

Università degli Studi di Firenze
Ordinamento didattico
del Corso di Laurea Magistrale
in INGEGNERIA BIOMEDICA

D.M. 22/10/2004, n. 270

Regolamento didattico - anno accademico 2023/2024

ART. 1 Premessa

Denominazione del corso	INGEGNERIA BIOMEDICA
Denominazione del corso in inglese	BIOMEDICAL ENGINEERING
Classe	LM-21 Classe delle lauree magistrali in Ingegneria biomedica
Facoltà di riferimento	INGEGNERIA
Altre Facoltà	
Dipartimento di riferimento	Ingegneria dell'Informazione
Altri Dipartimenti	Ingegneria Industriale
Durata normale	2
Crediti	120
Titolo rilasciato	Laurea Magistrale in INGEGNERIA BIOMEDICA
Titolo congiunto	No
Atenei convenzionati	
Doppio titolo	
Modalità didattica	Convenzionale

INGEGNERIA BIOMEDICA

Lingua/e di erogaz. della didattica	ITALIANO
Sede amministrativa	
Sedi didattiche	
Indirizzo internet	http://www.ing-bim.unifi.it
Ulteriori informazioni	
Il corso è	Trasformazione di corso 509
Data di attivazione	
Data DM di approvazione	
Data DR di approvazione	
Data di approvazione del consiglio di facoltà	
Data di approvazione del senato accademico	27/04/2023
Data parere nucleo	21/01/2008
Data parere Comitato reg. Coordinamento	
Data della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni	06/12/2007
Massimo numero di crediti riconoscibili	12
Corsi della medesima classe	No

Numero del gruppo di affinità	
-------------------------------	--

ART. 2 Sintesi della relazione tecnica del nucleo di valutazione

Questa LM è trasformazione della preesistente omonima Laurea Specialistica ed l'unico proposto nella classe LM-21. Per la sua istituzione è stato consultato il Comitato di Indirizzo di Facoltà che ha confermato l'apprezzamento per questa attività formativa della Facoltà e ribadito le aspettative del contesto sanitario e industriale per questa figura professionale altamente specializzata. Il corso offre prospettive di normale continuazione a laureati in Ingegneria Elettronica e Telecomunicazioni e in Ingegneria Meccanica che hanno privilegiato, con i corsi a scelta, i temi della Biomedica.

La proposta di ordinamento sviluppa in modo eccessivamente sintetico alcuni punti. In particolare sembra carente, in relazione alle raccomandazioni del CUN, la descrizione dei risultati di apprendimento. Alla prova finale sono attribuiti da 12 a 24 CFU.

In fase di definizione del regolamento dovranno essere riconsiderati i contenuti degli insegnamenti e le modalità della didattica e degli accertamenti per un miglioramento degli standard qualitativi relativi al conseguimento degli obiettivi formativi, alla progressione della carriera degli studenti ed al gradimento degli studenti. Le risorse di docenza sono appropriate e il 95% dei CFU è coperto da docenti di ruolo. L'attività di ricerca collegata al corso di studio appare di buon livello. Le strutture didattiche a disposizione del Corso di studio sono adeguate.

ART. 3 Consultazione con le organizzazioni rappresentative - a livello nazionale e internazionale - della produzione di beni e servizi, delle professioni (Istituzione del corso)

Il giorno 6/12/2007 si è riunito il Comitato di indirizzo della Facoltà. Erano presenti, tra gli altri, i rappresentanti dell'Associazione Industriali, degli ordini degli Ingegneri di Firenze, Prato e Pistoia, degli enti locali, di Confindustria e di alcune aziende. Il Preside ha presentato

le linee di progettazione dei nuovi corsi di studio della Facoltà di Ingegneria. L'offerta didattica della Facoltà di Ingegneria si concretizza in sette Corsi di Laurea di primo livello attivati dal prossimo anno accademico e in dodici corsi di laurea magistrale. Il Preside ha illustrato, quindi, le proposte degli Ordinamenti delle Lauree e delle Lauree Magistrali redatti ai sensi del D.M. 270/04. Dalla discussione che ha fatto seguito alla presentazione sono emersi dai presenti suggerimenti, proposte e comunque generale consenso alla linea di razionalizzazione dell'offerta formativa adottata dalla Facoltà. Al termine il Comitato di Indirizzo della Facoltà di Ingegneria ha espresso parere pienamente favorevole alle proposte degli Ordinamenti delle Lauree e delle Lauree Magistrali.

In particolare, per quanto riguarda il CdLM in Ingegneria Biomedica, il Comitato ha ribadito l'esigenza della formazione di Ingegneri Biomedici di alta qualificazione professionale e preparazione scientifica, proseguendo una tradizione formativa della Facoltà ormai consolidata ed apprezzata nel contesto sanitario ed industriale.

Data del 06/12/2007

ART. 4 Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica forma figure professionali di elevato livello, dotate di padronanza dei contenuti tecnico-scientifici generali dell'Ingegneria, applicati a settori specifici, quali 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 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 realizzare:

- 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'utilizzo di 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.

Il percorso formativo si articola in quattro curricula, definiti in dettaglio dal Regolamento Didattico di ogni anno accademico:

- il primo curriculum si incentra principalmente sulla bioingegneria per la medicina personalizzata e di precisione;
- il secondo curriculum si incentra principalmente sui biomateriali, la biomeccanica e l'ingegneria tissutale;
- il terzo curriculum si incentra principalmente sull'ingegneria clinica e la gestione dei sistemi sanitari;
- il quarto curriculum si incentra principalmente sulla robotica biomedica e l'ingegneria per le neuroscienze e la riabilitazione.

Il primo anno è a comune per tutti i curricula e ha lo scopo di fornire competenze di base negli ambiti dei biomateriali, della robotica biomedica, del bioelettromagnetismo, dei modelli biologici, dell'elaborazione dei segnali biomedici e della regolamentazione dei dispositivi

biomedicali.

Il secondo anno ha lo scopo di differenziare la formazione in modo specialistico, offrendo percorsi di studio distinti nei vari curricula, come definito in dettaglio dal Regolamento Didattico di ogni anno accademico:

- Il primo curriculum fornisce, mediante insegnamenti negli SSD Caratterizzanti, competenze specialistiche negli ambiti della genomica computazionale, della fusione di dati e realtà aumentata, dell'analisi di immagini e radiomica, dei segnali multidimensionali, dei biosensori e della single cell omics, consentendo agli studenti di operare una scelta guidata tra tali argomenti; inoltre, il curriculum fornisce, mediante insegnamenti in SSD Affini e Integrativi, conoscenze di base dell'area medica/biologica, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello, e competenze specialistiche sulle applicazioni e metodi di data science per l'elaborazione dei dati biomedicali, e sulla trattazione di modelli non lineari da applicare allo studio dei sistemi biologici;
- il secondo curriculum fornisce, mediante insegnamenti negli SSD Caratterizzanti, competenze specialistiche negli ambiti della biomeccanica, delle protesi, organi e sensi artificiali, dell'ingegneria tissutale, della biofabbricazione e bioprinting, della microscopia ottica e dell'ottica biomedica, consentendo agli studenti di operare una scelta guidata tra tali argomenti; inoltre, il curriculum fornisce, mediante insegnamenti in SSD Affini e Integrativi, conoscenze di base dell'area medica/biologica, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello, e competenze specialistiche sui metodi di studio e modellizzazione del sistema cardiovascolare;
- il terzo curriculum fornisce, mediante insegnamenti negli SSD Caratterizzanti, competenze specialistiche negli ambiti dell'ingegneria clinica, della robotica e simulazione chirurgica, dell'analisi e valutazione delle tecnologie e dei sistemi sanitari, e dei dispositivi e tecnologie biomedicali, consentendo agli studenti di operare una scelta guidata tra tali argomenti; inoltre, il curriculum fornisce, mediante insegnamenti in SSD Affini e Integrativi, conoscenze di base dell'area medica/biologica, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello, e competenze specialistiche sulla gestione dei processi sanitari, sui metodi di ottimizzazione da applicare ai processi sanitari e sulle misure per l'affidabilità e la valutazione del rischio da applicare alla strumentazione elettromedicale;
- il quarto curriculum fornisce, mediante insegnamenti negli SSD Caratterizzanti, competenze specialistiche negli ambiti della bioingegneria per le neuroscienze, della bioingegneria della riabilitazione, dell'affective computing, della biomeccatronica, dei materiali intelligenti e dell'interazione uomo-robot, consentendo agli studenti di operare una scelta guidata tra tali argomenti; inoltre, il curriculum fornisce, mediante insegnamenti in

SSD Affini e Integrativi, conoscenze di base dell'area medica/biologica, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello, e competenze specialistiche sulla robotica collaborativa da applicare ai sistemi d'interazione robot-essere umano, sulla stampa 3D e modellazione digitale da applicare al planning chirurgico e ai sistemi di riabilitazione, sui sistemi digitali di controllo da applicare ai dispositivi biomedicali e sui sistemi di tipo IoT per body-area networks.

Nel secondo anno di ciascun curriculum sono inoltre collocate anche le attività a scelta libera dello studente ed è lasciato spazio per la prova finale.

È inoltre ammessa la presentazione di un piano di studio individuale (piano libero), in modo da proporre una personalizzazione del percorso formativo, operando una scelta tra tutti gli insegnamenti offerti sui diversi curricula.

ART. 5 Risultati di apprendimento attesi

5.1 Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding)

Il Corso prepara al conseguimento di conoscenze e capacità di comprensione approfondite nel campo dell'Ingegneria Biomedica, con particolare riferimento alle aree corrispondenti ai quattro curricula in cui si articola il percorso formativo (definiti in dettaglio dal Regolamento Didattico di ogni anno accademico). In particolare:

1) Nel primo anno, a comune per tutti i curricula, il Corso fornisce conoscenza e capacità di comprensione di base negli ambiti dei biomateriali, della robotica biomedica, del bioelettromagnetismo, dei modelli biologici, dell'elaborazione dei segnali biomedici e della regolamentazione dei dispositivi biomedicali.

2) Nel secondo anno il Corso fornisce conoscenza e capacità di comprensione specialistiche differenziate in base al curriculum, come segue:

- il primo curriculum, incentrato principalmente sulla bioingegneria per la medicina personalizzata e di precisione, fornisce, mediante insegnamenti negli SSD Caratterizzanti, conoscenza e capacità di comprensione specialistiche negli ambiti della genomica computazionale, della fusione di dati e realtà aumentata, dell'analisi di immagini e radiomica, dei segnali multidimensionali, dei

ART. 5 Risultati di apprendimento attesi

biosensori e della single cell omics, consentendo agli studenti di operare una scelta guidata tra tali argomenti; inoltre, il curriculum fornisce, mediante insegnamenti in SSD Affini e Integrativi, conoscenza e capacità di comprensione di base dell'area medica/biologica, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello, e conoscenza e capacità di comprensione specialistiche sulle applicazioni e metodi di data science per l'elaborazione dei dati biomedicali, e sulla trattazione di modelli non lineari da applicare allo studio dei sistemi biologici;

- Il secondo curriculum, incentrato principalmente sui biomateriali, la biomeccanica e l'ingegneria tissutale, fornisce conoscenza e capacità di comprensione specialistiche negli ambiti della biomeccanica, delle protesi, organi e sensi artificiali, dell'ingegneria tissutale, della biofabbricazione e bioprinting, della microscopia ottica e dell'ottica biomedica, consentendo agli studenti di operare una scelta guidata tra tali argomenti; inoltre, il curriculum fornisce, mediante insegnamenti in SSD Affini e Integrativi, conoscenza e capacità di comprensione di base dell'area medica/biologica, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello, e conoscenza e capacità di comprensione specialistiche sui metodi di studio e modellizzazione del sistema cardiovascolare;
- il terzo curriculum, incentrato principalmente sull'ingegneria clinica e la gestione dei sistemi sanitari, fornisce, mediante insegnamenti negli SSD Caratterizzanti, conoscenza e capacità di comprensione specialistiche negli ambiti dell'ingegneria clinica, della robotica e simulazione chirurgica, dell'analisi e valutazione delle tecnologie e dei sistemi sanitari, e dei dispositivi e tecnologie biomedicali, consentendo agli studenti di operare una scelta guidata tra tali argomenti; inoltre, il curriculum fornisce, mediante insegnamenti in SSD Affini e Integrativi, conoscenza e capacità di comprensione di base dell'area medica/biologica, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello, e conoscenza e capacità di comprensione specialistiche sulla gestione dei processi sanitari, sui metodi di ottimizzazione da applicare ai processi sanitari e sulle misure per l'affidabilità e la valutazione del rischio da applicare alla strumentazione elettromedicale;
- il quarto curriculum, incentrato principalmente sulla robotica biomedica e l'ingegneria per le neuroscienze e la riabilitazione, fornisce, mediante

ART. 5 Risultati di apprendimento attesi

insegnamenti negli SSD Caratterizzanti, conoscenza e capacità di comprensione specialistiche negli ambiti della bioingegneria per le neuroscienze, della bioingegneria della riabilitazione, dell'affective computing, della biomeccatronica, dei materiali intelligenti e dell'interazione uomo-robot, consentendo agli studenti di operare una scelta guidata tra tali argomenti; inoltre, il curriculum fornisce, mediante insegnamenti in SSD Affini e Integrativi, conoscenza e capacità di comprensione di base dell'area medica/biologica, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello, e conoscenza e capacità di comprensione specialistiche sulla robotica collaborativa da applicare ai sistemi d'interazione robot-essere umano, sulla stampa 3D e modellazione digitale da applicare al planning chirurgico e ai sistemi di riabilitazione, sui sistemi digitali di controllo da applicare ai dispositivi biomedicali e sui sistemi di tipo IoT per body-area networks.

Per ogni curriculum, la conoscenza e capacità di comprensione è sviluppata essenzialmente con gli strumenti didattici tradizionali, quali le lezioni frontali e lo studio personale su testi e pubblicazioni scientifiche per la preparazione degli esami di profitto e del lavoro finale di tesi.

La verifica del raggiungimento dell'obiettivo formativo è ottenuta con prove d'esame a contenuto prevalentemente orale e con prove scritte finali ed in itinere, anche nella forma di test, oltre che con la valutazione dell'elaborato finale di tesi da parte della commissione di laurea.

5.2 Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)

Il Corso prepara figure professionali specializzate nel campo dell'Ingegneria Biomedica, dotate di capacità di analisi, sintesi e visione interdisciplinare dei problemi nel settore, con particolare riferimento alle aree corrispondenti ai quattro curricula in cui si articola il percorso formativo (definiti in dettaglio dal Regolamento Didattico di ogni anno accademico), ossia:

1) Nel primo anno, a comune per tutti i curricula, il Corso fornisce capacità di applicare conoscenza e comprensione di base negli ambiti dei biomateriali, della robotica biomedica, del bioelettromagnetismo, dei modelli biologici, dell'elaborazione dei segnali biomedicali e della regolamentazione dei dispositivi biomedicali;

ART. 5 Risultati di apprendimento attesi

2) Nel secondo anno il Corso fornisce capacità di applicare conoscenza e comprensione specialistiche differenziate in base al curriculum, come segue:

- il primo curriculum, incentrato principalmente sulla bioingegneria per la medicina personalizzata e di precisione, fornisce, mediante insegnamenti negli SSD Caratterizzanti, capacità di applicare conoscenza e comprensione specialistiche negli ambiti della genomica computazionale, della fusione di dati e realtà aumentata, dell'analisi di immagini e radiomica, dei segnali multidimensionali, dei biosensori e della single cell omics, consentendo agli studenti di operare una scelta guidata tra tali argomenti; inoltre, il curriculum fornisce, mediante insegnamenti in SSD Affini e Integrativi, capacità di applicare conoscenza e comprensione di base dell'area medica/biologica, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello, e capacità di applicare conoscenza e comprensione specialistiche sulle applicazioni e metodi di data science per l'elaborazione dei dati biomedicali, e sulla trattazione di modelli non lineari da applicare allo studio dei sistemi biologici;
- Il secondo curriculum, incentrato principalmente sui biomateriali, la biomeccanica e l'ingegneria tissutale, fornisce capacità di applicare conoscenza e comprensione specialistiche negli ambiti della biomeccanica, delle protesi, organi e sensi artificiali, dell'ingegneria tissutale, della biofabbricazione e bioprinting, della microscopia ottica e dell'ottica biomedica, consentendo agli studenti di operare una scelta guidata tra tali argomenti; inoltre, il curriculum fornisce, mediante insegnamenti in SSD Affini e Integrativi, capacità di applicare conoscenza e comprensione di base dell'area medica/biologica, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello, e capacità di applicare conoscenza e comprensione specialistiche sui metodi di studio e modellizzazione del sistema cardiovascolare;
- il terzo curriculum, incentrato principalmente sull'ingegneria clinica e la gestione dei sistemi sanitari, fornisce, mediante insegnamenti negli SSD Caratterizzanti, capacità di applicare conoscenza e comprensione specialistiche negli ambiti dell'ingegneria clinica, della robotica e simulazione chirurgica, dell'analisi e valutazione delle tecnologie e dei sistemi sanitari, e dei dispositivi e tecnologie biomedicali, consentendo agli studenti di operare una scelta guidata tra tali argomenti; inoltre, il curriculum fornisce, mediante insegnamenti in SSD Affini e Integrativi, capacità di applicare conoscenza e comprensione di base

ART. 5 Risultati di apprendimento attesi

dell'area medica/biologica, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello, e capacità di applicare conoscenza e comprensione specialistiche sulla gestione dei processi sanitari, sui metodi di ottimizzazione da applicare ai processi sanitari e sulle misure per l'affidabilità e la valutazione del rischio da applicare alla strumentazione elettromedicale;

- il quarto curriculum, incentrato principalmente sulla robotica biomedica e l'ingegneria per le neuroscienze e la riabilitazione, fornisce, mediante insegnamenti negli SSD Caratterizzanti, capacità di applicare conoscenza e comprensione specialistiche negli ambiti della bioingegneria per le neuroscienze, della bioingegneria della riabilitazione, dell'affective computing, della biomeccatronica, dei materiali intelligenti e dell'interazione uomo-robot, consentendo agli studenti di operare una scelta guidata tra tali argomenti; inoltre, il curriculum fornisce, mediante insegnamenti in SSD Affini e Integrativi, capacità di applicare conoscenza e comprensione di base dell'area medica/biologica, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello, e capacità di applicare conoscenza e comprensione specialistiche sulla robotica collaborativa da applicare ai sistemi d'interazione robot-essere umano, sulla stampa 3D e modellazione digitale da applicare al planning chirurgico e ai sistemi di riabilitazione, sui sistemi digitali di controllo da applicare ai dispositivi biomedicali e sui sistemi di tipo IoT per body-area networks.

Per ogni curriculum, la capacità di applicare conoscenza e comprensione è sviluppata essenzialmente con gli strumenti didattici sperimentali, quali esercitazioni, attività di laboratorio e la discussione di casi di studio. Tale capacità deve essere dimostrata dallo studente nella predisposizione in forma autonoma di elaborati analitici o progettuali eventualmente previsti dagli insegnamenti e comunque sempre almeno nel lavoro finale di tesi. Quest'ultimo è svolto presso laboratori di ricerca, aziende o enti.

Il raggiungimento dell'obiettivo formativo è dimostrato dal superamento delle prove d'esame e nella valutazione, laddove prevista, delle attività di laboratorio e degli elaborati. Una verifica più generale del raggiungimento dell'obiettivo si ha nella valutazione dell'elaborato finale di tesi da parte della commissione di laurea.

ART. 5 Risultati di apprendimento attesi**5.3 Autonomia di giudizio (making judgements)**

Il Laureato magistrale in Ingegneria Biomedica possiede elevata capacità di analisi nel proprio campo di studio. Le attività formative intraprese, caratterizzanti la Classe, gli consentono di formulare, in maniera autonoma e con approccio interdisciplinare, considerazioni rigorose e tecnicamente valide sui temi e sui progetti affrontati.

5.4 Abilità comunicative (communication skills)

Il Laureato magistrale in Ingegneria Biomedica è dotato di capacità decisionali; è in grado di presentare i risultati della propria attività in forma scritta ed orale, con caratteristiche di organicità e rigore tecnico-scientifico; è in grado di comunicare e trasferire informazioni, idee, problemi e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti, sia in lingua italiana, sia in una lingua inglese.

5.5 Capacità di apprendimento (learning skills)

Il Laureato magistrale in Ingegneria Biomedica sviluppa adeguate capacità di apprendimento necessarie per progredire con successo nel percorso formativo. Tali capacità gli consentono di intraprendere, in autonomia, i necessari aggiornamenti legati al rapido evolversi della tecnologia. E' capace di intraprendere la prosecuzione degli studi a livelli di formazione più avanzati, quali i Master e l'ambito della ricerca, attraverso anche l'accesso a Scuole di dottorato di ricerca. Le modalità e gli strumenti didattici con cui i risultati di apprendimento attesi vengono conseguiti sono lezioni ed esercitazioni in aula, attività di laboratorio e di progettazione nei diversi settori dell'Ingegneria Biomedica, seminari integrativi e testimonianze aziendali, visite tecniche, stage presso enti pubblici, aziende, studi professionali e/o società di ingegneria, società erogatrici di servizi. Le modalità con cui i risultati di apprendimento attesi sono verificati possono consistere in prove in itinere intermedie, volte a rilevare l'efficacia dei processi di apprendimento, attuate secondo modalità concordate e pianificate; sono previsti esami di profitto, finalizzati a valutare e quantificare, con voto espresso in trentesimi, il conseguimento degli obiettivi complessivi delle attività formative; le prove certificano il grado di preparazione individuale degli studenti e possono tener conto delle eventuali valutazioni formative e certificative svolte in itinere.

ART. 5 Risultati di apprendimento attesi

ART. 6 Conoscenze richieste per l'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 di seguito, suddivisi per ambiti e settori scientifici disciplinari (SSD):
 - 24 CFU nei seguenti SSD dell'ambito disciplinare 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;
 - 12 CFU nei seguenti SSD dell'ambito disciplinare 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 CFU nei seguenti SSD dell'ambito disciplinare Ingegneria dell'automazione: INGIND/13 Meccanica applicata alle macchine, INGIND/32 Convertitori, macchine e azionamenti elettrici, INGINF/04 Automatica;
 - 30 CFU nei seguenti SSD dell'ambito disciplinare Ingegneria della sicurezza e protezione dell'informazione: INGIND/31 Elettrotecnica, INGINF/01 Elettronica, INGINF/02 Campi elettromagnetici, INGINF/03 Telecomunicazioni, INGINF/05 Sistemi di elaborazione delle informazioni, INGINF/07 Misure elettriche ed elettroniche;
 - 18 CFU nei seguenti SSD dell'ambito disciplinare Bioingegneria: ING-IND/34 - Bioingegneria industriale, ING-INF/06 - Bioingegneria elettronica e informatica.

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 sopra indicati. Ai laureati che non soddisfino tali requisiti 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.

REQUISITI DI PREPARAZIONE PERSONALE

L'ammissione al Corso è subordinata anche al possesso di un'adeguata preparazione personale, ivi compresa la capacità di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, la lingua Inglese, con riferimento anche ai lessici disciplinari. La verifica dell'adeguatezza della preparazione personale sarà effettuata secondo le modalità definite nel Regolamento Didattico del Corso di Studio.

ART. 7 Caratteristiche della prova finale

Per essere ammesso alla prova finale, lo studente deve avere acquisito tutti i crediti nelle restanti attività formative previste dal proprio Piano di Studio.

La prova finale consiste nella realizzazione di una tesi, che viene valutata tramite pubblica discussione. Il lavoro di tesi deve essere elaborato in modo originale dallo studente, sotto la guida di almeno due docenti/ricercatori universitari; qualora tale attività sia condotta esternamente, presso aziende o enti, ai relatori universitari si affianca, di norma, un esperto esterno, in qualità di terzo relatore.

La prova può riguardare un'attività di progettazione o l'applicazione di metodologie avanzate alla soluzione di problemi in ambito biomedicale; essa si conclude con un elaborato il cui obiettivo è quello di verificare la padronanza dello studente dell'argomento trattato, la capacità di ideare e implementare soluzioni originali ad un problema, nonché la sua capacità

di comunicazione.

La tesi può essere redatta in lingua Inglese, soprattutto nel caso in cui l'attività sia stata sviluppata nell'ambito di un programma di internazionalizzazione.

ART. 8 Sbocchi Professionali

P1: Ingegnere esperto di tecnologie per la medicina personalizzata e di precisione

8.1 Funzioni

- sviluppo di nuove tecnologie per la medicina personalizzata e di precisione;
- sviluppo di nuove metodiche computazionali per la medicina personalizzata e di precisione;
- sviluppo di nuove tecniche di fusione di dati e di integrazione in contesti di realtà aumentata per la medicina;
- sviluppo di nuovi algoritmi di analisi di segnali multidimensionali, immagini e radiomica;
- sviluppo di nuove metodiche per lo studio della complessità dei sistemi biologici a livello di singola cellula, mediante biosensori e tecniche di single cell omics.

8.2 Competenze

- competenze di base in ambito elettronico;
- competenze di buon livello in ambito informatico;
- padronanza dei metodi di acquisizione ed elaborazione di segnali ed immagini di natura biomedica;
- padronanza delle tecniche e delle tecnologie per la fusione di dati e la realtà aumentata;
- padronanza delle tecniche di modellazione, rappresentazione e controllo di fenomeni biologici;
- padronanza delle metodiche di studio dei sistemi biologici a livello di singola cellula.

ART. 8 Sbocchi Professionali

8.3 Sbocco

- 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.

P1: Ingegnere progettista di sistemi elettromedicali

8.4 Funzioni

P1

- 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.

8.5 Competenze

P1

- competenze di base in ambito informatico;
- competenze di base in ambito elettronico, della teoria dei segnali e degli elementi di base dell'automazione;
- competenze di base nel campo dei materiali e della costruzione di macchine;
- padronanza dei metodi di acquisizione, elaborazione e trattamento dei segnali ed immagini di natura biomedica;
- padronanza delle tecniche di modellazione, rappresentazione e controllo di

ART. 8 Sbocchi Professionali

fenomeni biologici;

- competenza nelle normative relative alla progettazione e gestione in ambito sanitario.

8.6 Sbocco

P1

Industrie del settore biomedico e farmaceutico, produttrici e fornitrici di sistemi, apparecchiature e materiali per diagnosi, cura e riabilitazione.

P2: Ingegnere esperto di biomateriali, biomeccanica e ingegneria tissutale

8.7 Funzioni

- sviluppo di nuovi biomateriali;
- sviluppo di tecniche di biofabbricazione e bioprinting per l'ingegneria tissutale;
- studio del comportamento delle interazioni biomateriali-cellule per la ricostruzione e il rimodellamento di organi e tessuti biologici mediante tecniche di ingegneria tissutale;
- sviluppo di nuovi dispositivi e sistemi per le biotecnologie;
- sviluppo di nuove protesi, organi artificiali, dispositivi di supporto alle funzioni vitali, ausili per disabili;
- studio della biomeccanica e analisi del movimento.

8.8 Competenze

- competenze di base in ambito informatico;
- competenze di base negli ambiti della meccanica e della costruzione di macchine;
- competenze di base negli ambiti dell'elettronica, dell'elaborazione dei segnali

ART. 8 Sbocchi Professionali

e delle immagini, e dell'automazione;

- padronanza delle tecniche di realizzazione di materiali e biomateriali per dispositivi medici;
- padronanza delle tecniche di caratterizzazione di materiali e biomateriali;
- padronanza delle tecniche relative allo studio, modellazione e analisi del movimento

8.9 Sbocco

- 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.

P2: Ingegnere esperto nella gestione di strutture sanitarie

8.10 Funzioni

P2

- l'individuazione di strutture e servizi per la gestione dell'assistenza sanitaria, soprattutto sotto l'aspetto tecnologico e di organizzazione;
- la gestione e l'impiego nel modo più corretto e sicuro di metodologie e tecnologie in ambito ospedaliero;
- la riduzione dei costi attraverso l'utilizzo ottimale delle risorse in funzione dei reali bisogni;

ART. 8 Sbocchi Professionali

8.11 Competenze

P2

- competenze di base in ambito informatico;
- competenze di base in ambito elettronico, della teoria dei segnali e degli elementi di base dell'automazione;
- competenze di base nel campo dei materiali e della costruzione di macchine;
- padronanza delle normative relative alla gestione e organizzazione di sistemi sanitari e strumentazione biomedica;
- padronanza delle tecniche di realizzazione di sistemi telematici;
- competenze nei contesti delle misure elettriche, dell'affidabilità, della qualità e certificazione.

8.12 Sbocco

P2 Aziende ospedaliere pubbliche e private; società di servizi per la gestione di apparecchiature e impianti medicali, di telemedicina; laboratori clinici specializzati.

P3: Ingegnere clinico esperto della gestione di sistemi sanitari

8.13 Funzioni

- gestione, ottimizzazione e impiego nel modo più corretto e sicuro di processi, metodologie e tecnologie in ambito sanitario;
- analisi e valutazione delle tecnologie e dei sistemi sanitari;
- individuazione di tecnologie, strutture e servizi per la gestione dell'assistenza sanitaria, soprattutto sotto l'aspetto tecnologico e organizzativo;
- riduzione dei costi attraverso l'utilizzo ottimale delle risorse in funzione dei reali bisogni;
- ideazione e sviluppo di nuove procedure, apparecchiature e sistemi per la prevenzione, la diagnosi, la terapia e la simulazione in ambito sanitario.

ART. 8 Sbocchi Professionali

8.14 Competenze

- competenze di base in ambito informatico;
- competenze di base nell'ambito della meccanica;
- competenze di base negli ambiti della robotica e della simulazione chirurgica;
- competenze di base negli ambiti dell'elettronica, dell'elaborazione dei segnali e delle immagini, e dell'automazione;
- padronanza delle metodiche tipiche dell'ingegneria clinica;
- padronanza delle normative relative alla gestione e organizzazione di sistemi sanitari e strumentazione biomedica;
- padronanza nei contesti delle misure elettriche, dell'affidabilità, e della qualità e certificazione.

8.15 Sbocco

- 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.

P3: Ingegnere progettista di biomeccanica, protesi e materiali

8.16 Funzioni

P3

- l'ideazione e lo sviluppo di nuove protesi, organi artificiali, dispositivi di supporto alle funzioni vitali, ausili e protesi per disabili;
- lo studio e la ricerca di materiali avanzati e innovativi, del comportamento delle cellule per la ricostruzione e il rimodellamento di organi e tessuti biologici;

ART. 8 Sbocchi Professionali

- l'esplorazione di nuovi sviluppi tecnologici avanzati nell'ambito delle biotecnologie e nanotecnologie.

8.17 Competenze

P3

- competenze di base in ambito informatico;
- competenze di base in ambito elettronico, della teoria dei segnali e degli elementi di base dell'automazione;
- competenze di base nel campo dei materiali e della costruzione di macchine;
- padronanza delle tecniche di progettazione e realizzazione di materiali e biomateriali per dispositivi medici;
- padronanza delle tecniche relative allo studio, modellazione e analisi del movimento;
- competenze relative alla progettazione e controllo di impianti per la produzione di dispositivi.

8.18 Sbocco

P3 Industrie del settore biomedico e farmaceutico, produttrici e fornitrici di sistemi, apparecchiature e materiali per diagnosi, cura e riabilitazione.

P4: Ingegnere esperto di sistemi per la robotica biomedica, le neuroscienze e la riabilitazione

8.19 Funzioni

- sviluppo di nuove apparecchiature e sistemi robotici per la medicina;
- sviluppo di nuove apparecchiature e sistemi per lo studio del sistema neuro-muscolare;
- sviluppo di nuove apparecchiature e sistemi per la riabilitazione neuro-motoria.

ART. 8 Sbocchi Professionali

8.20 Competenze

- competenze di base negli ambiti della meccanica e dell'elettronica;
- competenze di buon livello in ambito informatico;
- padronanza dei metodi di acquisizione ed elaborazione di segnali ed immagini;
- padronanza delle tecniche di automazione e controllo;
- padronanza sulla realizzazione di dispositivi mecatronici basati su materiali intelligenti;
- padronanza delle tecniche relative allo studio, modellazione e analisi del movimento.

8.21 Sbocco

- 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.

P4: Ingegnere libero professionista

8.22 Funzioni

P4. Il laureato in Ingegneria Biomedica può esercitare la libera professione nei settori di propria competenza, secondo i requisiti previsti dalla normativa vigente, previo superamento dell'esame di stato per l'iscrizione all'albo dell'Ordine Professionale degli Ingegneri, sezione A "Ingegnere Senior" sia nel settore di Ingegneria dell'Informazione che nel settore Ingegneria Industriale.

ART. 8 Sbocchi Professionali**8.23 Competenze**

P4

- competenze di base in ambito informatico;
- competenze di base in ambito elettronico, della teoria dei segnali e degli elementi di base dell'automazione;
- competenze di base nel campo dei materiali e della costruzione di macchine;
- padronanza dei metodi di acquisizione, elaborazione e trattamento dei segnali ed immagini di natura biomedica;
- padronanza delle normative relative alla gestione e organizzazione di sistemi sanitari e strumentazione biomedica;
- competenze nei contesti delle misure elettriche, dell'affidabilità, della qualità e certificazione.
- competenze relative alla progettazione e controllo di impianti per la produzione di dispositivi;

8.24 Sbocco

P4

- Industrie del settore biomedico e farmaceutico, produttrici e fornitrici di sistemi, apparecchiature e materiali per diagnosi, cura e riabilitazione.
- Aziende ospedaliere pubbliche e private; società di servizi per la gestione di apparecchiature e impianti medicali, di telemedicina; laboratori clinici specializzati.

Il corso prepara alle professioni

Classe		Categoria		Unità Professionale	
2.2.1	Ingegneri e professioni assimilate	2.2.1.8	Ingegneri biomedici e bioingegneri	2.2.1.8.0	Ingegneri biomedici e bioingegneri

ART. 9 Quadro delle attività formative**LM-21 - Classe delle lauree magistrali in Ingegneria biomedica**

Tipo Attività Formativa: Caratterizzante		CFU		GRUPPI	SSD	
Ingegneria biomedica		60	84		ING-IND/34	BIOINGEGNERIA INDUSTRIALE
					ING-INF/06	BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA
Totale Caratterizzante	60	84				

Tipo Attività Formativa: Affine/Integrativa		CFU		GRUPPI	SSD	
Attività formative affini o integrative		12	24		BIO/09	FISIOLOGIA
					BIO/11	BIOLOGIA MOLECOLARE
					FIS/01	FISICA SPERIMENTALE
					ING-IND/08	MACCHINE A FLUIDO
					ING-IND/09	SISTEMI PER L'ENERGIA E L'AMBIENTE
					ING-IND/12	MISURE MECCANICHE E TERMICHE
					ING-IND/13	MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE
					ING-IND/14	PROGETTAZIONE MECCANICA E COSTRUZIONE DI MACCHINE

INGEGNERIA BIOMEDICA

				ING-IND/15	DISEGNO E METODI DELL'INGEGNERIA INDUSTRIALE
				ING-IND/16	TECNOLOGIE E SISTEMI DI LAVORAZIONE
				ING-IND/22	SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI
				ING-IND/34	BIOINGEGNERIA INDUSTRIALE
				ING-INF/01	ELETTRONICA
				ING-INF/02	CAMPI ELETTROMAGNETICI
				ING-INF/03	TELECOMUNICAZIONI
				ING-INF/04	AUTOMATICA
				ING-INF/05	SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI
				ING-INF/06	BIOINGEGNERIA ELETTRONICA E INFORMATICA
				ING-INF/07	MISURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE
				MAT/05	ANALISI MATEMATICA
				MAT/06	PROBABILITÀ E STATISTICA MATEMATICA
				MAT/07	FISICA MATEMATICA
				MED/09	MEDICINA INTERNA

Totale Affine/Integrativa	12	24
----------------------------------	-----------	-----------

Tipo Attività Formativa: A scelta dello studente	CFU	GRUPPI	SSD
A scelta dello studente	9	18	

Totale A scelta dello studente	9	18
---------------------------------------	----------	-----------

Tipo Attività Formativa: Lingua/Prova Finale	CFU	GRUPPI	SSD
Per la prova finale	12	24	

Totale Lingua/Prova Finale	12	24
-----------------------------------	-----------	-----------

Tipo Attività Formativa: Altro	CFU		GRUPPI	SSD	
Ulteriori conoscenze linguistiche	0	3			
Abilità informatiche e telematiche	0	3			
Tirocini formativi e di orientamento	0	12			
Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	3	3			
Totale Altro	3	21			

Totale generale crediti	96	171
--------------------------------	-----------	------------

ART. 10 Motivi dell'uso nelle attività affini di settori già previsti dal decreto per la classe

I SSD ING-IND/34 e ING-INF-06 sono caratterizzati da tematiche molto ampie che includono argomenti di base che trovano spazio tra le materie caratterizzanti il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica ma anche settori più specifici e specialistici come la bioingegneria dell'avoce e l'ingegneria cellulare che possono solo completare la formazione come materie affini ed integrative, ma non come materie caratterizzanti.

ART. 11 Descrizione sintetica delle attività affini e integrative

Nell'ambito delle attività affini e integrative sono previsti alcuni insegnamenti aventi le finalità descritte di seguito, in relazione agli obiettivi formativi del Corso.

In particolare, al fine di perseguire l'obiettivo formativo del Corso di fornire abilità nel

trattare problemi complessi, soprattutto secondo un approccio interdisciplinare, sono previsti insegnamenti nelle seguenti aree:

- 1) Insegnamenti dell'area Ingegneria dell'Informazione, aventi lo scopo di fornire competenze sul bioelettromagnetismo, sulle applicazioni e metodi di data science da applicare per l'elaborazione dei dati biomedicali, sulla trattazione di modelli non lineari da applicare allo studio dei sistemi biologici, sulle misure per l'affidabilità e la valutazione del rischio da applicare alla strumentazione elettromedicale, sui metodi di ottimizzazione da applicare ai processi sanitari, sui sistemi di tipo IoT e body-area networks e sull'elettronica per i sistemi di controllo da applicare ai dispositivi biomedicali.
- 2) Insegnamenti dell'area Ingegneria Industriale e Ingegneria Civile, aventi lo scopo di fornire competenze sulla robotica collaborativa da applicare ai sistemi d'interazione robot-essere umano, sulla gestione dei processi sanitari, sulla stampa 3D e modellazione digitale da applicare al planning chirurgico e ai sistemi di riabilitazione, e sui metodi di studio e modellizzazione della fluidodinamica da applicare specialmente al sistema cardiovascolare.
- 3) Insegnamenti dell'area Medica/Biologica, aventi lo scopo di fornire conoscenze di base in ambito medico/fisiologico, che integrino quelle acquisite nel percorso di laurea di primo livello.