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 2025/26

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 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 meccatronica 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 specificamente all'innovazione. Il Laureato ha consapevolezza e capacità di assunzione di responsabilità per i ruoli ricoperti.
Gli studenti della laurea magistrale sono preparati per ricoprire, con responsabilità e autonomia, ruoli caratterizzati da competenze tipiche dell'Ingegneria Biomedica. In particolare, sono protagonisti dell'introduzione di nuove tecnologie e dello sviluppo di metodiche e prodotti innovativi per:

- il miglioramento delle conoscenze inerenti il funzionamento dei sistemi biologici, sia nello stato normale sia in quello patologico;
- lo sviluppo di nuove procedure, apparecchiature e sistemi per la prevenzione, la diagnosi, la terapia e la riabilitazione;
- l'ideazione e lo sviluppo di nuove protesi, organi artificiali, dispositivi di supporto alle funzioni

vitali, e ausili per la vita in generale;
- 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;
- lo sviluppo di biomateriali e materiali 'intelligenti', e l'eventuale combinazione di essi con cellule per la ricostruzione e il rimodellamento di organi e tessuti biologici;
- l'esplorazione di nuovi sviluppi tecnologici avanzati nell'ambito delle biotecnologie e nanotecnologie.

La formazione del laureato magistrale in Ingegneria Biomedica ha anche l'obiettivo di fornire le competenze per l'ulteriore specializzazione in settori specifici scientificamente e tecnologicamente avanzati, e per la 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 e 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
Tali requisiti consistono in:

1) Possesso di una Laurea di primo livello o di un Diploma Universitario di durata triennale, 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 una 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 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 CdL 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 - Informatica MAT/02 - Algebra MAT/03 - Geometria MAT/05 - Analisi matematica MAT/06 - Probabilità e statistica matematica MAT/07 - Fisica matematica MAT/08 - Analisi numerica MAT/09 - Ricerca operativa SECS-S/01 - Statistica SECS-S/02 - Statistica per la ricerca sperimentale e tecnologica	24
Fisica e chimica	CHIM/03 - Chimica generale e inorganica CHIM/07 - Fondamenti chimici delle tecnologie FIS/01 - Fisica sperimentale FIS/03 - Fisica della materia	12
Ingegneria dell'automazione	ING-IND/13 - Meccanica applicata alle macchine ING-IND/32 - Convertitori, macchine e azionamenti elettrici ING-INF/04 - Automatica	12
Ingegneria della sicurezza e protezione dell'informazione	ING-IND/31 - Elettrotecnica ING-INF/01 - Elettronica ING-INF/02 - Campi elettromagnetici ING-INF/03 - Telecomunicazioni ING-INF/05 - Sistemi di elaborazione delle informazioni ING-INF/07 - Misure elettriche ed elettroniche	30
Bioingegneria	ING-IND/34- Bioingegneria industriale ING-INF/06 - Bioingegneria elettronica e informatica	18
	Totale	96

Requisiti di preparazione personale

L'ammissione al Corso è subordinata anche all'accertamento di un'adeguata preparazione personale, che verrà effettuato secondo le modalità definite nel Regolamento Didattico del Corso di Studio, considerando i seguenti requisiti:

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 (IBIO-01/A)	48
	Insegnamenti in SSD Affini e Integrativi	6
	Attività ulteriori	3
2	Insegnamenti in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria (IBIO-01/A)	24
	Insegnamenti in SSD Caratterizzanti in ambito Discipline Biomediche (BIOS-06/A e MEDS-26/D)	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 per la medicina personalizzata e di precisione**;
2) Curriculum **Biomateriali, biomeccanica e ingegneria tissutale**;
3) Curriculum **Ingegneria clinica e gestione dei sistemi sanitari**;
4) Curriculum **Robotica biomedica e ingegneria per le neuroscienze e 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 che si ritiene che debbano essere possedute da 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 che mediante la sua superficie; tali conoscenze sono fornite dall'insegnamento BIOMATERIALI.
- le basi delle competenze teoriche e pratiche inerenti la progettazione e l'applicazione di tecnologie robotiche per la cura 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, in aggiunta ai criteri per sviluppare un sistema di supporto alla decisione clinica; tali conoscenze sono fornite dall'insegnamento BIOSEGNALI E DECISIONE CLINICA.
- i requisiti normativi di base necessari per la realizzazione di qualunque dispositivo biomedicale; tali conoscenze sono fornite dall'insegnamento REGOLAMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI BIOMEDICALI.

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.

<table>
<tr><th rowspan="2">Anno</th><th colspan="3">I semestre</th><th colspan="3">II semestre</th></tr>
<tr><th>SSD</th><th>Insegnamento</th><th>CFU</th><th>SSD</th><th>Insegnamento</th><th>CFU</th></tr>
<tr><td rowspan="6">1</td><td>IBIO-01/A</td><td>BIOMATERIALI</td><td>6</td><td>IBIO-01/A
IINF-02/A</td><td>BIOELETTRICITÀ E BIOELETTROMAGNETISMO C.I.
BIOELETTRICITÀ (6 CFU)
BIOELETTROMAGNETISMO (6 CFU)</td><td>12</td></tr>
<tr><td>IBIO-01/A</td><td colspan="4">MODELLI BIOLOGICI C.I.
SYSTEMS BIOLOGY (6 CFU)
MODELLI DI SISTEMI FISIOLOGICI (6 CFU)</td><td>12</td></tr>
<tr><td>IBIO-01/A</td><td colspan="4">BIOSEGNALI E DECISIONE CLINICA C.I.
ELABORAZIONE DEI SEGNALI BIOMEDICI (6 CFU)
BIOINGEGNERIA PER LA DECISIONE CLINICA (6 CFU)</td><td>12</td></tr>
<tr><td>IBIO-01/A</td><td colspan="4">ROBOTICA BIOMEDICA</td><td>12</td></tr>
<tr><td>IBIO-01/A</td><td>REGOLAMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI BIOMEDICALI</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

SECONDO ANNO

Nel secondo anno il Corso fornisce conoscenze specialistiche differenziate in base al curriculum, come descritto di seguito.

Curriculum **Bioingegneria per la medicina personalizzata e di precisione**

Introduzione alle tematiche del curriculum

Gli ultimi anni hanno visto la nascita di un nuovo approccio medico, detto medicina di precisione o medicina personalizzata, in cui i pazienti vengono stratificati per rischio, prognosi o risposta ai trattamenti farmacologici attraverso l'uso di test molecolari, diagnostica per immagini, analisi

multiparametriche, etc.
L'idea chiave della medicina di precisione/personalizzata è quella di basare la decisione medico/clinica sulle caratteristiche molecolari e comportamentali complessive del singolo paziente, invece di utilizzare statistiche medie ricavate da larghe coorti di pazienti.
Gli ambiti nei quali la medicina personalizzata trova la sua massima espressione sono il campo oncologico, quello cardiovascolare e quello immuno-allergologico.
Tale approccio è reso possibile grazie allo sviluppo di nuove tecnologie che consentono di analizzare l'attività di centinaia di migliaia di molecole che stanno alla base del funzionamento dei sistemi viventi (tecnologie omiche, i.e. piattaforme microarray, sequenziatori di seconda e terza generazione) e di tecnologie di imaging ad alta risoluzione (radiomics).
Grazie a queste tecnologie è oggi possibile, con costi relativamente bassi, studiare la variabilità di un singolo individuo a livello genomico, epigenomico, trascrittomico, proteomico e metabolomico e integrare queste informazioni con dati di tipo quantitativo estratte dall'imaging, segnali biologici, parametri clinici e stili di vita per aiutare il medico nel decidere il miglior trattamento personalizzato.
Tuttavia, la mole e la complessità dei dati generati da queste tecnologie richiede l'utilizzo e lo sviluppo di metodi statistico/probabilistici molto sofisticati per manipolare e trasformare il dato sperimentale in informazione biomedica e di strategie basate sull'apprendimento automatico (machine learning, intelligenza artificiale) che, correlando dati omici con parametri clinici, siano in grado di supportare le scelte cliniche.

Obiettivi formativi e insegnamenti del curriculum

Il curriculum "Bioingegneria per la medicina personalizzata e di precisione" si rivolge a questo nuovo approccio della medicina. Il curriculum si espande anche a coprire tematiche più vaste, come quelle riguardanti i metodi per il supporto alla diagnosi, per la visualizzazione di immagini multimodali e multi-dimensionali. Inoltre, il curriculum include anche le nuove tecnologie di visualizzazione, navigazione ed interpretazione dei dati. Su tali due aspetti questo curriculum ha affinità con il curriculum “Robotica biomedica e ingegneria per le neuroscienze e la riabilitazione”, differenziandosi però da esso per il maggiore focus sulla parte di imaging e di elaborazione dei dati, mentre il curriculum “Robotica biomedica e ingegneria per le neuroscienze e la riabilitazione” si concentra sui segnali, in particolar modo neurologici.
Gli insegnamenti a scelta in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria offrono un ampio insieme di conoscenze complementari. In particolare, l’insegnamento GENOMICA COMPUTAZIONALE e l’insegnamento SINGLE CELL OMICS approfondiscono gli aspetti delle scienze e tecnologie omiche; l’insegnamento SEGNALI MULTIDIMENSIONALI, l’insegnamento ANALISI DI IMMAGINI E RADIOMICA e l’insegnamento GENERAZIONE E RAPPRESENTAZIONE DI IMMAGINI MEDICHE affrontano le tematiche inerenti l’acquisizione e elaborazione di dati e immagini; l’insegnamento BIOSENSORI fornisce competenze sulle tecnologie di rilevamento analitico di sostanze biochimiche.
Gli insegnamenti a scelta in SSD Caratterizzanti in ambito Discipline Biomediche permettono di approfondire conoscenze relative alla fisiologia umana, mediante l’insegnamento FISIOLOGIA E BIOFISICA MEDICA, o ad aspetti di base di biologia cellulare, tecniche di coltura e imaging cellulare, e sperimentazione in vivo, mediante l’insegnamento SCIENZE MEDICHE APPLICATE.
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 MEDICINA MOLECOLARE e l’insegnamento METODOLOGIE DI BIOLOGIA MOLECOLARE E MEDICINA CARDIOVASCOLARE, sia con conoscenze specialistiche sulle applicazioni e metodi per l’interpretazione dei dati biomedici, mediante l’insegnamento DEEP LEARNING APPLICATIONS, e sulla trattazione di modelli non lineari da applicare allo studio dei sistemi biologici, mediante l’insegnamento SISTEMI DINAMICI NON LINEARI.

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 per la medicina personalizzata e di precisione (F057)**

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	**GENOMICA COMPUTAZIONALE**	6	IBIO-01/A	**SEGNALI MULTIDIMENSIONALI**	6
	IBIO-01/A	**ANALISI DI IMMAGINI E RADIOMICA**	6	IBIO-01/A	**SINGLE CELL OMICS**	6
	IBIO-01/A	**BIOSENSORI**	6	IBIO-01/A	**GENERAZIONE E RAPPRESENTAZIONE DI IMMAGINI MEDICHE**	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-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-04/A	**SISTEMI DINAMICI NONLINEARI**	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
	MEDS-02/A MEDS-02/B	**MEDICINA MOLECOLARE C.I.** MEDICINA MOLECOLARE - MODULO A (3 CFU) MEDICINA MOLECOLARE - MODULO B (3 CFU)	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 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 miniaturizzare, 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 meccano-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 il moto di fluidi e tessuti circostanti, come 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 sportivi, 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 "Biomateriali, biomeccanica e ingegneria tissutale" 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 Caratterizzanti in ambito Discipline Biomediche permettono di approfondire conoscenze relative alla fisiologia umana, mediante l'insegnamento FISIOLOGIA E BIOFISICA MEDICA, o ad aspetti di base di biologia cellulare, tecniche di coltura e imaging cellulare, e sperimentazione in vivo, mediante l'insegnamento SCIENZE MEDICHE APPLICATE.
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 modellizzazione 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 (F058)**

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	**OTTICA BIOMEDICA MULTISCALA**	6
				IBIO-01/A	**BIOMECCANICA SPERIMENTALE**	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-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)	6

					METODOLOGIE DI MEDICINA CARDIOVASCOLARE (3CFU)	
	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 **Ingegneria clinica e gestione dei sistemi sanitari**

Introduzione alle tematiche del curriculum

La diffusione nelle attività di diagnosi e cura di un numero crescente di apparecchiature biomediche e di tecnologie "avanzate" ha radicalmente modificato l'approccio alla cura della salute, introducendo il concetto di utilizzo ottimale e mantenimento in sicurezza del parco tecnologico. A fronte quindi di una distribuzione sempre più vasta ed ormai irrinunciabile di tecnologie biomediche, il cui orizzonte spazia da un fronte “iperspecialistico”, solitamente in ambito ospedaliero, fino alla dimensione territoriale (reti di cura) ed al domicilio del paziente, sfruttando le applicazioni di telemedicina e del software ad uso medico, una struttura sanitaria deve essere in grado di scegliere le tecnologie appropriate, impiegare correttamente la strumentazione, garantire la sicurezza dei pazienti e degli operatori, nonché la qualità del servizio erogato, e ridurre/ottimizzare i costi di acquisto e di gestione. Questo processo di "tecnologizzazione" e la sua collocazione all’interno del sistema sanitario rende evidente la necessità di fare ricorso a competenze adeguate a garantire, nel rispetto dell’utilizzo sicuro per il paziente e per l’operatore, un’efficiente e corretta gestione delle tecnologie dal punto di vista tecnico ed economico. Questo è il ruolo dell’Ingegneria Clinica, che, inoltre, ha anche il compito di accelerare il trasferimento della cultura tecnologica dalle industrie produttrici agli utilizzatori clinici, gestendo i rischi connessi a questo trasferimento.

Elementi chiave per un corretto approccio alle tematiche elencate sono alcuni strumenti culturali propri dell’Ingegneria, quali la gestione del rischio, l’analisi dei processi e la valutazione multidisciplinare e multidimensionale delle tecnologie, in una logica di garanzia della sicurezza sistemica. Tale percorso, classicamente riferibile al contesto della sicurezza nei luoghi di lavoro, si integra con il tema della gestione della tecnologia, sia per il comune approccio alla sicurezza dell’operatore insieme a quella del paziente, sia per un approccio metodologico in cui la sicurezza dei pazienti è affrontata sulla base di strumenti di analisi degli incidenti e di processi ormai consolidati. Una visione integrata dei due aspetti consente l’approccio complessivo al problema del rischio in sanità, anche in considerazione del fatto che i fattori determinanti per la sicurezza del paziente sono spesso sovrapponibili con quelli per la salute e sicurezza dei lavoratori.

In questo panorama si inserisce la figura professionale dell’Ingegnere Clinico, che è in grado di interfacciarsi con le altre figure professionali presenti nelle aziende sanitarie e collocate nel Servizio Tecnico (per le competenze di edilizia ed impianti), nel Servizio Prevenzione, nel Servizio di Information Technology e nel Servizio di Fisica Sanitaria e che, come recitano alcune delle più diffuse definizioni applicabili, “partecipa alla cura della salute, garantendo un uso sicuro, appropriato ed economico delle tecnologie nei servizi sanitari, applicando competenze ingegneristiche e manageriali all’healthcare technology”. Tra gli obbiettivi principali dell’Ingegneria Clinica si può quindi in sintesi evidenziare il supporto necessario per garantire, secondo lo stato dell’arte, l’uso sicuro, efficiente ed economico dei dispositivi medici, apparecchi e impianti, tramite procedure di accettazione, ivi compreso il collaudo, la gestione della manutenzione (preventiva e correttiva), le verifiche periodiche di sicurezza, funzionalità e qualità, la programmazione di nuove acquisizioni e la valutazione dei dispositivi con metodologie di Health Technology Assessment.

Un corretto approccio a queste attività non può infine prescindere dalla necessità di una profonda conoscenza del quadro regolatorio e normativo, che abbraccia tutte le tecnologie utilizzate per la diagnosi e la terapia, in relazione alle classi Dispositivi Medici e Dispositivi Diagnostici in Vitro, con particolare attenzione anche a contributi di tipo specialistico sul versante della gestione del rischio tecnologico mediante funzioni proprie del Risk Management.

Obiettivi formativi e insegnamenti del curriculum

Il curriculum “Ingegneria clinica e gestione dei sistemi sanitari” punta a dotare lo studente di un profilo altamente professionalizzante in un ambito che lega in modo deciso le conoscenze

tecnologiche a quelle inerenti gli aspetti gestionali nel mondo sanitario nel suo insieme, dalla strumentazione alle procedure. Gli insegnamenti obbligatori in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria offrono un ampio insieme di conoscenze complementari. In particolare, gli insegnamenti FONDAMENTI DI INGEGNERIA CLINICA, ANALISI E VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE E DEI SISTEMI SANITARI e ORGANIZZAZIONE DEI SERVIZI DI INGEGNERIA CLINICA forniscono competenze specialistiche su aspetti fondanti per il settore dell'Ingegneria Clinica, come la gestione delle tecnologie, dei processi e della sicurezza in ambito sanitario, coprendo sia il campo dei Dispositivi Medici, sia quello dei Dispositivi Diagnostici in Vitro; sono trattate tematiche quali l'Health Technology Assessment e l'analisi dei rischi, applicate a sistemi tecnologici complessi ed al software ad uso medico. L'insegnamento ROBOTICA E SIMULAZIONE CHIRURGICA permette inoltre di acquisire conoscenze specialistiche nell'area della robotica e dei dispositivi ad uso biomedicale, applicando ed estendendo parte delle nozioni già apprese nell'insegnamento obbligatorio di ROBOTICA BIOMEDICA del primo anno e nei corsi di base della laurea di primo livello.
Gli insegnamenti a scelta in SSD Caratterizzanti in ambito Discipline Biomediche permettono di approfondire conoscenze relative alla fisiologia umana, mediante l'insegnamento FISIOLOGIA E BIOFISICA MEDICA, o ad aspetti di base di biologia cellulare, tecniche di coltura e imaging cellulare, e sperimentazione in vivo, mediante l'insegnamento SCIENZE MEDICHE APPLICATE.
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 sulle metodiche di ottimizzazione della gestione dei processi sanitari, mediante l'insegnamento OTTIMIZZAZIONE DEI PROCESSI SANITARI, sulla valutazione dell'affidabilità, del rischio e della sicurezza dei dispositivi medici, mediante l'insegnamento MISURE PER L'AFFIDABILITA' E LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO, e sulla progettazione e gestione dei servizi in un contesto sanitario, mediante l'insegnamento GESTIONE DEI PROCESSI 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 **Ingegneria clinica e gestione dei sistemi sanitari (F059)**

Anno	**4** insegnamenti obbligatori in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
2	IBIO-01/A	**FONDAMENTI DI INGEGNERIA CLINICA**	6	IBIO-01/A	**ANALISI E VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE E DEI SISTEMI SANITARI**	6
	IBIO-01/A	**ROBOTICA E SIMULAZIONE CHIRURGICA**	6	IBIO-01/A	**ORGANIZZAZIONE DEI SERVIZI DI INGEGNERIA CLINICA**	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-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
				IMIS-01/B	**MISURE PER L'AFFIDABILITA' 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
	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 per la gestione di apparecchiature e impianti medicali, 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 **Robotica biomedica e ingegneria per le neuroscienze e la riabilitazione**

Introduzione alle tematiche del curriculum

L'Ingegneria gioca un ruolo chiave nelle neuroscienze perché combina conoscenze e strumenti propri dell'Ingegneria, della matematica e dell'informatica con le neuroscienze molecolari, cellulari, sensoriali, comportamentali, cognitive e neurofisiologiche. Tra i tanti campi applicativi possiamo prendere in esame ad esempio il crescente invecchiamento della popolazione mondiale, che aumenterà notevolmente la prevalenza di malattie neurodegenerative e, più in generale, di handicap sensoriali e motori. Ciò richiederà lo sviluppo di nuovi dispositivi biomedici per (i) diagnosticare meglio le malattie neurologiche, (ii) valutare la loro progressione o il loro trattamento e (iii) rimediare agli handicap associati alla malattia o all'età, con cui i medici dovranno confrontarsi sempre più spesso. Esiste quindi una forte necessità di metodi e concetti integrativi, dal livello comportamentale a quello molecolare, per migliorare la comprensione del funzionamento del sistema nervoso centrale e periferico, e su come possa essere riparato o supportato. A tale scopo, le neuroscienze necessitano di una grande varietà di tecnologie biomediche. Esse illustrano bene l'interdisciplinarità che sta alla base dell'Ingegneria Biomedica, richiedendo la collaborazione di medici e ingegneri, combinando molte competenze diverse, come ad esempio in ottica, elettronica, informatica, robotica, fisiologia, biologia, chimica ed ergonomia.

La robotica biomedica è un settore in forte sviluppo, che prevede la realizzazione di tecnologie meccatroniche incentrate sull'uomo, in grado di rivoluzionare l'assistenza sanitaria, con un impatto significativo sulla salute e il benessere delle persone. In particolare, questa disciplina si dedica allo sviluppo di interfacce meccatroniche e meccanismi intelligenti per diagnosi, terapia e riabilitazione. Grazie a tecnologie emergenti, come ad esempio la microchirurgia robotica, la chirurgia laser assistita da robot, la manipolazione robotica, e più in generale le interfacce uomo-macchina, la robotica biomedica ha un grande potenziale per molteplici finalità, come ad esempio l'aumento della precisione e la riduzione dell'invasività di procedure chirurgiche, il miglioramento della

riabilitazione neuro-motoria, la correzione di deficit senso-motori e il miglioramento dell'assistenza motoria.
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 la 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.

Obiettivi formativi e insegnamenti del curriculum
Il curriculum "Robotica biomedica e ingegneria per le neuroscienze e la riabilitazione" punta a dotare lo studente di un profilo altamente professionalizzante in un ambito che lega in modo deciso le conoscenze tecnologiche, quelle neuro-scientifiche e quelle della medicina della riabilitazione. Gli insegnamenti obbligatori in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria offrono un panorama di conoscenze anatomo-funzionali del sistema nervoso centrale e autonomo e delle loro disfunzioni patologiche, collegando le più avanzate tecniche di modellazione matematica (stocastica e deterministica) dei sistemi biologici (mediante l'insegnamento BIOINGEGNERIA PER LE NEUROSCIENZE) con le strategie riabilitative tecnologicamente assistite (mediante l'insegnamento BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE). In aggiunta a questa base obbligatoria, gli insegnamenti a scelta in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria offrono un ampio insieme di prospettive e applicazioni delle tecnologie più avanzate che si integrano nel percorso di supporto alla clinica, sia in ambito diagnostico sia in quello terapeutico. In particolare, l'insegnamento INTERAZIONE UOMO-ROBOT e l'insegnamento BIOMECCATRONICA portano lo studente in uno scenario in cui i sistemi robotici e meccatronici diventano la controparte di supporto e comunicazione che rendono ripetibile, affidabile e controllabile ogni applicazione clinico-diagnostica sia nella sfera somatica che psicofisiologica. Ad essi si aggiunge l'insegnamento MATERIALI INTELLIGENTI, che fornisce un'ampia panoramica su come i materiali siano oggi sempre più attori principali nell'interazione tra sistemi artificiali ed essere umano, grazie al continuo aumento della multifunzionalità di cui vengono dotati.
Gli insegnamenti a scelta in SSD Caratterizzanti in ambito Discipline Biomediche permettono di approfondire conoscenze relative alla fisiologia umana, mediante l'insegnamento FISIOLOGIA E BIOFISICA MEDICA, o ad aspetti di base di biologia cellulare, tecniche di coltura e imaging cellulare, e sperimentazione in vivo, mediante l'insegnamento SCIENZE MEDICHE APPLICATE.
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 in due raggruppamenti tematici: un primo gruppo offre conoscenze approfondite su sistemi e dati digitali, mediante l'insegnamento SISTEMI IOT PER BODY AREA NETWORKS, l'insegnamento PROGETTO DI SISTEMI DIGITALI e l'insegnamento ELABORAZIONE STATISTICA DEI SEGNALI; un secondo gruppo fornisce competenze sui sistemi robotici in modalità collaborativa e le tecnologie di stampa 3D, mediante l'insegnamento ROBOTICA COLLABORATIVA, l'insegnamento ROBOTICA INDOSSABILE e l'insegnamento STAMPA 3D E MODELLAZIONE DIGITALE PER DISPOSITIVI MEDICI.

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 ingegneria per le neuroscienze e la riabilitazione (F060)**

Anno						
	2 insegnamenti obbligatori 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	**BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE**	6
	2 insegnamenti a scelta tra i seguenti in SSD Caratterizzanti in ambito Bioingegneria:					
	I semestre			II semestre		
	SSD	Insegnamento	CFU	SSD	Insegnamento	CFU
	IBIO-01/A	**INTERAZIONE UOMO-ROBOT**	6	IBIO-01/A	**BIOMECCATRONICA**	6
				IBIO-01/A	**MATERIALI INTELLIGENTI**	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-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-01/A	**PROGETTO DI SISTEMI DIGITALI**	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 DI IMMAGINI E RADIOMICA	BIOSEGNALI E DECISIONE CLINICA C.I.
ANALISI E VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE E DEI SISTEMI SANITARI	REGOLAMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI BIOMEDICALI
BIOFABBRICAZIONE E BIOPRINTING	BIOMATERIALI
BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE	BIOSEGNALI E DECISIONE CLINICA C.I.
BIOINGEGNERIA PER LE NEUROSCIENZE	BIOSEGNALI E DECISIONE CLINICA C.I.
BIOMECCATRONICA	ROBOTICA BIOMEDICA
ELABORAZIONE STATISTICA DEI SEGNALI	BIOSEGNALI E DECISIONE CLINICA C.I.
FISIOLOGIA E BIOFISICA MEDICA	BIOELETTRICITÀ E BIOELETTROMAGNETISMO C.I.
FONDAMENTI DI INGEGNERIA CLINICA	REGOLAMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI BIOMEDICALI
GENOMICA COMPUTAZIONALE	MODELLI BIOLOGICI C.I.
GESTIONE DEI PROCESSI SANITARI	REGOLAMENTAZIONE DEI DISPOSITIVI BIOMEDICALI
INGEGNERIA TISSUTALE	BIOMATERIALI
INTERAZIONE UOMO-ROBOT	ROBOTICA BIOMEDICA
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 MULTISCALA	BIOMATERIALI
PROTESI, ORGANI E SENSI ARTIFICIALI	BIOMATERIALI
ROBOTICA COLLABORATIVA	ROBOTICA BIOMEDICA
ROBOTICA E SIMULAZIONE CHIRURGICA	ROBOTICA BIOMEDICA

ROBOTICA INDOSSABILE	**ROBOTICA BIOMEDICA**
SEGNALI MULTIDIMENSIONALI	**BIOSEGNALI E DECISIONE CLINICA C.I.**
SINGLE CELL OMICS	**MODELLI BIOLOGICI C.I.**

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.