe di appartenenza:** LM-21 INGEGNERIA BIOMEDICA

**Obiettivi formativi:** L'Ingegneria Biomedica costituisce un nuovo settore della Scienza e della Tecnologia a carattere interdisciplinare nei riguardi sia dell'Ingegneria che della Medicina e della Biologia. Il profilo culturale del laureato in uscita dal Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica si basa sulla conoscenza approfondita degli aspetti teorico-scientifici della matematica e delle altre scienze di base e sulla capacità di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria biomedica, complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare.

Riguardo ai contenuti, il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica si propone di fornire una preparazione interdisciplinare strettamente collegata da un lato al settore dell'informazione e industriale e dall'altro al settore medico-biologico che costituisce il naturale campo di applicazione. Tale formazione richiede pertanto, accanto agli insegnamenti di base, insegnamenti a spettro sufficientemente esteso per poter soddisfare le esigenze interdisciplinari nei quali opera l'Ingegnere Biomedico.

L'obiettivo del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica è di formare figure professionali in grado di operare in attività di studio e soluzione di problemi complessi e interdisciplinari dell'ingegneria biomedica.

Nel seguito si riportano, a titolo di esempio, alcune attività principali:

- progettazione realizzazione di pacemakers cardiaci, defibrillatori, reni artificiali, ossigenatori di sangue, arti artificiali;
- progettazione di sistemi informatici per il monitoraggio del paziente durante interventi chirurgici o terapia intensiva;
- progettazione e realizzazione di sensori per l'analisi del sangue o dell'aria espirata;
- progettazione e realizzazione di strumenti e dispositivi ad uso terapeutico, come sistemi laser per interventi chirurgici o sistemi per il rilascio automatico dell'insulina per pazienti diabetici;
- sviluppo di metodologie e tecnologie innovative per la progettazione e la realizzazione di macchine e sistemi bioispirati (di dimensioni macro, micro e nano), caratterizzati da prestazioni molto avanzate (ad esempio robot 'animaloidi' e 'umanoidi');
- sviluppo di dispositivi, anche realizzabili industrialmente, per applicazioni biomediche, in particolare per chirurgia mini-invasiva e per neuroriabilitazione;
- progettazione di sistemi per laparoscopia o artroscopia o per fissazione delle fratture o sostituzione delle articolazioni;
- sviluppo di strategie per supportare le decisioni cliniche basate su sistemi esperti ed intelligenza artificiale;
- progettazione di laboratori clinici e altre unità all'interno degli ospedali;
- sviluppo di sistemi avanzati per le analisi delle immagini RX, TC, MRI, PET, ecc.
- costruzione ed implementare su computer di modelli di sistemi fisiologici;
- progettazione e realizzazione di biomateriali e determinazione delle proprietà chimico-fisiche e di biocompatibilità per organi artificiali;
- implementazione di nuove procedure diagnostiche, specialmente quelle che richiedono l'uso di parametri non direttamente misurabili;
- sviluppo di sistemi per la cultura di tessuti quale fonte dei tessuti danneggiati.

**Numero stimato immatricolati:** 80

**Requisiti di ammissione e modalità di verifica:** Per essere ammessi al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica LM-21 occorre essere in possesso della laurea o del diploma universitario di durata triennale, ovvero di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo. Il candidato deve presentare domanda con allegati almeno il certificato di laurea, o equivalente, e i programmi degli esami sostenuti. In base ai criteri di seguito illustrati vengono stabiliti i requisiti curriculari e l'adeguatezza della personale preparazione per l'accesso al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica LM-21, ai sensi dell'art. 6, comma 2, del D.M. 270/2004.

L'ammissione al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica LM-21 viene decisa sulla base dell'esistenza di entrambi i requisiti (curriculari e di preparazione personale). Il Consiglio di corso di Studi (CDS) nomina una Commissione Istruttorie di Valutazione (CIV), composta da due o più docenti con il compito di:

- esaminare le domande di ammissione,
- valutare i curricula dei candidati,
- verificare il possesso dei requisiti curriculari e personali,
- proporre al CDS l'ammissione o la non ammissione del candidato,
- indicare le eventuali modalità per l'ottenimento dei requisiti mancanti.

### REQUISITI CURRICULARI

Il candidato che ha acquisito CFU nei settori scientifico disciplinari (SSD) sotto riportati soddisfa i requisiti curriculari. Attività formative di base, caratterizzanti e affini

i) Almeno 42 CFU appartenenti ai SSD: MAT/02, MAT/03, MAT/05, MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09, FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/07, CHIM/07, CHIM/03.

ii) Almeno 12 CFU appartenenti ai SSD: INGINF/06, INGIND/34.

iii) Almeno 12 CFU appartenenti ai SSD: INGINF/01, INGINF/05, INGINF/04, INGIND/13, INGIND/14, INGIND/15.

iv) Oltre ai CFU nei punti (i-iii), almeno 24 CFU appartenenti ai SSD caratterizzanti per la Classe L8 o L9.

Gli SSD per la classe L-8 sono: ING-INF/01, ING-INF/02, ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, ING-INF/06, ING-INF/07. Gli SSD per la classe L-9 degree sono: ING-IND/01, ING-IND/02, ING-IND/03, ING-IND/04, ING-IND/05, ING-IND/06, ING-IND/07, ING-IND/08, ING-IND/09, ING-IND/10, ING-IND/11, ING-IND/12, ING-IND/13, ING-IND/14, ING-IND/15, ING-IND/16, ING-IND/17, ING-IND/18, ING-IND/19, ING-IND/20, ING-IND/21, ING-IND/22, ING-IND/23, ING-IND/24, ING-IND/25, ING-IND/26, ING-IND/27, ING-IND/28, ING-IND/29, ING-IND/30, ING-IND/31, ING-IND/32, ING-IND/33, ING-IND/34, ING-IND/35.

### REQUISITI PER CANDIDATI CON TITOLO ESTERO

In caso di candidati con titolo acquisito all'estero, la CIV valuterà i requisiti curriculari sulla base della durata temporale dei singoli insegnamenti e dei programmi dei relativi esami sostenuti.

Oltre al titolo di studio di cui ai commi precedenti, tutti i candidati - in possesso di titolo italiano o estero - devono mostrare una buona conoscenza della lingua inglese, corrispondente ad almeno un livello intermedio (Livello B2 secondo il Quadro comune europeo di riferimento per la conoscenza delle lingue). Il livello di conoscenza della lingua inglese sarà accertato dalla Commissione, durante il colloquio di valutazione.

### REQUISITI DI PREPARAZIONE PERSONALE

In accordo con il Regolamento Didattico di Ateneo, la CIV:

- può proporre al CDS di accettare ovvero di respingere la domanda di iscrizione del Candidato sulla base della valutazione della documentazione presentata con la domanda di ammissione, - può proporre al CDS di rimandare il candidato al colloquio di ammissione indicando il programma su cui verterà il colloquio, secondo la procedura descritta di seguito.

### Colloquio di ammissione

Il colloquio di ammissione ha lo scopo di accertare che il candidato possieda la preparazione necessaria per affrontare proficuamente gli studi magistrali. I colloqui di ammissione si svolgono in almeno due sessioni nel corso dell'anno accademico. Al candidato è assegnata, con provvedimento del Presidente del CDS, su delega del Direttore, una specifica commissione esaminatrice composta da due o più docenti. Il programma del colloquio, individuato dalla CIV, sarà preventivamente comunicato al candidato dal Presidente del CDS.

Al termine del colloquio la commissione esaminatrice formula un giudizio definitivo di idoneità oppure di non idoneità all'ammissione, eventualmente evidenziando i requisiti mancanti.

**Specifiche CFU:** Il Corso di Studio adotta, nel definire il calendario delle lezioni, delle esercitazioni e dei laboratori, i seguenti criteri:

1. per le attività formative aventi la tipologia di lezione il lavoro complessivo dello studente deve essere svolto mediamente per 1/3 seguendo le attività in aula e per 2/3 dedicandosi allo studio individuale degli argomenti trattati.
2. per le attività formative aventi la tipologia di esercitazione o di laboratorio progettuale il lavoro complessivo dello studente deve essere svolto mediamente per 1/2 seguendo le attività in aula e per 1/2 dedicandosi allo studio individuale degli argomenti trattati.
3. per le attività formative aventi la tipologia di laboratorio sperimentale il lavoro complessivo dello studente deve essere svolto di norma in laboratorio.

Per ciascun corso, la suddivisione in ore di lezione ed esercitazione, nonché le attività di laboratorio e le loro tipologie, sono approvate dal Consiglio di Corso di Studio, con il vincolo che ore di esercitazione non possono superare il 50% delle ore complessive di insegnamento



(lezioni più esercitazioni).

Tutte le attività formative sono basate su moduli da 3, 6, 9 e 12 CFU. A ciascun corso, ad esclusione dei corsi di lingua e delle attività diverse (stage, tirocini, prova finale), è attribuito un minimo di 6 CFU. I corsi integrati sono composti da non più di due moduli didattici, relativi a discipline effettivamente omogenee o affini.

**Modalità determinazione voto di Laurea:** La Commissione di Laurea, accertato il livello di autonomia e di padronanza di specifiche metodologie raggiunto dal candidato in seguito all'esposizione e discussione da parte del candidato dell'elaborato di tesi, provvede a determinare il voto di laurea; a questo scopo, anche per dare continuità alla valutazione, la Commissione adotta regole di calcolo che mettono in relazione la media degli esami con il voto di laurea, espresso in 110-esimi. Il voto di laurea è da considerarsi formalmente una prerogativa della Commissione di Laurea la quale, per dare continuità nel tempo alle valutazioni, adotta regole di calcolo che mettono in relazione media degli esami e voto di laurea. Per la determinazione del voto di laurea, espresso in 110esimi, sono accolti da tutti i Corsi di Studio del Dipartimento di afferenza del Corso di Studio i seguenti criteri comuni: la media è calcolata pesando le votazioni riportate nei singoli corsi sulla base dei relativi crediti formativi universitari (media pesata sui CFU). La media viene tradotta in 110 decimi e poi la Commissione aggiunge dei punti a questo punteggio base, in base a come il candidato ha sviluppato il suo lavoro di tesi, come ha risposto alle domande fatte dalla Commissione durante l'esposizione del lavoro di tesi, ed in base al giudizio del docente che lo ha seguito durante la tesi e del contro relatore che ha revisionato il lavoro di tesi. Le votazioni con lode ottenute nei corsi sono contate come 33/30; l'attribuzione della votazione 110/110 richiede una media non inferiore a 27/30; l'attribuzione della votazione 110/110 e lode richiede una media non inferiore a 28/30. La Commissione di Laurea è nominata dal Direttore del Dipartimento (art.24 dello Statuto), su proposta del Corso di Studio. Sono previste almeno 6 sessioni di laurea in un anno accademico (art.25 del Regolamento Didattico di Ateneo).

**Attività di ricerca rilevante:** L'attività di ricerca prevalente che i docenti del corso di studi svolgono, può essere suddivisa in due filoni principali, che riflettono la natura interclasse del corso di studi. Nel seguito si riporta una sintesi delle attività di ricerca prevalenti condotte dai docenti del corso:

- sviluppo di nuovi metodi di analisi di segnali e immagini biomediche per applicazioni sul sistema cardiovascolare e sul sistema nervoso centrale e periferico
- monitoraggio di segnali fisiologici e biomeccanici mediante sistemi indossabili. Attraverso tecniche di analisi multivariata, l'insieme di queste informazioni concorrono a delineare un quadro fisiopatologico del soggetto per applicazioni diagnostiche e prognostiche.
- sviluppo di interfacce aptiche, cioè dispositivi che permettono di generare stimoli tattili, di toccare, sentire, manipolare, alterare e creare oggetti virtuali, per tradurre queste informazioni in applicazioni bioingegneristiche e robotiche.
- misure e modelli di connettività neuronale e modelli metabolici
- micro e nanofabbricazione di biomateriali e polimeri biologici
- caratterizzazione meccanica e chimica di materiali e tessuti biologici
- ingegneria tessutale (tessuto epatico, cardiovascolare e nervoso)
- sintesi di biomateriali e di materiali autoreplicanti
- sviluppo di tecnologie per bioreattori microfabbricati e multicompartimentali
  - progettazione e realizzazione di macchine e sistemi bioispirati (di dimensioni macro, micro e nano), caratterizzati da prestazioni molto avanzate (ad esempio robot 'animaloidi' e 'umanoidi')
  - progettazione di dispositivi, anche realizzabili industrialmente, per applicazioni biomediche, in particolare per chirurgia mini-invasiva e per neuroriabilitazione.

**Rapporto con il mondo del lavoro:** I sistemi e le apparecchiature di diagnosi, terapia e riabilitazione hanno raggiunto una grande diffusione all'interno delle strutture sanitarie pubbliche e private. Esse costituiscono un parco tecnologico di notevole valore economico, caratterizzato da un forte tasso di innovazione e da una complessità e molteplicità di funzioni, che richiedono appropriate competenze tecniche e organizzative per adeguare l'utilizzazione all'entità degli investimenti e alle necessità della collettività.

La laurea magistrale in Ingegneria Biomedica offre una preparazione interdisciplinare, con una qualificazione professionale adatta a operare nei seguenti ambiti:

- 1) industriale, con particolare riferimento al comparto biomedicale, in attività di progettazione, di sviluppo e di produzione di apparecchiature biomedicali, di supporti informatici, ausili ai disabili, organi artificiali e protesi e di supporto tecnologico alle attività commerciali;
- 2) aziende ospedaliere pubbliche e private preposte all'erogazione dei servizi sanitari, nella valutazione della tecnologia e dei costi e nell'impatto delle tecnologie nelle procedure diagnostiche e terapeutiche;
- 3) società di servizi per la gestione di apparecchiature ed impianti medicali.

In particolare il laureato magistrale in Ingegneria Biomedica è in grado di accedere alle seguenti professioni:

- collaboratore alla ricerca in strutture ospedaliere, industrie, università e centri di ricerca;
- gestore in sede ospedaliera di laboratori e servizi;
- progettista o responsabile di produzione di dispositivi e sistemi medicali nell'industria;
- specialista tecnico e/o commerciale di prodotti di aziende operanti in campo biomedico;
- consulente in campo biomedico e libero professionista nel settore.

**Informazioni aggiuntive:** Poiché il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica è incardinato nel Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e poiché questo è risultato vincitore del

Bando Dipartimenti Di Eccellenza del MIUR, è stato deciso di attivare, nell'ambito dei Corsi di Laurea Magistrali afferenti al Dipartimento, un percorso formativo orientato sulle tematiche di industria 4.0.

Lo studente della laurea magistrale in Ingegneria Biomedica che sosterrà almeno 18 CFU, tra quelli messi a disposizione del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica o degli altri corsi di laurea magistrale afferenti al dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, che abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0, riceverà da parte del Dipartimento succitato un attestato che certifica tale percorso.

Per il corso di laurea magistrale in Ingegneria Biomedica il percorso formativo basato su alcune tematiche di Industria 4.0 è composto dai seguenti moduli didattici:

a) Per il Curriculum Biostrumentazione e Bioinformatica

- Modulo di "Laboratorio di Tecnologie Biomediche" ( 6 CFU) del corso di "Tecnologie Biomediche"
- Modulo di "Chirurgia Assistita dal Calcolatore" ( 6 CFU) del corso di "Chirurgia Assistita dal Calcolatore e Informatica Medica"
- Modulo di "Sistemi embedded per applicazioni biomedicali" (6CFU) del Corso di "Elettronica Biomedica II e Sistemi embedded"

b) Per il Curriculum Tecnologie Biomediche

- Modulo di "Laboratorio di Tecnologie Biomediche" ( 6 CFU) del corso di "Tecnologie Biomediche"
- Corso di "Progettazione di micro e nano sistemi biomedicali" (12 CFU)



**Curricula definiti nel CDS Ingegneria Biomedica**

**CURRICULUM BIOSTRUMENTAZIONE E BIOINFORMATICA**

**CURRICULUM TECNOLOGIE BIOMEDICHE**

**Gruppi per attività a scelta nel CDS Ingegneria Biomedica****Gruppo GR INDUSTRIALE (54 CFU)**

*Descrizione:* esami percorso Industriale

*Tipologia :* Affini o integrative

**Gruppo Attività consigliate per la libera scelta (12 CFU)**

*Descrizione:* Elenco corsi a libera scelta dello studente: tali insegnamenti verranno automaticamente approvati dal Consiglio di Corso di Studio

**Gruppo GR INFORMAZIONE (54 CFU)**

*Descrizione:* esami percorso Informazione

*Tipologia :* Affini o integrative

**Gruppi per attività a scelta nel CDS Ingegneria Biomedica**
**Gruppo Attività consigliate per la libera scelta (12 CFU)**

**Descrizione:** Elenco corsi a libera scelta dello studente: tali insegnamenti verranno automaticamente approvati dal Consiglio di Corso di Studio

**Attività contenute nel gruppo**
**Innovazione e regolamentazione delle tecnologie per la salute (6 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Innovazione e regolamentazione delle tecnologie per la salute	3	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente
Innovazione e regolamentazione delle tecnologie per la salute	3	IUS/02 DIRITTO PRIVATO COMPARATO	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

**Laboratorio di progettazione di dispositivi elettromedicali (6 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Laboratorio di progettazione di dispositivi elettromedicali	6	ING-INF/01 ELETTRONICA	Altre attività - scelta libera dello studente	laboratorio e/o esercitazioni	A scelta dello studente

**Modellizzazione biofisica dei sistemi complessi (6 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Modellizzazione biofisica dei sistemi complessi	6	FIS/03 FISICA DELLA MATERIA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	Attività formative affini o integrative

**Strumenti di analisi numerica per l'ingegneria biomedica (6 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Strumenti di analisi numerica per l'ingegneria biomedica I	3	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente
Strumenti di analisi numerica per l'ingegneria biomedica II	3	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

**Gruppo GR INDUSTRIALE (54 CFU)**

**Descrizione:** esami percorso Industriale

**Tipologia :** Affini o integrative

**Attività contenute nel gruppo**
**Ingegneria biomolecolare e cellulare (6 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Ingegneria biomolecolare e cellulare	6	ING-IND/34 BIOINGEGNERIA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

**Meccanica applicata al sistema muscolo scheletrico (6 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Meccanica applicata al sistema muscolo scheletrico	6	ING-IND/13 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

**Metodi e Tecnologie Ingegneristiche per la Medicina Rigenerativa (12 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Tecnologie biomediche per la Medicina Rigenerativa	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica
Metodi Bioingegneristici per la medicina rigenerativa	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica


**Regolamento Ingegneria Biomedica**
**Modellizzazione biofisica dei sistemi complessi (6 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Modellizzazione biofisica dei sistemi complessi	6	FIS/03 FISICA DELLA MATERIA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	Attività formative affini o integrative

**Progettazione di micro e nano sistemi biomedicali (12 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Sviluppo di modelli computazionali 3D	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica
Micro e Nano sistemi	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

**Robotica per chirurgia e per riabilitazione (12 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Robotica Medica	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica
Bioingegneria della riabilitazione	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

**Gruppo GR INFORMAZIONE (54 CFU)**

**Descrizione:** esami percorso Informazione

**Tipologia :** Affini o integrative

**Attività contenute nel gruppo**
**Bioimmagini (12 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Elaborazione delle bioimmagini	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica
Immagini biomediche	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

**Bioinformatica (6 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Bioinformatica	6	ING-INF/05 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

**Chirurgia assistita dal calcolatore e Informatica medica (12 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Informatica medica	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica
Chirurgia assistita dal calcolatore	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

**Elettronica biomedica I (6 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Elettronica biomedica 1	6	ING-INF/01 ELETTRONICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

**Elettronica biomedica II (12 CFU)**


**Regolamento Ingegneria Biomedica**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Elettronica Biomedica II	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica
Sistemi embedded per applicazioni biomedicali	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

**Metodi per l'analisi di segnali multidimensionali (6 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Metodi per l'analisi di segnali multidimensionali	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

**Attività formative definite nel CDS Ingegneria Biomedica**
**Altre attività utili per l'inserimento nel mondo del lavoro (3 CFU)**

**Denominazione in Inglese:** Towards job placement

**Obiettivi formativi:** Tale attività sarà articolata in cicli di seminari tenuti da personale del mondo accademico e delle aziende sanitarie con l'obiettivo di favorire lo studente all'apprendimento delle metodologie e delle opportunità lavorative con particolare riferimento al comparto della sanità.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

**Moduli**

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Altre attività utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	3	NN No settore	Altre attività - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	seminario	Altre Conoscenze Utili per l'Inserimento Nel Mondo del Lavoro

**Analisi e modelli di segnali biomedici (12 CFU)**

**Denominazione in Inglese:** Modelling and analysis of biomedical signals

**Obiettivi formativi:** Fornire agli studenti i supporti metodologici per l'analisi di segnali aleatori, per l'analisi statistica multivariata e per l'impiego dei modelli nell'analisi di serie temporali di dati biomedici.

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova scritta e orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

**Moduli**

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Analisi e modelli di segnali biomedici 1	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica
Analisi e modelli di segnali biomedici 2	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

**Attività a libera scelta (12 CFU)**

**Denominazione in Inglese:** Free choice

**Obiettivi formativi:** La scelta effettuata tra gli insegnamenti del gruppo "Attività consigliate per la libera scelta" verrà automaticamente approvata. Altre scelte sono soggette ad approvazione da parte del Consiglio di Corso di Studio.

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Esame scritto e/o orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

**Moduli**

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Attività a libera scelta	12	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

**Bioimmagini (12 CFU)**

**Denominazione in Inglese:** Bioimaging

**Obiettivi formativi:** a) Modulo " Immagini biomediche" (ING-INF/06)

Introdurre lo studente alle conoscenze dei principi di formazione e al contenuto informativo delle bioimmagini.

b) Modulo "Elaborazione delle bioimmagini" (ING-INF/06)

Obiettivi. Fornire le competenze necessarie riguardo alle principali tecniche per il filtraggio, la segmentazione, la registrazione e l'analisi quantitativa delle bioimmagini

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

**Moduli**

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Elaborazione delle bioimmagini	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica



## Regolamento Ingegneria Biomedica

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Immagini biomediche	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

## Bioinformatica (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Bioinformatics

**Obiettivi formativi:** Fornire le competenze necessarie per operare con i tipici dati della Biologia Molecolare, sia su DNA che su altre sequenze biologiche, nonché su modelli di bio-macromolecole: tali competenze trovano applicazione sia nel campo della ricerca che in quello clinico. Il corso intende preparare lo studente a partecipare alla progettazione, implementazione e integrazione di sistemi software bioinformatici, con particolare riguardo ai settori emergenti della Genomica. Infine, l'esperienza acquisita nella programmazione con il linguaggio Python ha lo scopo di completare adeguatamente la preparazione in ambito informatico dell'ingegnere Biomedico, anche al di là delle specifiche applicazioni in campo biologico molecolare.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova pratica (progetto) e prova orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

## Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Bioinformatica	6	ING-INF/05 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

## Bioingegneria delle radiazioni (12 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Radiation biophysics and bioengineering

**Obiettivi formativi:** a) Modulo "Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche" (ING-IND/20) Obiettivi: Obiettivi: Fornire agli studenti nozioni di base su fisica atomica e nucleare, sorgenti di radiazioni, interazioni tra radiazioni e materia e applicazioni in campo biomedico. b) Modulo "Radiazioni elettromagnetiche ed interazioni biologiche" (ING-INF/02) Obiettivi: Il corso ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali sulla generazione, caratterizzazione e propagazione dei campi elettromagnetici, sulla loro interazione con i tessuti biologici, e sulle tecniche di misura. Verranno inoltre illustrati gli aspetti dosimetrici (dosimetria analitica, numerica e sperimentale), i sistemi di esposizione alle radiazioni elettromagnetiche, i metodi di schermatura, le linee guida internazionali (ICNIRP) e la normativa italiana sui limiti di esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti.

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova scritta e orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

## Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche	6	ING-IND/20 MISURE E STRUMENTAZIONE NUCLEARI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica
Radiazioni elettromagnetiche e interazioni biologiche	6	ING-INF/02 CAMPI ELETTROMAGNETICI	Affini o integrative	lezioni frontali	Attività formative affini o integrative

## Chirurgia assistita dal calcolatore e Informatica medica (12 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Surgery Assisted by Computer and Medical Informatics

**Obiettivi formativi:** Il corso è diviso in due moduli "Chirurgia assistita dal calcolatore" e "Informatica medica"

Modulo "Chirurgia assistita dal calcolatore": L'obiettivo è capire il funzionamento e progettare sistemi per chirurgia computer assistita. Gli argomenti trattati riguardano principalmente la gestione e l'elaborazione delle immagini mediche per finalità di pianificazione e simulazione della

terapia, il tracking (approfondendo in particolare quello ottico), la registrazione, l'ergonomia delle interfacce utente con accenni all'impiego della realtà aumentata, la robotica medica guidata dalle immagini e non, le dime chirurgiche paziente specifiche, l'integrazione dei dispositivi con il

workflow chirurgico. Le lezioni frontali saranno affiancate da attività di laboratorio per lo sviluppo delle funzionalità di base di un navigatore per chirurgia mediante l'impiego

dell'ambiente Matlab. Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0.

Modulo Informatica medica: Al termine del modulo di informatica medica lo studente sarà in grado di eseguire l'analisi di problemi per la definizione di specifiche di sistema; capire se un database è progettato bene; progettare e realizzare un prototipo web con il framework open source BMF 3.x specifico per soluzioni e-health. Acquisirà nozioni di base su standard di comunicazione in sanità HL7 e nozioni di base sul trattamento dei dati sensibili. Saprà di cosa si occupa l'ICT per un'azienda sanitaria; conoscerà la complessità del modello organizzativo.

Brevi cenni di management di sistemi complessi.

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Modulo Chirurgia assistita dal calcolatore: Esame Scritto + Esame Orale

Modulo Informatica medica: Esame Orale (+ progetto)

**Lingua ufficiale:** Italiano

## Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Informatica medica	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica



## Regolamento Ingegneria Biomedica

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chirurgia assistita dal calcolatore	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

## Economia e management in Sanità e health technology assessment (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Economics and Management of Healthcare and Health Technology Assessment

**Obiettivi formativi:** Elementi di Economia Sanitaria: domanda e offerta in sanità, le principali caratteristiche del Sistema Sanitario Italiano, gli stakeholders in sanità, i sistemi di finanziamento e rimborso.

Health Technology Assessment (HTA): finalità e strumenti.

Le valutazioni economiche in Sanità (complete e parziali): le prospettive di analisi, i costi, le conseguenze, l'analisi di sensitività.

Le principali tecniche di valutazione economica in Sanità: analisi di costo sociale, analisi di costo-efficacia, analisi di costo utilità, analisi di costo beneficio.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Fundamentals of Health Economics: demand and supply in the healthcare market, main characteristics of the Italian Healthcare System, stakeholders in the healthcare market, financing and reimbursement systems.

Health Technology Assessment (HTA): aim and tools.

Economic evaluations in Healthcare (full and partial): perspectives of analysis, costs, consequences, sensitivity analysis.

Main techniques for economic evaluation in Healthcare: cost of illness analysis, cost-effectiveness analysis, cost-utility analysis, cost-benefit analysis.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova scritta

**Lingua ufficiale:** Italiano

## Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Economia e management in sanità e health technology assessment	6	SECS-P/08 ECONOMIA E GESTIONE DELLE IMPRESE	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

## Elettronica biomedica I (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Biomedical electronics I

**Obiettivi formativi:** Lo studente che ha completato con successo il corso sarà in grado di progettare e analizzare elettronico analogico front-end per le diverse strumentazioni biomediche. Sarà in grado di dimostrare una solida conoscenza dei circuiti elettronici di base e avanzate utilizzate nella maggior parte dei biomedica strumentazione front-end, come differenziale, strumentazione e di isolamento amplificatori, filtri analogici passivi e attivi, analogico-digitale e digitale -to-analog converter, blocchi elettronici per operazioni matematiche non lineari. Il corso riguarda la progettazione e l'analisi dei differenziali, strumentazione e di isolamento amplificatori, filtri analogici passivi e attivi, analogico-digitale e convertitori digitali-analogici, blocchi elettronici per operazioni matematiche non lineari.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The student who successfully completes the course will be able to design and analyse analog electronic front-end for the different biomedical instrumentations. He/She will be able to demonstrate a solid knowledge of both basic and advanced electronic circuits used in most of biomedical instrumentation front-end, such as differential, instrumentation and isolation amplifiers, passive and active analog filters, analog-to-digital and digital-to-analog converters, electronic blocks for non-linear math operations. The course covers design and analysis of differential, instrumentation and isolation amplifiers, passive and active analog filters, analog-to-digital and digital-to-analog converters, electronic blocks for non-linear math operations.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova scritta e orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

## Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Elettronica biomedica I	6	ING-INF/01 ELETTRONICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

**Note:** "L'attività è da intendersi UNIMODULARE. La suddivisione si è resa necessaria per attribuire i CFU su più SSD e più tipologie"

## Elettronica biomedica II (12 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Biomedical electronics II

**Obiettivi formativi:** Il corso è diviso in due moduli "Elettronica Biomedica II" e "Sistemi embedded per applicazioni biomedicali". Nel modulo di Elettronica Biomedica II lo studente imparerà a conoscere le architetture dei sistemi embedded usati per le apparecchiature biomediche; sarà in grado di descriverne e analizzarne le architetture affrontando le problematiche applicative della programmazione e analisi dei segnali. Inoltre, lo studente verrà messo in condizione di conoscere l'informazione digitale da come viene codificata a come viene memorizzata passando dagli algoritmi di elaborazione. Nel modulo di Sistemi Embedded per applicazioni biomedicali lo studente sarà messo nella condizione di conoscere sia i principali metodi e algoritmi per la programmazione di sistemi embedded mobili e sensori, sia di acquisire competenze di carattere partico per sviluppare applicazioni che implementino algoritmi di intelligenza artificiale nell'ambito biomedicale. Il corso si propone di fare acquisire competenze relative alla programmazione di sistemi embedded mobili (quali smartphone/tablet) e di piattaforme sensoristiche. Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0.

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Modulo Elettronica Biomedica II: Prova orale

Modulo Sistemi embedded per applicazioni biomedicali: Prova orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

## Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
---------------	-----	-----	-----------	----------------	--------



## Regolamento Ingegneria Biomedica

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Elettronica Biomedica II	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica
Sistemi embedded per applicazioni biomedicali	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

### Ingegneria biomolecolare e cellulare (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Cellular and biomolecular engineering

**Obiettivi formativi:** Il corso, si propone di fornire le conoscenze di base sui sistemi cellulari e tissutali, utili per applicazioni in ambito bioingegneristico. In particolare, la prima parte del corso ha come obiettivo sia quello di fornire una panoramica sulla struttura e il funzionamento dei diversi tessuti biologici sia quello di fornire le conoscenze relative alle tecniche e alle procedure per la coltivazione in vitro di cellule animali con particolare riferimento alla loro applicazione nel settore dell'ingegneria tissutale, ai fini della rigenerazione di tessuti ed organi. Obiettivo della seconda parte del corso è invece quello di approfondire le conoscenze sull'ingegneria tissutale facendo specifico riferimento ai materiali utilizzati per la realizzazione di supporti tridimensionali (scaffold) atti a supportare la rigenerazione dei diversi tessuti naturali nel rispetto delle normative europee sulle 3R. Sarà inoltre trattato il processo di vascolarizzazione dei tessuti bio-ingegnerizzati, analizzando i naturali processi di vascolarizzazione (vasculogenesi e angiogenesi) e descrivendo le diverse strategie per la vascolarizzazione degli scaffold: inoculation di microvasi preformati; modifica chimica o dell'architettura degli scaffold; progettazione di scaffold canalizzati; incorporazione di fattori atti a stimolare l'angiogenesi; insemminazione di specifici tipi cellulari etc. Saranno affrontati anche i processi e i meccanismi molecolari alla base dello sviluppo, della crescita e della diffusione del cancro, verrà puntata l'attenzione sulla progettazione di sistemi 3D ingegnerizzati che consentano di studiare in vitro, in armonia con il principio delle 3R, specifici processi di cancerogenesi per arrivare poi a sviluppare terapie appropriate (anche personalizzate).

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova scritta con eventuale presentazione da parte dello studente di un argomento, concordato con il docente, in forma seminariale

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Ingegneria biomolecolare e cellulare	6	ING-IND/34 BIOINGEGNERIA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

### Innovazione e regolamentazione delle tecnologie per la salute (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Health Law and Biomedical Technologies

**Obiettivi formativi:** Il corso intende abilitare gli studenti all'analisi dei processi di sviluppo, validazione, commercializzazione e accesso di applicazioni biomedicali all'interno del quadro normativo europeo ed extraeuropeo. In particolare, le competenze acquisite consentiranno agli studenti di impostare un processo di progettazione di tecnologie biomediche conforme agli standard ed alle regolamentazioni internazionali, attraverso un processo di ricerca ed innovazione responsabile, adottando misure di gestione del rischio e strategie di valorizzazione della proprietà intellettuale. Argomenti del corso saranno: responsabilità, valutazione e gestione del rischio nell'ambito delle tecnologie sanitarie (D 85/376/CEE, R (UE) 2017/745, R (UE) 2017/746 e R (CE) 1394/2007 (regolamento sui prodotti medici per terapie avanzate); proprietà, tutela della privacy e sicurezza dei dati, nell'ambito dei tessuti bio-artificiali e nuove applicazioni dell'intelligenza artificiale; gestione della proprietà intellettuale e strumenti di trasferimento tecnologico (licenze di brevetto contro cessione di brevetto, reti contrattuali e joint venture, acquisizioni di imprese guidate dalla proprietà intellettuale, accordi di R&S, copyright, copyleft e open-source); Diritto, Etica e Politica dell'innovazione biotecnologica in biomedicina. Inoltre, data la natura del corso e le sessioni di lavoro in team previste, il corso mira a promuovere l'attitudine al lavoro di gruppo ed alla comunicazione.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Esame Orale e progetto

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Innovazione e regolamentazione delle tecnologie per la salute	3	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente
Innovazione e regolamentazione delle tecnologie per la salute	3	IUS/02 DIRITTO PRIVATO COMPARATO	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

### Laboratorio di progettazione di dispositivi elettromedicali (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Laboratory for the design of electromedical devices

**Obiettivi formativi:** - Utilizzo dei principali strumenti di misure elettroniche  
- Design e realizzazione di semplici dispositivi biomedicali

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova orale e pratica

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Laboratorio di progettazione di dispositivi elettromedicali	6	ING-INF/01 ELETTRONICA	Altre attività - scelta libera dello studente	laboratorio e/o esercitazioni	A scelta dello studente

**Meccanica applicata al sistema muscolo scheletrico (6 CFU)**

**Denominazione in Inglese:** Mechanics of the Musculo-Skeletal System

**Obiettivi formativi:** • Fornire gli strumenti per l'analisi cinematica, statica e dinamica tridimensionale di sistemi meccanici, basandosi su un approccio robotico, sia di tipo teorico che pratico (programmi al computer)

- Indicare le strategie per la definizione degli schemi meccanici per l'analisi del movimento
- Fornire gli elementi di base per la descrizione del sistema muscolo-scheletrico, in particolare arti e rachide
- Metodi per la stima delle forze muscolari e dei carichi sulle articolazioni

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova scritta

**Lingua ufficiale:** Italiano

**Moduli**

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Meccanica applicata al sistema muscolo scheletrico	6	ING-IND/13 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

**Metodi e Tecnologie Ingegneristiche per la Medicina Rigenerativa (12 CFU)**

**Denominazione in Inglese:** Engineering Methods and Technologies for Regenerative Medicine

**Obiettivi formativi:** Il corso è diviso in 2 moduli: "Metodi Bioingegneristici per la Medicina Rigenerativa" e "Tecnologie Biomediche per la Medicina Rigenerativa". L'obiettivo generale è di fornire allo studente le conoscenze in modo da poter fare delle scelte critiche sulle tecnologie e metodi numerici appropriate per un dato applicazione. Lo studente acquisirà l'abilità di progettare e modellare bioreattori e scaffold per l'ingegneria tissutale usando sia metodi analitici che analisi FEM e di analizzare strutture cellulari mediante l'elaborazione di immagini.

Nel modulo di "Metodi bioingegneristici per la Medicina Rigenerativa" lo studente svilupperà le conoscenze sulla formulazione della teoria del continuo fino alla teoria delle degli elementi finiti(FEM). La formulazione FEM sarà presentata sia nell'ambito strutturale che fluidodinamico. Obiettivi specifici: Sapere approssciare un problema usando metodi analitici e agli elementi finiti in ambito strutturale, fluidodinamico e nei tessuti e scaffold in vitro.

Nel secondo modulo di "Tecnologie biomediche per la Medicina Rigenerativa" lo studente svilupperà le conoscenze sullo stato dell'arte della medicina rigenerativa, le applicazioni e i nuovi sviluppi nell'ambito delle tecnologie per le ATMP (advanced therapeutic medicinal products) e i modelli in-vitro biomimetici nel rispetto dell'normative europee sulla protezione degli animali ad uso scientifico e utilizzando i principi delle 3R (Reduction, Refinement, Replacement). Verranno inoltre sviluppate conoscenze su tecnologie e metodologie per l'analisi cellulare mediante la microscopia ottica avanzata. Obiettivi specifici i) Sapere i vincoli progettuali per sistemi in vitro in termini di sforzo di taglio e ricambio di nutrienti, ii) sapere le metodiche per l'analisi quantitativa del comportamento cellulare, iii). Capacità di comprendere le tecnologie di analisi microstrutturale di tessuti naturali e ingegnerizzati e applicazione di metodi di elaborazione in 2 e 3D utilizzando sia ImageJ che Matlab.

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Per il modulo di Metodi Bioingegneristici per la Medicina Rigenerativa: esame scritto e orale con svolgimento di un esercizio tramite software di modellistica agli elementi finiti.

Per il modulo di Tecnologie Biomediche per la Medicina Rigenerativa: esame scritto e orale con svolgimento di un esercizio tramite software di elaborazione delle immagini da microscopia e/o ad elementi finiti.

**Lingua ufficiale:** Italiano

**Moduli**

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Tecnologie biomediche per la Medicina Rigenerativa	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica
Metodi Bioingegneristici per la medicina regenerativa	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

**Metodi per l'analisi di segnali multidimensionali (6 CFU)**

**Denominazione in Inglese:** Multidimensional signal processing

**Obiettivi formativi:** Fornire allo studente i supporti metodologici per la decomposizione e l'estrazione di informazioni da sequenze multidimensionali di dati biomedici.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

**Moduli**

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Metodi per l'analisi di segnali multidimensionali	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

**Modellizzazione biofisica dei sistemi complessi (6 CFU)**

**Denominazione in Inglese:** Biophysical modelling of complex systems

**Obiettivi formativi:** L'attività professionale dell'ingegnere biomedico si sviluppa ed opera nel contesto dei sistemi biologi che, come ben noto, sono classici esempi di sistemi complessi e non lineari. Pertanto, nella formazione universitaria di queste figure professionali è più che mai opportuno che vengano acquisite competenze specifiche per lo studio di questi sistemi. In coerenza con questo paradigma, gli obiettivi principali di codesto corso mirano a far sviluppare e acquisire allo studente quelle competenze riguardanti l'uso di tecniche e metodi non lineari per lo studio di sistemi complessi, come quelli di interesse biomedico, con una particolare attenzione agli aspetti metodologici applicativi. I contenuti del corso possono essere schematicamente suddivisi in 3 parti:



## Regolamento Ingegneria Biomedica

- a) metodi per lo studio di sistemi non lineari deterministici e stocastici (anche spazialmente estesi);  
 b) tecniche di analisi nonlineare di segnali, grafi e networks;  
 c) esempi di applicazione in ambito biologico e biomedico.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Modellizzazione biofisica dei sistemi complessi	6	FIS/03 FISICA DELLA MATERIA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	Attività formative affini o integrative

### Principi di metodologie Biochimiche e Biomolecolari (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Principles of Biochemical and Biomolecular methodologies

**Obiettivi formativi:** Il corso si prefigge di fornire agli studenti un quadro teorico/pratico delle principali metodologie biochimiche e biomolecolari utilizzate per lo studio di macromolecole biologiche, quali proteine e acidi nucleici, e la loro applicazione nel campo della ricerca biochimica, biologico-molecolare e biomedica. Saranno inoltre trattate le più comuni e avanzate tecniche utilizzate nella medicina di laboratorio a scopi diagnostico.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova scritta e/o orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Principi di metodologie Biochimiche e Biomolecolari	6	BIO/10 BIOCHIMICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

### Progettazione di micro e nano sistemi biomedicali (12 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Design of micro and nano biomedical systems

**Obiettivi formativi:** Il corso è suddiviso in due moduli "Micro e Nano Sistemi" e "Sviluppo di Modelli computazionali 3D". Il modulo di "Micro e Nano sistemi" ha lo scopo di fornire agli studenti gli strumenti metodologici e tecnici per la progettazione e la realizzazione di dispositivi dalle dimensioni micro e nanometriche utilizzando le principali tecniche di micro e nano fabbricazione. Lo studente inoltre imparerà ad usare software CAD/CAM. Il modulo di "Sviluppo di Modelli Computazionali 3D" ha lo scopo di fornire agli studenti la teoria di base e le conoscenze degli strumenti software dello stato dell'arte per consentire la sintesi di modelli 3D partendo da una serie immagini. Questi modelli 3D possono essere una sintesi di una selezione delle informazioni. Gli argomenti trattati nel corso abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Modulo di Micro e Nanosistemi: esame scritto e orale

Modulo di Sviluppo di Modelli Computazionali 3D: esame scritto e orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Sviluppo di modelli computazionali 3D	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica
Micro e Nano sistemi	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

### Prova finale (15 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Final examination

**CFU:** 15

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** La prova finale consiste nella stesura di un elaborato relativo ad un'attività di progettazione o di ricerca, e nella sua presentazione e discussione. La valutazione dell'elaborato, oltre che sulla qualità del lavoro svolto, sarà basata sulla padronanza dei temi trattati, sulla capacità di operare in modo autonomo, sulle attitudini di sintesi e sulle capacità di comunicazione.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Prova finale	15	PROFIN_S Prova finale per settore senza discipline	Prova finale	prova finale	Per la prova finale

### Robotica per chirurgia e per riabilitazione (12 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Surgical and rehabilitation robotics



## Regolamento Ingegneria Biomedica

**Obiettivi formativi:** Modulo Robotica Medica: Il corso si propone di illustrare le problematiche fondamentali che si incontrano nella progettazione, nella fabbricazione e nell'utilizzo di sistemi robotici e meccatronici nell'ambito della chirurgia robotica. Lo scopo principale del corso consiste nel descrivere le principali macchine per chirurgia robotica, e.g. macchine teleoperate, assistite, autonome, navigatori chirurgici, e fornire le conoscenze necessarie per la progettazione di sistemi per la chirurgia minimamente invasiva (Minimally Invasive Surgery - MIS), per la chirurgia assistita al computer (Computer-Assisted Surgery - CAS), per la chirurgia eseguita mediante ultrasuoni focalizzati ad alta intensità, e per specifiche applicazioni mediche, quali ad esempio la chirurgia robotica endoscopica, ortopedica, cardiovascolare, etc.. Sintesi degli argomenti trattati: i) introduzione, analisi ed esempi di piattaforme robotiche MIS/CAS; ii) architettura e moduli principali delle piattaforme robotiche MIS/CAS, i.e. attuatori e unità di controllo, sensori e microcontrollori, acquisizione ed elaborazione di immagini medicali e di segnali biomedici; e iii) normative per la sicurezza e la certificazione dei robot medici. Il corso prevede, oltre alle lezioni frontali e alle esercitazioni in aula con il docente titolare del corso, alcune visite, incontri e dibattiti di approfondimento con medici ed imprenditori di aziende nel settore biomedicale, al fine di fornire agli studenti una visione e una conoscenza della robotica medica esaustiva ed attuale, discutendo, infine, delle nuove tendenze e degli sviluppi futuri.

Modulo Bioingegneria della riabilitazione: il corso si propone di fornire agli allievi gli strumenti indispensabili per la progettazione di un dispositivo per la riabilitazione, di ausili e di protesi di arto. Lo scopo principale consiste quindi nel richiamare e fornire tutte le conoscenze per scegliere, dimensionare, verificare ed integrare tra loro, almeno a livello elementare, i principali componenti meccanici nell'ambito dell'ingegneria biomedica. Sintesi degli argomenti trattati. Approccio alla costruzione di macchine biomediche. Progettare per l'uomo e per il disabile (Disabilità, Handicap e menomazioni). Il processo riabilitativo. Cenni di ergonomia e di progettazione universale. Modello HAAT. Quadro normativo di riferimento. Protesi di arto. Ausili. Macchine per la riabilitazione. Risoluzione dei problemi di costruzione di macchine. Richiami di scienza dei materiali. Richiami di tecnica delle costruzioni. Verifiche principali nel progetto di costruzioni di macchine. Coefficiente di sicurezza e affidabilità. Verifiche di resistenza: forme di cedimento e criteri di equivalenza, concentrazione delle tensioni, resistenza dei contatti conformi e non conformi. Verifica in caso di urti. Verifiche di rigidità. Verifiche di durabilità: introduzione alla fatica nei componenti delle macchine, usura e danneggiamento superficiale nei contatti. Coazione di più forme di danneggiamento. Dimensionamento e verifica dei principali elementi di macchina in relazione alla ingegneria della riabilitazione (collegamenti con bulloni, viti mordenti, elementi elastici, cuscinetti volventi e radenti, elementi di trasmissione). Esempi di progetto e verifica di ausili, protesi e macchine per la riabilitazione. Comprendere, valutare funzionalmente e riprodurre sistemi biologici o parti di essi.

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Modulo Robotica Medica: Esame scritto e orale  
Modulo Bioingegneria della riabilitazione: Scritto e orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Robotica Medica	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica
Bioingegneria della riabilitazione	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

### Strumenti di analisi elettromagnetica in ambito biomedico (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Tools for electromagnetic analysis in biomedical applications

**Obiettivi formativi:** Il corso si propone di fornire gli strumenti per la progettazione e l'analisi di bobine a radiofrequenza per applicazioni di Risonanza Magnetica mediante lo sviluppo di simulazioni elettromagnetiche, la descrizione dei metodi numerici e l'impiego di strumentazione elettronica per test al banco.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Strumenti di analisi elettromagnetica in ambito biomedico	3	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Altre attività - scelta libera dello studente	laboratorio e/o esercitazioni	A scelta dello studente
Strumenti di analisi elettromagnetica in ambito biomedico	3	ING-INF/02 CAMPI ELETTROMAGNETICI	Altre attività - scelta libera dello studente	laboratorio e/o esercitazioni	A scelta dello studente

### Strumenti di analisi numerica per l'ingegneria biomedica (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Basic framework of numerical analysis for biomedical engineering

**Obiettivi formativi:** Al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze in merito agli strumenti per l'analisi di procedure in ambito biomedico con strumenti di simulazione numerica. Sarà in grado di comprendere l'ambito in cui collocare il problema e analizzarlo sia con elementi di teoria classica sia con strumenti numerici con software dedicati. Sarà inoltre in grado di scegliere il metodo più adatto per la soluzione dello specifico problema sia in ambito di progettazione di hardware per diagnostica medica che di valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici di svariata natura.

I metodi di simulazione numerica verranno anche presentate sullo studio di problemi di biomeccanica e di fluidodinamica computazionale.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Esame Orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Strumenti di analisi numerica per l'ingegneria biomedica I	3	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente


**Regolamento Ingegneria Biomedica**

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Strumenti di analisi numerica per l'ingegneria biomedica II	3	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

**Tecnologie biomediche (12 CFU)**

**Denominazione in Inglese:** Biomedical technologies

**Obiettivi formativi:** Il modulo di Laboratorio di Tecnologie Biomediche ha lo scopo di abilitare lo studente nella realizzazione di prototipi elettromeccanici per applicazioni biomediche. Saranno trattati i seguenti argomenti:

- 1) Valutazione della classe di rischio dei dispositivi medici e degli standard di progettazione con particolare focus alla regolamentazione europea;
- 2) fondamenti di tecnologia meccanica applicata al settore biomedico;
- 3) fondamenti di modellazione CAD tramite utilizzo di software (Solidworks o Fusion 360);
- 4) prototipazione rapida di tipo elettronico utilizzando schede elettroniche open-source (arduino) interfacciabili con sensori e attuatori;
- 5) prototipazione elettromeccanica (scelta attuatori, driver e loro dimensionamento). Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0

Nel modulo di Materiali e Sistemi Intelligenti lo studente svilupperà:

- 1) conoscenze sui materiali intelligenti e bioresponsivi, quali idrogel, nanomateriali, piezoelettrici, materiali elettro e magneto-responsivi;
- 2) conoscenza dei vincoli progettuali per sistemi Biomimetici in vitro;
- 3) conoscenza della realizzazione di semplici sensori e trasduttori basati sui materiali intelligenti;
- 4) conoscenza sulla progettazione di sistemi intelligenti nell'ambito biomedico;
- 5) le conoscenze in modo da poter fare delle scelte critiche sulle tecnologie appropriate per un dato applicazione.

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Modulo di Laboratorio di Tecnologie Biomediche: esame orale e progetto

Modulo di Materiali e Sistemi Intelligenti: esame scritto e orale e progetto

**Lingua ufficiale:** Italiano

**Moduli**

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Laboratorio di tecnologie Biomediche	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	Lezioni frontali+Esercitazioni+Laboratorio	Ingegneria biomedica
Materiali e Sistemi Intelligenti	6	ING-INF/06 BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria biomedica

**Curriculum: CURRICULUM BIOSTRUMENTAZIONE E BIOINFORMATICA**
**Primo anno (60 CFU)**
**Analisi e modelli di segnali biomedici (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Analisi e modelli di segnali biomedici 1	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica
Analisi e modelli di segnali biomedici 2	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica

**Tecnologie biomediche (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Laboratorio di tecnologie Biomediche	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica
Materiali e Sistemi Intelligenti	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica

**Bioinformatica (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Bioinformatica	6	ING-INF/05	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

**Bioingegneria delle radiazioni (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche	6	ING-IND/20	Affini o integrative	Ingegneria biomedica
Radiazioni elettromagnetiche e interazioni biologiche	6	ING-INF/02	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

**Elettronica biomedica I (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Elettronica biomedica 1	6	ING-INF/01	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

**Attività a libera scelta (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Attività a libera scelta	12	NN	Altre attività - scelta libera dello studente	A scelta dello studente

**Curriculum: CURRICULUM BIOSTRUMENTAZIONE E BIOINFORMATICA**
**Secondo anno (60 CFU)**
**Bioimmagini (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Elaborazione delle bioimmagini	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica
Immagini biomediche	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica

**Chirurgia assistita dal calcolatore e Informatica medica (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Informatica medica	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica
Chirurgia assistita dal calcolatore	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica

**Elettronica biomedica II (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Elettronica Biomedica II	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica
Sistemi embedded per applicazioni biomedicali	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica

**Metodi per l'analisi di segnali multidimensionali (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Metodi per l'analisi di segnali multidimensionali	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica

**Altre attività utili per l'inserimento nel mondo del lavoro (3 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Altre attività utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	3	NN	Altre attività - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	Altre Conoscenze Utili per l'Inserimento Nel Mondo del Lavoro

**Prova finale (15 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Prova finale	15	PROFIN_S	Prova finale	Per la prova finale

**Curriculum: CURRICULUM TECNOLOGIE BIOMEDICHE**
**Primo anno (60 CFU)**
**Analisi e modelli di segnali biomedici (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Analisi e modelli di segnali biomedici 1	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica
Analisi e modelli di segnali biomedici 2	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica

**Tecnologie biomediche (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Laboratorio di tecnologie Biomediche	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica
Materiali e Sistemi Intelligenti	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica

**Bioingegneria delle radiazioni (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche	6	ING-IND/20	Affini o integrative	Ingegneria biomedica
Radiazioni elettromagnetiche e interazioni biologiche	6	ING-INF/02	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

**Meccanica applicata al sistema muscolo scheletrico (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Meccanica applicata al sistema muscolo scheletrico	6	ING-IND/13	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

**Principi di metodologie Biochimiche e Biomolecolari (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Principi di metodologie Biochimiche e Biomolecolari	6	BIO/10	Affini o integrative	A scelta dello studente

**Attività a libera scelta (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Attività a libera scelta	12	NN	Altre attività - scelta libera dello studente	A scelta dello studente

**Curriculum: CURRICULUM TECNOLOGIE BIOMEDICHE****Secondo anno (60 CFU)****Ingegneria biomolecolare e cellulare (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Ingegneria biomolecolare e cellulare	6	ING-IND/34	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica

**Metodi e Tecnologie Ingegneristiche per la Medicina Rigenerativa (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Tecnologie biomediche per la Medicina Rigenerativa	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica
Metodi Bioingegneristici per la medicina rigenerativa	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica

**Progettazione di micro e nano sistemi biomedicali (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Sviluppo di modelli computazionali 3D	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica
Micro e Nano sistemi	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica

**Robotica per chirurgia e per riabilitazione (12 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Robotica Medica	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica
Bioingegneria della riabilitazione	6	ING-INF/06	Caratterizzanti	Ingegneria biomedica

**Altre attività utili per l'inserimento nel mondo del lavoro (3 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Altre attività utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	3	NN	Altre attività - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	Altre Conoscenze Utili per l'Inserimento Nel Mondo del Lavoro

**Prova finale (15 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Prova finale	15	PROFIN_S	Prova finale	Per la prova finale

