

Corso di Laurea Magistrale in INGEGNERIA BIOMEDICA

Classe LM 21

Pagina web: www.ing-bim.unifi.it

Referente del Corso di Laurea: Prof. Federico Carpi

e-mail: federico.carpi@unifi.it

Guida dello Studente per *immatricolati* nell'anno accademico 2026/27

Le informazioni che seguono riguardano il dettaglio del percorso formativo del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica, strutturato in due anni, per gli studenti immatricolati nell'a.a. a cui questa guida si riferisce.

Per gli studenti immatricolati in anni precedenti, si fa riferimento a quanto disponibile nella sezione 'Offerta formativa' sul sito web della Scuola di Ingegneria (www.ingegneria.unifi.it).

Obiettivi formativi

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica forma figure professionali di elevato livello, dotate di padronanza di contenuti tecnico-scientifici generali tipici dell'Ingegneria, applicati ad ambiti specifici inerenti ai sistemi diagnostici e terapeutici per la salute umana, quali ad esempio la strumentazione biomedica, l'acquisizione e l'elaborazione dei segnali e delle immagini biomediche, i modelli di sistemi fisiologici, i fenomeni bioelettrici, la biomeccanica, la robotica e mecatronica biomedica, i sistemi di riabilitazione, l'ingegneria dei tessuti biologici, i biomateriali, le protesi e gli organi artificiali, le applicazioni informatiche ai sistemi viventi, e la gestione delle apparecchiature e delle strutture sanitarie.

Il livello di approfondimento dei temi trattati durante il percorso formativo caratterizza il Laureato Magistrale per un'elevata preparazione tecnico-scientifica nei diversi campi dell'Ingegneria Biomedica e gli conferisce abilità nel trattare problemi complessi, soprattutto secondo un approccio interdisciplinare, volto all'innovazione.

Il Laureato Magistrale è preparato per ricoprire, con responsabilità e autonomia, ruoli caratterizzati da competenze tipiche dell'Ingegneria Biomedica. In particolare, è protagonista dell'introduzione di nuove tecnologie, metodiche e prodotti per:

- il miglioramento delle conoscenze inerenti al funzionamento fisiopatologico dei sistemi biologici;
- la prevenzione, la diagnosi, la terapia e la riabilitazione;
- la gestione dell'assistenza sanitaria, sotto l'aspetto tecnologico e organizzativo, e l'impiego più corretto e sicuro di metodologie e tecnologie in ambito ospedaliero;

La formazione del laureato magistrale in Ingegneria Biomedica ha anche l'obiettivo di fornire le competenze per ulteriori specializzazioni in settori specifici scientificamente e tecnologicamente avanzati, e per un'eventuale prosecuzione degli studi in livelli di formazione superiore, quali Master e Scuole di Dottorato di Ricerca.

Sbocchi occupazionali

Gli ambiti professionali tipici per i laureati magistrali del Corso sono quelli dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della programmazione e della gestione di sistemi complessi, sia nella libera professione, sia nelle imprese manifatturiere o di servizi, sia nelle amministrazioni pubbliche, aventi come obiettivo il ripristino e il mantenimento della salute e l'innalzamento della qualità della vita. A titolo di esempio si citano industrie del settore biomedicale e farmaceutico, produttrici o fornitrici di sistemi, apparecchiature o materiali per diagnosi, cura o riabilitazione; strutture sanitarie pubbliche e private; società di servizi per la gestione di apparecchiature e impianti medicali, di telemedicina; laboratori clinici specializzati; ecc. In tali contesti, i laureati magistrali sono in grado di interagire con i professionisti sanitari nell'ambito delle rispettive competenze, per applicazioni concernenti sistemi diagnostici e terapeutici.

I laureati inoltre possono trovare occupazione presso università ed enti di ricerca, sia pubblici che privati, dopo aver approfondito la propria formazione in un percorso di Dottorato di Ricerca, in Italia o all'estero.

Requisiti di Accesso

L'iscrizione al Corso richiede il possesso di *Requisiti curriculari* e *Requisiti di preparazione personale*, specificati di seguito.

Requisiti curriculari

- 1) Possesso di una Laurea di primo livello o di un Diploma Universitario di durata triennale, o di un titolo superiore, ovvero di altro titolo di studio conseguito all'estero e riconosciuto idoneo;
- 2) Adeguata padronanza di conoscenze nelle discipline scientifiche e dell'ingegneria propedeutiche a quelle caratterizzanti per la classe di laurea magistrale del Corso. In particolare, si richiede il possesso del numero minimo di CFU specificati in Tabella 1, suddivisi per ambiti e settori scientifici disciplinari (SSD).

Il possesso dei requisiti curriculari di accesso verrà verificato da un'apposita Commissione di Valutazione nominata dalla struttura didattica di competenza.

Per i laureati all'estero la verifica dei requisiti curriculari sarà effettuata considerando possibili equivalenze tra gli insegnamenti seguiti con profitto e gli insegnamenti tipicamente incardinati sugli SSD specificati in Tabella 1.

Ai laureati che non soddisfino i requisiti riportati in Tabella 1 per una differenza non superiore a 30 CFU, o che abbiano svolto nel Corso di provenienza curricula professionalizzanti, potrà essere proposto un percorso formativo preliminare all'iscrizione, che preveda il superamento di esami che compensino le carenze esistenti. Gli eventuali esami di compensazione dovranno essere superati prima dell'iscrizione al Corso.

Tabella 1. Requisiti curriculari per l'accesso al Corso.

Ambito disciplinare	SSD	N° minimo CFU
Matematica, informatica e statistica	INF/01 (INFO-01/A) - Informatica MAT/02 (MATH-02/A) - Algebra MAT/03 (MATH-02/B) - Geometria MAT/05 (MATH-03/A) - Analisi matematica MAT/06 (MATH-03/B) - Probabilità e statistica matematica MAT/07 (MATH-04/A) - Fisica matematica MAT/08 (MATH-05/A) - Analisi numerica MAT/09 (MATH-06/A) - Ricerca operativa SECS-S/01 (STAT-01/A) - Statistica SECS-S/02 (STAT-02/A) - Statistica per la ricerca sperimentale e tecnologica	24
Fisica e chimica	CHIM/03 (CHEM-03/A) - Chimica generale e inorganica CHIM/07 (CHEM-06/A) - Fondamenti chimici delle tecnologie FIS/01 (PHYS-01/A) - Fisica sperimentale FIS/03 (PHYS-03/A) - Fisica della materia	12
Ingegneria dell'automazione	ING-IND/13 (IIND-02/A) - Meccanica applicata alle macchine ING-IND/32 (IIND-08/A) - Convertitori, macchine e azionamenti elettrici ING-INF/04 (IINF-04/A) - Automatica	12
Ingegneria della sicurezza e protezione dell'informazione	ING-IND/31 (IIET-01/A) - Elettrotecnica ING-INF/01 (IINF-01/A) - Elettronica ING-INF/02 (IINF-02/A) - Campi elettromagnetici ING-INF/03 (IINF-03/A) - Telecomunicazioni ING-INF/05 (IINF-05/A) - Sistemi di elaborazione delle informazioni ING-INF/07 (IINF-07/A) - Misure elettriche ed elettroniche	30
Bioingegneria	ING-IND/34 (IBIO-01/A) - Bioingegneria industriale ING-INF/06 (IBIO-01/A) - Bioingegneria elettronica e informatica	18
	Totale	96

Requisiti di preparazione personale

- 1) Conseguimento della laurea di provenienza con una media pesata dei voti degli esami di profitto maggiore o uguale a 23/30.

Per i laureati che non soddisfino tale requisito, una Commissione di Valutazione nominata dalla struttura didattica di competenza valuterà, eventualmente a seguito di un colloquio con il candidato, l'adeguatezza della preparazione personale. Nel caso in cui la valutazione porti all'accertamento di gravi lacune, la Commissione, con delibera motivata, proporrà allo studente un percorso formativo integrativo che permetta di sanare le lacune evidenziate, prima dell'iscrizione al Corso.

Per i laureati all'estero è prevista una verifica della preparazione personale con modalità definite dal Consiglio di CdS, tesa a verificare l'adeguata conoscenza delle discipline di base e caratterizzanti per l'Ingegneria Biomedica.

- 2) Conoscenza della lingua Inglese, da dimostrare mediante una certificazione di livello europeo B2 (o superiore), oppure mediante certificato di residenza in un paese in cui l'Inglese è la lingua ufficiale, oppure mediante un diploma di un corso di laurea di primo livello (o equivalente) tenuto interamente in Inglese.

Presentazione della domanda di valutazione per l'accesso

Ai sensi del Manifesto degli Studi di Ateneo, per l'accesso alle Lauree Magistrali non sono previsti titoli di studio in continuità. Pertanto, prima di procedere all'immatricolazione, ogni studente è tenuto a presentare un'opportuna domanda di valutazione per l'accesso al Corso, al fine di ottenere il nulla osta all'immatricolazione. La domanda deve essere presentata secondo le modalità indicate sul sito della Scuola di Ingegneria: <https://www.ingegneria.unifi.it/vp-121-domanda-di-valutazione-per-l-accesso-lm.html>.

Organizzazione del percorso di studi

Il numero minimo di CFU da acquisire nel Corso per conseguire la laurea magistrale è indicato in Tabella 2, unitamente alla distribuzione di tali CFU tra le varie tipologie di attività formative previste in ciascun anno del Corso.

Tabella 2. Attività formative del Corso.

Anno	Attività formative	CFU minimi
1	Insegnamenti in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria	45
	Insegnamenti in SSD Affini e Integrativi	6
	Attività ulteriori	6
2	Insegnamenti in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria	24
	Insegnamenti in SSD Caratterizzanti in ambito Discipline Biomediche	6
	Insegnamenti in SSD Affini e Integrativi	6
	Insegnamenti a scelta libera	12
	Prova finale (tesi di laurea)	15
Totale		120

Il Corso prepara al conseguimento di conoscenze approfondite nelle aree corrispondenti ai seguenti quattro curricula in cui si articola il percorso formativo e che, complessivamente, definiscono la concezione contemporanea di Ingegneria Biomedica:

- 1) Curriculum **Bioingegneria dei segnali e delle immagini per le neuroscienze e la diagnostica assistita da intelligenza artificiale**
- 2) Curriculum **Biomateriali, biomeccanica e ingegneria tissutale**;
- 3) Curriculum **Bioinformatica, ingegneria clinica e gestione dei sistemi sanitari**;
- 4) Curriculum **Robotica biomedica e bioingegneria per la riabilitazione**.

Il piano formativo e l'offerta didattica dei due anni del Corso sono presentati di seguito.

PRIMO ANNO

Nel primo anno, a comune per tutti i curricula, il Corso fornisce conoscenze ritenute necessarie per qualunque laureato in un corso di laurea magistrale in Ingegneria Biomedica, indipendentemente dalla propria specializzazione, a complemento della formazione ottenuta con la laurea di primo livello. Tali conoscenze riguardano:

- la modellazione di un sistema complesso come l'essere umano, a più livelli, a partire dal livello proteico e cellulare, fino al livello di organi, tessuti e dell'intero corpo; tali conoscenze

- sono fornite dall'insegnamento **MODELLI BIOLOGICI**.
- gli effetti dell'applicazione sul corpo umano di campi elettrici ed elettromagnetici esterni, la generazione di biopotenziali elettrici da parte di singole cellule e tessuti, e l'utilizzabilità di tali conoscenze per la realizzazione di sistemi diagnostici, protesici e terapeutici; tali conoscenze sono fornite dall'insegnamento **BIOELETTRICITÀ E BIOELETTROMAGNETISMO**.
- le tipologie, le proprietà e le principali applicazioni dei materiali utilizzati in svariati tipi di dispositivi per interagire con il corpo umano, sia dal suo interno, sia mediante la sua superficie; tali conoscenze sono fornite dall'insegnamento **BIOMATERIALI**.
- le basi delle competenze teoriche e pratiche inerenti alla progettazione e all'applicazione di tecnologie robotiche a supporto della salute dell'essere umano; tali conoscenze sono fornite dall'insegnamento **ROBOTICA BIOMEDICA**.
- le caratteristiche dei principali tipi di segnali biomedici, i parametri di interesse clinico, le modalità di acquisizione ed elaborazione di tali segnali, oltre ai criteri per sviluppare un sistema di supporto alla decisione clinica basato sull'analisi di dati; tali conoscenze sono fornite dall'insegnamento **ELABORAZIONE E CLASSIFICAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI**.
- i requisiti normativi di base necessari per la realizzazione di qualunque dispositivo biomedicale; tali conoscenze sono fornite dall'insegnamento **REGOLAMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI BIOMEDICALI**.

In aggiunta a tali conoscenze, lo studente ha la possibilità di arricchire la propria formazione con un insegnamento a scelta tra i seguenti: **LABORATORIO DI ELABORAZIONE DI BIOSEGNALI**, che approfondisce le tecniche di elaborazione dei segnali biomedici; **LABORATORIO DI DIGITAL TWINS PER SIMULAZIONE DI ORGANI E DISPOSITIVI**, che fornisce competenze per la simulazione digitale in ambito biomedicale; **LABORATORIO DI PROGETTAZIONE E PROGRAMMAZIONE PER ROBOTICA BIOMEDICA**, che integra la formazione del settore della robotica biomedica. Tali attività formative sono allocate nel secondo semestre, per facilitare una scelta coerente con quella del curriculum per il secondo anno.

Il piano formativo e l'offerta didattica del primo anno sono riassunti in Tabella 3.

Tabella 3. Piano formativo e offerta didattica del I anno.

Anno	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
1	IBIO-01/A	BIOMATERIALI	6	IBIO-01/A IINF-02/A	BIOELETTRICITÀ E BIOELETTROMAGNETISMO C.I. BIOELETTRICITÀ (6 CFU) BIOELETTROMAGNETISMO (6 CFU)	12
	IBIO-01/A	MODELLI BIOLOGICI C.I. SYSTEMS BIOLOGY (6 CFU) MODELLI DI SISTEMI FISIOLGICI (6 CFU)				12
	IBIO-01/A	ROBOTICA BIOMEDICA				12
	IBIO-01/A	ELABORAZIONE E CLASSIFICAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI	9	IBIO-01/A	REGOLAMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI BIOMEDICALI	3
	<u>1</u> insegnamento a scelta tra i seguenti:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
				IBIO-01/A	LABORATORIO DI ELABORAZIONE DI BIOSEGNALI	3
				IBIO-01/A	LABORATORIO DI DIGITAL	3

					TWINS PER SIMULAZIONE DI ORGANI E DISPOSITIVI	
				IBIO-01/A	LABORATORIO DI PROGETTAZIONE E PROGRAMMAZIONE PER ROBOTICA BIOMEDICA	3

SECONDO ANNO

Nel secondo anno il Corso fornisce conoscenze specialistiche differenziate per curricula. Ciascun curriculum offre insegnamenti a scelta in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria e in ambito Discipline Biomediche, e insegnamenti a scelta in SSD Affini e integrativi.

Gli insegnamenti a scelta in SSD caratterizzanti dell'area Discipline Biomediche sono comuni a tutti i curricula e consentono di approfondire conoscenze di base in biologia, fisiologia e patologia biologiche, utili ad una progettazione consapevole di tecnologie e tecniche di indagine. In particolare, l'insegnamento FISILOGIA E BIOFISICA MEDICA consolida le conoscenze sulla fisiologia umana e sui meccanismi biofisici alla base delle funzioni vitali, mentre SCIENZE MEDICHE APPLICATE introduce aspetti fondamentali di biologia cellulare, tecniche di coltura e imaging cellulare, nonché metodologie di sperimentazione in vivo, favorendo un approccio integrato tra ingegneria e scienze della vita. L'insegnamento PRINCIPI E TECNICHE DI BIOTECNOLOGIA IN ONCOLOGIA approfondisce conoscenze di base e traslazionali di patologie oncologiche, nonché le tecniche di biotecnologia più avanzate per la loro prevenzione, diagnosi e trattamento.

Gli insegnamenti a scelta in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria e in SSD Affini e integrativi sono concepiti per formare figure professionali distinte, come descritto di seguito.

Curriculum **Bioingegneria dei segnali e delle immagini per le neuroscienze e la diagnostica assistita da intelligenza artificiale**

Introduzione alle tematiche del curriculum

Negli ultimi anni, il progresso delle tecnologie biomediche e computazionali ha favorito l'affermazione della medicina di precisione, un paradigma che mira a personalizzare diagnosi e trattamenti in base alle caratteristiche biologiche, fisiologiche e cliniche del singolo paziente. Tale approccio si fonda sull'acquisizione e sull'integrazione di dati eterogenei, tra cui immagini mediche, segnali biomedici, parametri fisiologici e informazioni cliniche, la cui crescente complessità richiede competenze avanzate in bioingegneria dell'informazione e nell'intelligenza artificiale. In questo contesto si colloca il presente curriculum, progettato per fornire una preparazione solida e integrata nell'elaborazione quantitativa di immagini e segnali biomedici, nella modellistica matematica dei sistemi biologici complessi e nello sviluppo di metodi computazionali per il supporto alla diagnosi. Particolare attenzione è rivolta alle applicazioni in ambito neuroscientifico e alle metodologie di analisi multidimensionale dei dati. L'evoluzione delle tecniche di diagnostica per immagini, delle metodologie di ricostruzione e visualizzazione tridimensionali, nonché dei sistemi di acquisizione basati su biosensori ha reso possibile la generazione di grandi volumi di dati ad alta dimensionalità. La trasformazione di tali dati in informazione clinicamente significativa richiede l'impiego di strumenti matematici e statistici avanzati e di strategie basate su machine learning e deep learning, in grado di supportare il processo decisionale in ambito sanitario. Il curriculum si configura pertanto come un percorso formativo interdisciplinare che integra bioingegneria, neuroscienze, modellistica matematica e scienza dei dati, con l'obiettivo di formare figure capaci di contribuire allo sviluppo di sistemi di diagnostica avanzata e di supporto intelligente alle decisioni cliniche.

Obiettivi formativi e insegnamenti del curriculum

Il curriculum è finalizzato alla formazione di laureati con competenze avanzate nell'ambito della

bioingegneria dell'informazione applicata alla diagnostica medica, con particolare riferimento all'analisi quantitativa di bioimmagini, all'elaborazione di segnali multidimensionali, alla modellistica dei sistemi neurali e biologici e all'impiego di metodologie di intelligenza artificiale per applicazioni cliniche. Il percorso integra contenuti ingegneristici, matematici e biomedici, assicurando una preparazione coerente con le esigenze della medicina di precisione e della diagnostica assistita.

Gli insegnamenti caratterizzanti in ambito Bioingegneria costituiscono l'asse portante del curriculum. L'insegnamento **BIOINGEGNERIA PER LE NEUROSCIENZE** fornisce conoscenze per la modellazione e l'analisi computazionale dei sistemi neurali e per l'interpretazione quantitativa dei segnali neurofisiologici. L'insegnamento **SEGNALI MULTIDIMENSIONALI** approfondisce le tecniche di rappresentazione, trasformazione ed elaborazione di segnali complessi e multimodali, con attenzione ai metodi di estrazione di caratteristiche e di analisi statistica di dati ad alta dimensionalità. L'insegnamento **METODI E TECNOLOGIE PER LA DIAGNOSTICA PER IMMAGINI** tratta i principi fisici e tecnologici delle principali modalità di imaging medico, nonché i processi di acquisizione e di formazione dell'immagine. L'insegnamento **RICOSTRUZIONE E VISUALIZZAZIONE IMMERSIVA DI IMMAGINI MEDICHE** sviluppa competenze nelle tecniche di ricostruzione tridimensionale, di segmentazione e di visualizzazione avanzata di dati volumetrici per applicazioni cliniche. L'insegnamento **BIOSENSORI** introduce ai principi di rilevamento e di trasduzione di segnali biochimici e alla loro integrazione in sistemi di monitoraggio biomedico.

Il percorso è completato dagli insegnamenti a scelta in SSD Affini e integrativi, che ampliano le competenze metodologiche e computazionali. L'insegnamento **CONTROLLI AUTOMATICI II** approfondisce la teoria dei sistemi di controllo, andando oltre i concetti base tipici dei Controlli Automatici, fornendo competenze teoriche e pratiche fondamentali per progettare e analizzare sistemi dinamici complessi. L'insegnamento **DEEP LEARNING APPLICATIONS** approfondisce le architetture di reti neurali profonde e le loro applicazioni nell'analisi di dati e immagini biomediche. L'insegnamento **ELABORAZIONE STATISTICA DEI SEGNALI** tratta metodi probabilistici e statistici per l'analisi e l'inferenza su segnali complessi. L'insegnamento **METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE E MEDICINA CARDIOVASCOLARE** integra conoscenze molecolari e cliniche, contribuendo alla comprensione delle basi biologiche dei processi patologici e della loro correlazione con dati strumentali.

Il percorso formativo è ulteriormente arricchito da insegnamenti a scelta libera e si conclude con la prova finale, che consente allo studente di sviluppare un progetto coerente con le tematiche del curriculum, integrando competenze di imaging medico, analisi dei segnali, modellistica matematica e intelligenza artificiale applicata alla diagnostica.

Il piano formativo e l'offerta didattica del presente curriculum sono riassunti in Tabella 4.

Tabella 4. Piano formativo e offerta didattica del II anno:

Curriculum **Bioingegneria dei segnali e delle immagini per le neuroscienze e la diagnostica assistita da intelligenza artificiale**

Anno	4 insegnamenti a scelta tra i seguenti in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
2	IBIO-01/A	BIOINGEGNERIA PER LE NEUROSCIENZE	6	IBIO-01/A	SEGNALI MULTIDIMENSIONALI	6
	IBIO-01/A	METODI E TECNOLOGIE PER LA DIAGNOSTICA PER IMMAGINI	6	IBIO-01/A	RICOSTRUZIONE E VISUALIZZAZIONE IMMERSIVA DI BIOIMMAGINI	6
	IBIO-01/A	BIOSENSORI	6			
	1 insegnamento a scelta tra i seguenti in SSD Caratterizzanti in ambito Discipline Biomediche:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU

BIOS-06/A	FISIOLOGIA E BIOFISICA MEDICA	6	MEDS-02/A	PRINCIPI E TECNICHE DI BIOTECNOLOGIA IN ONCOLOGIA	6
MEDS-26/D	SCIENZE MEDICHE APPLICATE	6			
1 insegnamento a scelta tra i seguenti in SSD Affini e integrativi:					
I semestre			II semestre		
SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
IINF-01/A	SISTEMI E TECNOLOGIE PER IMAGING ECOGRAFICO BIOMEDICALE	6	BIOS-08/A MEDS-05/A	METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE E MEDICINA CARDIOVASCOLARE C.I. METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE (3CFU) METODOLOGIE DI MEDICINA CARDIOVASCOLARE (3CFU)	6
			IINF-05/A	DEEP LEARNING APPLICATIONS	6
			IINF-03/A	ELABORAZIONE STATISTICA DEI SEGNALI	6
			IINF-04/A	CONTROLLI AUTOMATICI II	6
INSEGNAMENTI A SCELTA LIBERA (12 CFU, qualunque SSD, anche di altri curricula)					
			Prova finale (tesi di laurea)		

Sbocchi occupazionali del curriculum

- Aziende ospedaliere pubbliche e private; società di servizi di telemedicina; laboratori clinici specializzati.
- Industrie del settore biomedico e farmaceutico, produttrici e fornitrici di sistemi, apparecchiature e materiali per diagnosi, cura e riabilitazione.
- Ricerca e sviluppo in università, enti di ricerca e aziende.

Curriculum **Biomateriali, biomeccanica e ingegneria tissutale**

Introduzione alle tematiche del curriculum

Il curriculum abbraccia in modo organico le tre aree dei biomateriali, dell'ingegneria tissutale e della biomeccanica, che sono descritte di seguito.

I biomateriali sono sostanze biocompatibili sintetiche (metalli, polimeri, ceramiche o compositi) o naturali, utilizzate per interagire con i sistemi biologici, con finalità terapeutica (tipicamente trattare, aumentare, riparare o sostituire una funzione tissutale del corpo) o diagnostica. I biomateriali sono necessari per la realizzazione di tutti i dispositivi e impianti biomedici che sono utilizzati all'interno di un organismo o a contatto con la sua superficie per esplicare determinate funzioni terapeutiche o diagnostiche. Ne sono esempio le leghe metalliche, le ceramiche e i polimeri usati per protesi e altri dispositivi medici in ambito ortopedico, cardiovascolare, oftalmologico, odontoiatrico, ecc. I biomateriali sono inoltre impiegati anche come componenti essenziali per l'ingegneria tissutale. Nel settore dei biomateriali l'Ingegnere Biomedico è chiamato ad applicare le metodologie, le tecniche e le conoscenze tipiche dell'Ingegneria per l'ideazione, la fabbricazione e la caratterizzazione fisico-chimica di tali materiali, e l'ideazione di strategie e tecnologie che, tramite essi, permettano la progettazione e la realizzazione di nuovi dispositivi e impianti biomedici.

L'ingegneria tissutale è un settore interdisciplinare che ha l'obiettivo di ricreare artificialmente in vitro tessuti e organi, con il fine ultimo di sostituire organi patologici, o favorire la loro riparazione naturale in vivo, stimolando i meccanismi di autoriparazione mediante l'impianto di cellule e biomateriali. Inoltre, l'ingegneria tissutale si occupa dello sviluppo in vitro di organoidi, ossia versioni artificiali di organo, semplificate e miniaturizzate, da utilizzare come modelli per la messa a punto di farmaci personalizzati, utilizzando cellule prelevate dal paziente. L'ingegneria tissutale è pertanto funzionale alla medicina rigenerativa e alla medicina personalizzata. In questo settore, l'Ingegnere Biomedico è chiamato ad applicare le metodologie, le tecniche e le conoscenze tipiche dell'Ingegneria per l'ideazione di strategie e tecnologie di ingegnerizzazione. Ne sono esempio lo sviluppo di bioreattori, nei quali avviene la produzione di tessuti, organoidi e organi, e lo sviluppo di sistemi di biostampa 3D, per realizzare costrutti che integrino cellule e matrici polimeriche biocompatibili, spesso anche bioerodibili. Inoltre, l'Ingegnere Biomedico fornisce le proprie competenze per lo sviluppo, l'impiego e la caratterizzazione dei biomateriali necessari per l'ingegnerizzazione di tessuti, organoidi e organi, e per lo studio delle proprietà fisico-chimiche dei prodotti finali.

La biomeccanica applica le leggi della fisica per definire e comprendere le forze coinvolte nei sistemi biologici. Sebbene il corpo umano sia un sistema complesso composto da trilioni di cellule, da un punto di vista meccanico può essere descritto utilizzando le stesse leggi che governano sistemi più semplici, come ad esempio strutture metalliche o plastiche. La biomeccanica studia il funzionamento meccanico del corpo a più livelli, da quello cellulare a quello sistemico. La biomeccanica cellulare aiuta a comprendere ad esempio i fenomeni di mecano-trasduzione a livello della membrana cellulare e le proprietà viscoelastiche che caratterizzano i tessuti biologici. Lo studio della biomeccanica del sistema muscolo-scheletrico migliora la comprensione del funzionamento delle articolazioni e permette la progettazione di dispositivi terapeutici in ambito ortopedico e riabilitativo, come le protesi articolari e le ortesi. La biomeccanica si occupa anche di altri processi che avvengono all'interno del corpo, come ad esempio l'interazione fra fluidi e tessuti, come ad esempio nel caso della fluidodinamica del sangue all'interno dei vasi. La biomeccanica trova applicazione inoltre nello sport, utilizzando monitoraggi dettagliati in tempo reale dei movimenti, al fine di mettere a punto strategie per ridurre il rischio di lesioni e migliorare le prestazioni. Infine, la biomeccanica riabilitativa utilizza l'analisi del movimento per valutare l'impatto della disabilità e l'efficacia di terapie e interventi riabilitativi sulle funzioni motorie del corpo.

Obiettivi formativi e insegnamenti del curriculum

Il curriculum punta a dotare lo studente di un profilo altamente professionalizzante in un ambito che lega in modo deciso le conoscenze tecnologiche a quelle biologiche. Gli insegnamenti a scelta in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria offrono un ampio insieme di conoscenze complementari. In particolare, l'insegnamento BIOMECCANICA SPERIMENTALE e l'insegnamento PROTESI, ORGANI E SENSI ARTIFICIALI forniscono competenze nell'ambito della biomeccanica, estendendo le conoscenze acquisite nel percorso di laurea di primo livello. L'insegnamento INGEGNERIA TISSUTALE e l'insegnamento BIOFABBRICAZIONE E BIOPRINTING permettono di acquisire conoscenze specialistiche nell'area dei biomateriali e dell'ingegneria dei tessuti biologici, applicando ed estendendo parte delle nozioni già apprese nell'insegnamento obbligatorio di BIOMATERIALI del primo anno. L'insegnamento MICROSCOPIA OTTICA AVANZATA e l'insegnamento OTTICA BIOMEDICA MULTISCALA forniscono conoscenze approfondite sulle tecniche di microscopia ottica e sui fondamenti di tecniche ottiche per lo studio delle proprietà meccaniche di campioni biologici, dalla singola molecola al tessuto.

Gli insegnamenti a scelta in SSD Affini e integrativi offrono la possibilità di integrare il percorso formativo sia con conoscenze di base dell'area medica/biologica, mediante l'insegnamento METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE E MEDICINA CARDIOVASCOLARE, sia con conoscenze specialistiche sui metodi di studio e modellazione del sistema cardiovascolare, mediante l'insegnamento FLUIDODINAMICA CARDIOVASCOLARE.

Il piano formativo e l'offerta didattica del presente curriculum sono riassunti in Tabella 5.

Tabella 5. Piano formativo e offerta didattica del II anno:

Curriculum **Biomateriali, biomeccanica e ingegneria tissutale**

Anno	4 insegnamenti a scelta tra i seguenti in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
2	IBIO-01/A	INGEGNERIA TISSUTALE	6	IBIO-01/A	PROTESI, ORGANI E SENSI ARTIFICIALI	6
	IBIO-01/A	MICROSCOPIA OTTICA AVANZATA	6	IBIO-01/A	BIOFABBRICAZIONE E BIOPRINTING	6
	IBIO-01/A	BIOMECCANICA SPERIMENTALE	6	IBIO-01/A	OTTICA BIOMEDICA MULTISCALA	6
	1 insegnamento a scelta tra i seguenti in SSD Caratterizzanti in ambito Discipline Biomediche:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
	BIOS-06/A	FISIOLOGIA E BIOFISICA MEDICA	6	MEDS-02/A	PRINCIPI E TECNICHE DI BIOTECNOLOGIA IN ONCOLOGIA	6
	MEDS-26/D	SCIENZE MEDICHE APPLICATE	6			
	1 insegnamento a scelta tra i seguenti in SSD Affini e integrativi:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
	CEAR-01/A	FLUIDODINAMICA CARDIOVASCOLARE	6	BIOS-08/A MEDS-05/A	METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE E MEDICINA CARDIOVASCOLARE C.I. METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE (3CFU) METODOLOGIE DI MEDICINA CARDIOVASCOLARE (3CFU)	6
INSEGNAMENTI A SCELTA LIBERA (12 CFU, qualunque SSD, anche di altri curricula)						
				Prova finale (tesi di laurea)		

Sbocchi occupazionali del curriculum

- Industrie del settore biomedico e farmaceutico, produttrici e fornitrici di sistemi, apparecchiature e materiali per diagnosi, cura e riabilitazione.
- Ricerca e sviluppo in università, enti di ricerca e aziende.

Curriculum **Bioinformatica, ingegneria clinica e gestione dei sistemi sanitari**

Introduzione alle tematiche del curriculum

La crescente disponibilità di dati complessi in ambito sanitario, biologico e tecnologico, insieme alla rapida evoluzione delle metodologie computazionali e delle tecnologie sanitarie, ha reso sempre più rilevante la presenza di figure professionali con competenze avanzate e specialistiche, capaci di operare in contesti altamente interdisciplinari. In questo scenario, la bioinformatica e l'ingegneria clinica rappresentano due ambiti chiave, distinti ma complementari, che rispondono a esigenze diverse della sanità contemporanea e dei settori della ricerca e dell'industria biomedicale.

Il curriculum è pensato per offrire allo studente un percorso flessibile e personalizzabile. La struttura

consente di orientare la propria formazione principalmente verso la bioinformatica o l'ingegneria clinica, senza rinunciare all'integrazione di competenze trasversali. Attraverso la scelta mirata degli insegnamenti, lo studente può costruire un profilo più specialistico oppure equilibrato, in base ai propri interessi e obiettivi formativi.

L'area bioinformatica è orientata alla formazione di competenze avanzate nell'analisi computazionale di dati biologici e biomedici, in particolare dati genomici, single-cell e multi-omici, e nell'utilizzo di metodologie e strumenti per l'interpretazione dei risultati in ambito di ricerca, diagnostica e medicina di precisione.

L'area di ingegneria clinica e gestione dei sistemi sanitari è invece focalizzata sulle tecnologie sanitarie, sui sistemi informativi e sui processi organizzativi e regolatori che ne governano l'introduzione, l'uso e la valutazione nei contesti clinici e assistenziali.

La struttura modulare del curriculum consente allo studente di orientarsi in modo consapevole verso uno dei due ambiti principali, oppure di costruire un profilo interdisciplinare che integri competenze bioinformatiche e ingegneristiche. Tale flessibilità è ulteriormente rafforzata dalla possibilità di arricchire il percorso attraverso insegnamenti opzionali, permettendo di adattare la formazione agli interessi personali e agli sbocchi professionali desiderati, sia in ambito accademico e di ricerca, sia nei settori industriale, sanitario e della sanità digitale.

Obiettivi formativi e insegnamenti del curriculum

Il curriculum ha l'obiettivo di formare laureati magistrali con una preparazione avanzata e interdisciplinare, in cui la bioinformatica rappresenta un asse portante del percorso formativo, integrato con le competenze proprie dell'ingegneria clinica e della gestione dei sistemi sanitari.

Al termine del percorso, lo studente sarà in grado di:

- analizzare e interpretare dati genomici e single-cell ad alta dimensionalità, padroneggiando le tecnologie genomiche e la bioinformatica della medicina di precisione, e contribuire allo sviluppo di soluzioni computazionali e software di intelligenza artificiale per dati biomedici complessi;
- integrare dati molecolari, clinici e organizzativi per supportare processi diagnostici e decisionali in ambito sanitario;
- valutare e gestire tecnologie e sistemi sanitari complessi, inclusi dispositivi diagnostici in vitro, software bioinformatici e piattaforme digitali per la diagnostica di precisione;
- applicare metodologie di valutazione del rischio, della sicurezza, della qualità e del valore clinico ed economico delle tecnologie sanitarie, in una prospettiva di Health Technology Assessment.

Gli insegnamenti del curriculum sono organizzati in modo da consentire allo studente di costruire un profilo formativo solido e coerente, caratterizzato da una forte integrazione tra competenze bioinformatiche avanzate e conoscenze proprie dell'ingegneria clinica e della gestione dei sistemi sanitari. La struttura del percorso formativo permette allo studente di modulare il proprio profilo in funzione delle scelte effettuate tra gli insegnamenti a scelta, mantenendo un equilibrio complessivo tra gli aspetti computazionali, biomedici e ingegneristico-gestionali.

Gli insegnamenti BIOINFORMATICA PER LA GENOMICA, BIOINFORMATICA PER SINGLE-CELL OMICS e BIOINFORMATICA PER LA DIAGNOSTICA DI PRECISIONE rappresentano il cuore della formazione bioinformatica e forniscono competenze avanzate per l'analisi computazionale di dati genomici e single-cell, l'utilizzo delle tecnologie di sequenziamento di nuova generazione e l'interpretazione dei risultati in ambito biomedico e clinico, con particolare attenzione alle applicazioni della medicina di precisione e della diagnostica avanzata. Tale percorso può essere ulteriormente completato scegliendo in alternativa l'insegnamento MEDICINA MOLECOLARE oppure DEEP LEARNING APPLICATIONS. Il primo rafforza il profilo con competenze medico-cliniche nell'uso delle tecnologie genomiche e post-genomiche e nel collegamento tra dati molecolari e decisioni cliniche; il secondo orienta invece il percorso verso un profilo maggiormente computazionale e data-driven, focalizzato sull'applicazione di metodologie di intelligenza artificiale e deep learning all'analisi di dati complessi, inclusi quelli biomedici. Nel loro insieme, questi insegnamenti permettono di costruire un profilo professionale fortemente orientato all'analisi e all'interpretazione di dati genomici complessi e allo sviluppo di soluzioni computazionali per la medicina di precisione. Gli sbocchi occupazionali includono ruoli quali data scientist specializzato in dati genomici presso strutture sanitarie pubbliche e private, istituti di ricerca e laboratori diagnostici, nonché sviluppatore di

software e strumenti bioinformatici in aziende biotech e in realtà industriali attive nel settore della genomica e della diagnostica molecolare.

Accanto agli insegnamenti a carattere bioinformatico, il curriculum include una solida componente di Ingegneria Clinica, costituita dagli insegnamenti **FONDAMENTI DI INGEGNERIA CLINICA**, **ANALISI E VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE E DEI SISTEMI SANITARI** e **ORGANIZZAZIONE DEI SERVIZI DI INGEGNERIA CLINICA**. Questi corsi forniscono le conoscenze e gli strumenti necessari per comprendere come le tecnologie sanitarie e i sistemi diagnostici avanzati vengano selezionati, valutati, introdotti e gestiti nei contesti operativi reali, con attenzione agli aspetti di sicurezza, qualità e organizzazione dei servizi sanitari. Tale percorso può essere ulteriormente completato, sul versante ingegneristico-gestionale, attraverso una scelta tra gli insegnamenti **GESTIONE DEI PROCESSI SANITARI**, **OTTIMIZZAZIONE DEI PROCESSI SANITARI** o **MISURE PER L'AFFIDABILITÀ E LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO**, che approfondiscono metodologie e strumenti per l'analisi, la progettazione e il miglioramento dei processi clinico-assistenziali, con l'obiettivo di rendere i servizi sanitari più efficienti, sostenibili e orientati alla qualità delle cure.

L'insegnamento **METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE E MEDICINA CARDIOVASCOLARE** integra conoscenze molecolari e cliniche, contribuendo alla comprensione delle basi biologiche dei processi patologici e della loro correlazione con dati strumentali.

Nel suo complesso, il curriculum forma una figura professionale capace di coniugare competenze bioinformatiche avanzate con una solida preparazione ingegneristica e gestionale, rispondendo alle esigenze emergenti di una sanità sempre più orientata ai dati, alla personalizzazione delle cure e alla sostenibilità dei sistemi sanitari.

Il piano formativo e l'offerta didattica del presente curriculum sono riassunti in Tabella 6.

Tabella 6. Piano formativo e offerta didattica del II anno:

Curriculum **Bioinformatica, ingegneria clinica e gestione dei sistemi sanitari**

Anno	4 insegnamenti a scelta tra i seguenti in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
2	IBIO-01/A	BIOINFORMATICA PER LA GENOMICA	6	IBIO-01/A	BIOINFORMATICA PER SINGLE-CELL OMICS	6
	IBIO-01/A	FONDAMENTI DI INGEGNERIA CLINICA	6	IBIO-01/A	ORGANIZZAZIONE DEI SERVIZI DI INGEGNERIA CLINICA	6
				IBIO-01/A	ANALISI E VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE E DEI SISTEMI SANITARI	6
				IBIO-01/A	BIOINFORMATICA PER LA DIAGNOSTICA DI PRECISIONE	6
	1 insegnamento a scelta tra i seguenti in SSD Caratterizzanti in ambito Discipline Biomediche:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
	BIOS-06/A	FISIOLOGIA E BIOFISICA MEDICA	6	MEDS-02/A	PRINCIPI E TECNICHE DI BIOTECNOLOGIA IN ONCOLOGIA	6
	MEDS-26/D	SCIENZE MEDICHE APPLICATE	6			
	1 insegnamento a scelta tra i seguenti in SSD Affini e integrativi:					
	I semestre			II semestre		

SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
IEGE-01/A	GESTIONE DEI PROCESSI SANITARI	6	MATH-06/A	OTTIMIZZAZIONE DEI PROCESSI SANITARI	6
MEDS-02/A MEDS-02/B	MEDICINA MOLECOLARE C.I. MEDICINA MOLECOLARE - MODULO A (3 CFU) MEDICINA MOLECOLARE - MODULO B (3 CFU)	6	IMIS-01/B	MISURE PER L'AFFIDABILITÀ E LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO	6
			BIOS-08/A MEDS-05/A	METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE E MEDICINA CARDIOVASCOLARE C.I. METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE (3CFU) METODOLOGIE DI MEDICINA CARDIOVASCOLARE (3CFU)	6
			IINF-05/A	DEEP LEARNING APPLICATIONS	6
INSEGNAMENTI A SCELTA LIBERA (12 CFU, qualunque SSD, anche di altri curricula)					
			Prova finale (tesi di laurea)		

Sbocchi occupazionali del curriculum

- Aziende e industrie operanti nei settori della bioinformatica, delle biotecnologie, della farmaceutica e della sanità digitale, comprese imprese specializzate nello sviluppo di soluzioni computazionali, software e metodologie di analisi per dati genomici, single-cell e multi-omici.
- Aziende ospedaliere pubbliche e private; società di servizi per la gestione di apparecchiature e impianti medicali, di telemedicina; laboratori clinici specializzati.
- Ricerca e sviluppo in università, enti di ricerca e aziende.

Curriculum **Robotica biomedica e bioingegneria per la riabilitazione**

Introduzione alle tematiche del curriculum

Il curriculum si colloca in un ambito strategico dell'Ingegneria Biomedica, dove convergono robotica, scienze della vita, neuroscienze, mecatronica e intelligenza artificiale. In questo contesto, la biorobotica rappresenta una tecnologia abilitante fondamentale, capace di integrare modellazione dei sistemi biologici e progettazione ingegneristica per lo sviluppo di soluzioni innovative in ambito sanitario. La robotica riveste oggi un ruolo centrale lungo l'intero percorso di salute: dalla prevenzione, mediante dispositivi indossabili e sistemi intelligenti per l'analisi precoce di parametri fisiologici, alla diagnosi, attraverso strumenti robotici e piattaforme di elaborazione avanzata dei dati clinici, il monitoraggio continuo del paziente, anche in ambiente domiciliare, fino all'assistenza, alla chirurgia e alla riabilitazione. I sistemi robotici consentono interventi personalizzati e adattivi, migliorando l'efficacia terapeutica, la sicurezza e la qualità della vita.

L'ingegneria della riabilitazione applica i principi dell'Ingegneria a fini riabilitativi. In generale, la riabilitazione è un campo della medicina il cui obiettivo principale è agevolare il recupero o il mantenimento di funzioni neuro-muscolari a seguito di eventi, interventi e/o patologie che le hanno compromesse. In questo contesto, l'ingegneria della riabilitazione si adopera per la realizzazione e/o applicazione di nuove tecnologie che consentano una migliore e più rapida ripresa delle funzioni compromesse, o che favoriscano il mantenimento di tali funzioni più a lungo possibile. Anche questa disciplina ha un carattere fortemente multidisciplinare e si integra a pieno con la robotica biomedica

e le neuroscienze. Dalla robotica acquisisce dispositivi da utilizzare e indirizzare ai protocolli riabilitativi, mentre dalle neuroscienze acquisisce conoscenze per lo sviluppo di modelli fisico-matematici da personalizzare sui pazienti e sulle patologie in essere, per consentire al personale clinico di mettere a punto protocolli riabilitativi più efficaci.

Alla base della biorobotica vi sono diverse tecnologie abilitanti, tra cui:

- Sensoristica avanzata e biosensori (sensori inerziali, di forza, EMG, EEG, dispositivi indossabili) per la misura quantitativa di parametri biomeccanici e fisiologici;
- Attuazione innovativa, inclusi attuatori elettrici, pneumatici e a materiali intelligenti, nonché soluzioni di soft robotics, fondamentali per garantire un'interazione sicura e conforme con il corpo umano;
- Modellazione biomeccanica e neuromotoria, per descrivere il sistema muscolo-scheletrico e i meccanismi di controllo motorio;
- Interfacce uomo-macchina e interfacce neurali, per lo scambio bidirezionale di informazioni tra sistema biologico e sistema artificiale;
- Intelligenza artificiale e apprendimento automatico, per l'analisi di segnali biologici complessi, la personalizzazione delle terapie e l'adattamento in tempo reale del comportamento robotico;
- Tecnologie digitali avanzate, come simulazione, gemelli digitali, realtà virtuale e aumentata;
- Sistemi embedded e cyber-physical systems, per l'integrazione sicura di controllo, comunicazione e gestione dei dati nei dispositivi medicali.

Il curriculum integra i fondamentali della robotica (cinematica, dinamica, controllo, pianificazione del movimento, sensoristica e attuazione) con metodologie di intelligenza artificiale, elaborazione dei segnali biomedici e progettazione centrata sull'utente.

Obiettivi formativi e insegnamenti del curriculum

Il curriculum è progettato per formare ingegneri biomedici con un profilo altamente qualificato e professionalizzante, in un ambito che integra in modo organico competenze tecnologiche avanzate, conoscenze neuroscientifiche e principi della medicina della riabilitazione. L'obiettivo è preparare professionisti in grado di operare in contesti clinici ad elevata complessità, contribuendo in modo significativo alla progettazione, allo sviluppo, all'integrazione e alla valutazione di tecnologie innovative per la diagnosi, la terapia e il recupero funzionale, con particolare attenzione alla persona e ai percorsi di cura. Accanto agli aspetti clinici, particolare attenzione è dedicata anche allo sviluppo di tecnologie robotiche e biomediche per la vita di tutti i giorni, secondo un approccio *human-centered* orientato al miglioramento della qualità della vita e dell'autonomia delle persone.

Gli insegnamenti a scelta in SSD caratterizzanti dell'area Bioingegneria offrono conoscenze inerenti a tecnologiche a supporto della pratica clinica, in ambito sia diagnostico sia terapeutico. In particolare, l'insegnamento BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE è focalizzato sulla progettazione, implementazione e valutazione di dispositivi, sistemi robotici e metodologie per la riabilitazione neuromotoria e sensoriale in contesti clinici reali. Gli insegnamenti INTERAZIONE UOMO-ROBOT e BIOMECCATRONICA introducono lo studente a scenari avanzati in cui sistemi robotici e mecatronici diventano strumenti di supporto, comunicazione, valutazione e training, rendendo le applicazioni clinico-diagnostiche più ripetibili, affidabili, controllabili e personalizzabili, sia nella dimensione somatica sia in quella psicofisiologica. A questi si affianca l'insegnamento MATERIALI INTELLIGENTI PER SOFT ROBOTICS, che propone una visione aggiornata e interdisciplinare sul ruolo dei materiali multifunzionali nell'interazione tra sistemi artificiali e organismo umano, evidenziando come le loro proprietà adattive e responsive rappresentino oggi un elemento chiave nella progettazione di dispositivi biomedicali sicuri, conformabili, biomimetici e orientati al comfort del paziente. Completa il percorso l'insegnamento ROBOTICA E SIMULAZIONE CHIRURGICA, dedicato all'impiego di sistemi robotici e ambienti di simulazione avanzata nella pianificazione, nella formazione e nell'esecuzione della pratica chirurgica, con particolare attenzione alla precisione, alla sicurezza, alla tracciabilità e alla riproducibilità degli interventi, anche in un'ottica di chirurgia minimamente invasiva e assistita dal computer.

Gli insegnamenti a scelta nei SSD affini e integrativi permettono di completare il percorso formativo con competenze complementari, sia di base sia specialistiche. In ambito medico-biologico, l'insegnamento METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE E MEDICINA CARDIOVASCOLARE approfondisce strumenti e conoscenze rilevanti per la comprensione dei

meccanismi molecolari e delle patologie cardiovascolari. Sul versante tecnologico, un primo raggruppamento tematico è dedicato ai sistemi digitali e all'analisi dei dati, attraverso gli insegnamenti SISTEMI IOT PER BODY AREA NETWORKS e ELABORAZIONE STATISTICA DEI SEGNALI, che forniscono competenze nella progettazione di reti di sensori indossabili, nello sviluppo di architetture digitali e nell'analisi quantitativa dei segnali biomedici. Un secondo raggruppamento è invece orientato ai sistemi robotici avanzati e alle tecnologie di fabbricazione digitale, con gli insegnamenti ROBOTICA COLLABORATIVA, ROBOTICA INDOSSABILE e STAMPA 3D E MODELLAZIONE DIGITALE PER DISPOSITIVI MEDICI, che affrontano, rispettivamente, le modalità di interazione sicura uomo-robot, la progettazione di dispositivi robotici indossabili e le tecniche di prototipazione e produzione additiva per applicazioni medicali. Nel complesso, il curriculum offre un percorso coerente e interdisciplinare, in cui competenze biologiche, cliniche e ingegneristiche si integrano per formare professionisti capaci di progettare, sviluppare e valutare tecnologie innovative per la salute, con particolare attenzione alla robotica biomedica e alla riabilitazione.

Il piano formativo e l'offerta didattica del presente curriculum sono riassunti in Tabella 7.

Tabella 7. Piano formativo e offerta didattica del II anno:

Curriculum **Robotica biomedica e bioingegneria per la riabilitazione**

Anno	4 insegnamenti a scelta tra i seguenti in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
2	IBIO-01/A	INTERAZIONE UOMO-ROBOT	6	IBIO-01/A	BIOMECCATRONICA	6
	IBIO-01/A	ROBOTICA E SIMULAZIONE CHIRURGICA	6	IBIO-01/A	MATERIALI INTELLIGENTI PER SOFT ROBOTICS	6
	IBIO-01/A	BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE	6			
	1 insegnamento a scelta tra i seguenti in SSD Caratterizzanti in ambito Discipline Biomediche:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
	BIOS-06/A	FISIOLOGIA E BIOFISICA MEDICA	6	MEDS-02/A	PRINCIPI E TECNICHE DI BIOTECNOLOGIA IN ONCOLOGIA	6
	MEDS-26/D	SCIENZE MEDICHE APPLICATE	6			
	1 insegnamento a scelta tra i seguenti in SSD Affini e integrativi:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
	IIND-02/A	ROBOTICA COLLABORATIVA	6	IIND-03/B	STAMPA 3D E MODELLAZIONE DIGITALE PER DISPOSITIVI MEDICI	6
	IIND-02/A	ROBOTICA INDOSSABILE	6	IINF-03/A	ELABORAZIONE STATISTICA DEI SEGNALI	6
				IINF-03/A	SISTEMI IOT PER BODY AREA NETWORKS	6

				BIOS-08/A MEDS-05/A	METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE E MEDICINA CARDIOVASCOLARE C.I. METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE (3CFU) METODOLOGIE DI MEDICINA CARDIOVASCOLARE (3CFU)	6
INSEGNAMENTI A SCELTA LIBERA (12 CFU, qualunque SSD, anche di altri curricula)						
				Prova finale (tesi di laurea)		

Sbocchi occupazionali del curriculum

- Industrie del settore biomedico e farmaceutico, produttrici e fornitrici di sistemi, apparecchiature e materiali per diagnosi, cura e riabilitazione.
- Ricerca e sviluppo in università, enti di ricerca e aziende.

Insegnamenti a scelta libera

Per quanto concerne gli insegnamenti a scelta libera, lo studente ha facoltà di scegliere qualunque tipo di insegnamento che sia coerente con il percorso di studi. Sebbene sia consigliato prediligere insegnamenti interni al curriculum prescelto, è comunque ammessa la scelta anche di insegnamenti appartenenti agli altri curricula del Corso. È inoltre consentito scegliere anche insegnamenti da altri Corsi di laurea (preferibilmente, ma non necessariamente, di livello magistrale), purché coerenti con il percorso di studi.

Precedenze d'esame (propedeuticità) obbligatorie

Sono previste le seguenti precedenze d'esame obbligatorie tra alcuni insegnamenti del I e II anno (nel caso in cui un esame che ha precedenza non sia stato verbalizzato, il sistema bloccherà la prenotazione all'appello d'esame che richiede quella propedeuticità):

Insegnamenti del II anno con propedeuticità obbligatorie	Insegnamenti del I anno propedeutici obbligatori
ANALISI E VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE E DEI SISTEMI SANITARI	REGOLAMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI BIOMEDICALI
BIOFABBRICAZIONE E BIOPRINTING	BIOMATERIALI
BIOINFORMATICA PER LA DIAGNOSTICA DI PRECISIONE	MODELLI BIOLOGICI C.I.
BIOINFORMATICA PER LA GENOMICA	MODELLI BIOLOGICI C.I.
BIOINFORMATICA PER SINGLE-CELL OMICS	MODELLI BIOLOGICI C.I.
BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE	ELABORAZIONE E CLASSIFICAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI
BIOINGEGNERIA PER LE NEUROSCIENZE	ELABORAZIONE E CLASSIFICAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI
BIOMECCATRONICA	ROBOTICA BIOMEDICA C.I.
CONTROLLI AUTOMATICI II	CONTROLLI AUTOMATICI I
ELABORAZIONE STATISTICA DEI SEGNALI	ELABORAZIONE E CLASSIFICAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI
FISIOLOGIA E BIOFISICA MEDICA	BIOELETTRICITÀ E BIOElettromagnetismo C.I.

FONDAMENTI DI INGEGNERIA CLINICA	REGOLAMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI BIOMEDICALI
GESTIONE DEI PROCESSI SANITARI	REGOLAMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI BIOMEDICALI
INGEGNERIA TISSUTALE	BIOMATERIALI
INTERAZIONE UOMO-ROBOT	ROBOTICA BIOMEDICA C.I.
METODI E TECNOLOGIE PER LA DIAGNOSTICA PER IMMAGINI	ELABORAZIONE E CLASSIFICAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI
MICROSCOPIA OTTICA AVANZATA	BIOMATERIALI
MISURE PER L'AFFIDABILITA' E LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO	REGOLAMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI BIOMEDICALI
ORGANIZZAZIONE DEI SERVIZI DI INGEGNERIA CLINICA	REGOLAMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI BIOMEDICALI
OTTICA BIOMEDICA MULTISCALE	BIOMATERIALI
PROTESI, ORGANI E SENSI ARTIFICIALI	BIOMATERIALI
ROBOTICA COLLABORATIVA	ROBOTICA BIOMEDICA C.I.
ROBOTICA E SIMULAZIONE CHIRURGICA	ROBOTICA BIOMEDICA C.I.
ROBOTICA INDOSSABILE	ROBOTICA BIOMEDICA C.I.
SEGNALI MULTIDIMENSIONALI	ELABORAZIONE E CLASSIFICAZIONE DI DATI E SEGNALI BIOMEDICI

Presentazione del piano di studio da parte degli studenti

Successivamente all'immatricolazione, lo studente è tenuto a presentare un piano di studio comprensivo delle attività formative che intenda svolgere, che verrà valutato dal Comitato per la Didattica del Consiglio del Corso di Studio. La domanda deve essere presentata compilando un piano di studio on line, secondo le modalità indicate sul sito della Scuola di Ingegneria: <https://www.ingegneria.unifi.it/vp-386-piani-di-studio.html>.

Prova finale

La prova finale consiste nella discussione di una tesi di laurea. L'attività viene di norma svolta presso un laboratorio di ricerca dell'Università o di un ente o un'azienda esterni, eventualmente anche all'estero.

Lingua straniera

È richiesta la conoscenza della lingua Inglese, da dimostrare mediante uno dei seguenti modi:

- Certificazione di livello europeo B2 (o superiore), rilasciata tramite un Centro Linguistico di Ateneo, oppure da enti riconosciuti dal Ministero (<https://piattaformaenticert.pubblica.istruzione.it/pocl-piattaforma-enti-cert-web/elenco-enti-accreditati>);
- Certificato di residenza in un paese in cui l'Inglese è la lingua ufficiale;
- Diploma di un corso di laurea di primo livello (o equivalente) tenuto interamente in Inglese.