

Università di Pisa

Regolamento didattico

Corso di Studio	WIBR-LM - INGEGNERIA BIOMEDICA
Tipo di Corso di Studio	Laurea Magistrale
Classe	Ingegneria biomedica (LM-21 R)
Anno Ordinamento	2026/2027
Anno Regolamento (coorte)	2026/2027

Presentazione

Struttura didattica di riferimento	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE
	- ARTI DEVI AHLUWALIA
	- GIUSEPPE BARILLARO
	- ALEJANDRO LUIS CALLARA
	- MARIA GRAZIA CASCONI
Docenti di Riferimento	- CARMELO DE MARIA
	- VINCENZO FERRARI
	- AGOSTINO MONORCHIO
	- NICOLA VANELLO
	- GIOVANNI VOZZI
	- ARTI DEVI AHLUWALIA
	- ALEJANDRO LUIS CALLARA
	- CARMELO DE MARIA
	- VINCENZO FERRARI
Tutor	- ALBERTO GRECO
	- ENZO PASQUALE SCILINGO
	- ALESSANDRO TOGNETTI
	- NICOLA VANELLO
	- GIOVANNI VOZZI

Durata	2 Anni
CFU	120
Titolo Rilasciato	Laurea Magistrale in INGEGNERIA BIOMEDICA
Titolo Congiunto	No
Doppio Titolo	No
Modalità Didattica	Convenzionale
Lingua/e in cui si tiene il Corso	Italiano
Indirizzo internet del Corso di Studio	http://biomedica.ing.unipi.it/magistrale/home
Il corso è	Trasformazione di corso 509
Massimo numero di crediti riconoscibili	24
Corsi della medesima classe	WBER-LM - BIONICS ENGINEERING
Percorsi di studio	TECNOLOGIE BIOMEDICHE (1) BIOSTRUMENTAZIONE E BIOINFORMATICA (2)
Sedi del Corso	Università di Pisa (Responsabilità Didattica)

Obiettivi della Formazione

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

L'Università di Pisa è attualmente impegnata da una profonda evoluzione, innescata dalla pubblicazione del D.M. 270/04, incentrata su innovativi processi di autonomia, di responsabilità e di qualità. L'attuazione di tali processi, però, dipende anche dalla possibilità di realizzare una più efficace integrazione tra università e apparato produttivo. L'autonomia didattica si sta indirizzando verso alcuni obiettivi di sistema, come il ridurre e razionalizzare il numero dei corsi di laurea e delle prove d'esame, migliorare la qualità e la trasparenza dell'offerta e il rapportarsi tra progettazione e analisi della domanda di conoscenze e competenze espressa dai principali attori del mercato del lavoro, come elemento fondamentale per la qualità e l'efficacia delle attività cui l'università è chiamata.

Si è chiesto ai consessi l'espressione di un parere circa l'ordinamento didattico del corso in Ingegneria Biomedica.

Il fatto che l'Università di Pisa abbia privilegiato nel triennio la formazione di base spostando al secondo livello delle lauree magistrali numerosi indirizzi specialistici che potranno coprire alcune esigenze di conseguimento di professionalità specifiche per determinati settori, è stato giudicato positivamente sottolineando anche che, oltre all'attenzione posta alla formazione di base, positivi sono sia la flessibilità curricolare che l'autonomia e la specificità della sede universitaria, che mostra in questo contesto tutte le eccellenze di cui è depositaria.

Il corso di studio, in previsione del riesame annuale, nell'intento di verificare e valutare gli interventi mirati al miglioramento del corso stesso effettuerà nuove consultazioni con le organizzazioni maggiormente rappresentative nel settore di interesse.

Consultazione con le organizzazioni rappresentative – a livello nazionale e internazionale – della produzione di beni e servizi, delle professioni (Consultazioni successive)

Il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica, in questi anni, ha sempre posto molta attenzione alla consultazione di ditte, organizzazioni ed enti di ricerca nazionali ed internazionali per l'acquisizione di informazioni sulla qualità della formazione degli studenti e sulla organizzazione del piano di studi del suddetto corso. Gli studenti che conseguono la laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica trovano sbocco lavorativo principalmente in ditte del settore biomedicale oppure continuano il loro percorso di studi in dottorati di ricerca di ambito ingegneristico e/o biomedicale nazionali ed internazionali. Il corso di laurea magistrale prevede inoltre nella sua programmazione didattica alcuni corsi svolti da docenti esterni appartenenti a centri di ricerca di riconosciuta fama a livello nazionale ed internazionale, come il CNR di Pisa, la Fondazione Gabriele Monasterio di Pisa e la Scuola Superiore S. Anna. Vengono inoltre organizzati diversi seminari nell'ambito dei corsi con esperti del mondo della ricerca e del lavoro, come rinomati ricercatori della Scuola Superiore S. Anna, dell'Università di Eindhoven, Elcam Medical, Bellaseno etc. Proprio nell'ambito del corso di Altre Attività Utili nel Mondo del Lavoro, vengono effettuati incontri/seminari con diverse ditte Bellaseno, Elcam Medical, Canon Medical System, Rejoint, Esaote Biomedica, Novartis, Unitec srl e Aesse medical, General Electric Medical System (GEMS) ed enti come l'Istituto di Fisiologia Clinica del CNR di Pisa e la Fondazione Gabriele Monasterio. In seguito a questi incontri sia le ditte o gli enti di ricerca hanno offerto la possibilità agli studenti di svolgere tirocini, tesi e stage presso le loro sedi sia di valutare la loro preparazione ed interesse. Questi seminari permettono sia agli studenti di conoscere aspetti nuovi e specifici della ricerca e del mondo del lavoro nell'ambito dell'Ingegneria Biomedica, che al relatore di fornire un feed back al corso di laurea sulla preparazione degli studenti e dare eventuali consigli su aspetti didattici da implementare.

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica inoltre ha attivo da diversi anni ed attiva ogni anno molte convenzioni per lo svolgimento di tirocini e tesi sia con ditte come Akern, Istituto Europeo Oncologico, Orthokey Italia, Oxygen Srl, Humanware srl, Henesis, IVtech S.r.l, Elcam medical, Tecnologie Medicali S.R.L, HORENTEK, ITTEL, etc e con enti di ricerca come diversi istituti del CNR di Pisa, tra cui l'Istituto di Fisiologia Clinica, la Fondazione Gabriele Monasterio, l'IMT di Lucca e l'Istituto di Biorobotica della Scuola Superiore S. Anna. In base al questionario compilato dalle ditte e gli enti di ricerca presso cui gli studenti del corso di laurea magistrale in Ingegneria Biomedica hanno svolto attività di tirocinio, tesi o presso cui hanno trovato impiego e che vengono somministrati per avere un feed-back sulla preparazione degli studenti stessi, emerge un giudizio positivo sulla loro preparazione in quanto la strutturazione delle attività didattiche permette di fornire allo studente delle solide basi matematiche, fisiche ed ingegneristiche ed allo stesso tempo di iniziare a professionalizzarlo verso il settore biomedicale, permettendogli di acquisire una mentalità multidisciplinare ed interdisciplinare per l'analisi di problematiche complesse come quelle del settore biomedicale ed acquisire un linguaggio nuovo che gli permette di interfacciarsi con tutti gli attori del settore biomedicale: dal paziente, al medico, al produttore, all'ingegnere. Il consiglio aggregato in Ingegneria Biomedica e Bionics Engineering ha deciso di istituire una giornata di incontro tra studenti ed esponenti del mondo del lavoro, per presentare da un lato l'offerta formativa del corso di laurea triennale in ingegneria biomedica e dall'altro avere input dalle aziende e dagli enti invitati su eventuali migliorie da apportare. Quest'anno l'evento si terrà il 16 Maggio 2025 presso l'aula magna del polo Fibonacci e parteciperanno alcune ditte del settore quali General Electric Healthcare, Esaote, Dieng Corp, Fondazione Monasterio, Elcam Medical, Rimos e Enki. L'evento, organizzato con cadenza annuale, favorisce l'incontro tra aziende e studenti, offrendo soprattutto un'opportunità per raccogliere feedback sulle competenze richieste dal mondo del lavoro e valutare quanto la didattica del Corso di Laurea le soddisfi o necessiti di aggiornamenti.

Profilo professionale e sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati

Bioingegnere industriale

Funzioni in un contesto di lavoro:

Progettazione di nuovi sistemi e nuove tecnologie biomediche.

Competenze associate alla funzione:

Competenze nei settori dei sistemi bioispirati, delle tecnologie mininvasive per la chirurgia e neuroriabilitazione, dei materiali intelligenti, degli organi artificiali, dell'Ingegneria dei tessuti della Medicina Rigenerativa, delle tecnologie di processamento su scala micrometrica e nanometrica di biomateriali e sullo sviluppo di modelli computazionali bidimensionali e tridimensionali per la progettazione e la realizzazione di dispositivi biomedicali.

Sbocchi occupazionali:

Il laureato magistrale in Ingegneria Biomedica con curriculum Tecnologie Biomediche è in grado di svolgere attività professionale nell'industria manifatturiera per la realizzazione e uso di sistemi biorobotici, per la progettazione e realizzazione di organi artificiali, nella Medicina Rigenerativa e dell'Ingegneria Tessutale, nelle tecnologie mininvasive, nei sistemi di prototipazione rapida e nello sviluppo di modelli computazionali bidimensionali e tridimensionali per la progettazione e la realizzazione di dispositivi biomedicali. Nelle aziende sanitarie pubbliche e private, può svolgere la funzione dell'Ingegnere clinico con ruolo dirigenziale.

Bioingegnere dell'informazione

Funzioni in un contesto di lavoro:

Progettazione di nuovi strumenti e dispositivi biomedici.

Competenze associate alla funzione:

Competenze nei settori della strumentazione biomedica, della simulazione di interventi chirurgici, dell'imaging medico, delle tecnologie bioinformatiche, dell'elettronica biomedica dell'acquisizione, del processamento e dell'analisi anche multimodale dei segnali e immagini biomedicali.

Sbocchi occupazionali:

Il laureato magistrale in Ingegneria Biomedica con curriculum Bioinformatica e Biostrumentazione è in grado di svolgere attività professionale nell'Industria manifatturiera di bioelettronica, per esempio i pace-makers e defibrillatori, biosensori, sviluppo e uso avanzato di sistemi per imaging medico, sviluppo di algoritmi bioinformatici, per la progettazione e realizzazione di apparecchiature biomedicali. Nelle aziende sanitarie pubbliche e private, può svolgere la funzione dell'Ingegnere clinico con ruolo dirigenziale.

Il corso prepara alla professione di (Codifiche ISTAT):

- Ingegneri biomedici e bioingegneri (2.2.1.8.0)

Conoscenze richieste per l'accesso

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica prevede che l'accesso del candidato è subordinato sia al possesso di requisiti curriculari sia alla verifica della personale preparazione, ai sensi dell'art. 6, c. 2, del D. M. 270/2004.

Requisiti curriculari

Requisito curriculare è il possesso di almeno 90 CFU così distribuiti:

- i) Almeno 42 CFU appartenenti ai SSD: MAT/02, MAT/03, MAT/05, MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09, FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/07, CHIM/07, CHIM/03.
- ii) Almeno 12 CFU appartenenti ai SSD: ING-INF/06, ING-IND/34.
- iii) Almeno 12 CFU appartenenti ai SSD: ING-INF/01, ING-INF/05, ING-INF/04, ING-IND/ 13, ING-ING/14, ING-IND/15.
- iv) Oltre ai CFU nei punti (i-iii), almeno 24 CFU appartenenti ai SSD caratterizzanti per le Classi L-8 o L-9.

REQUISITI PER CANDIDATI CON TITOLO ESTERO

In caso di candidati con titolo acquisito all'estero, la Commissione Interna di Valutazione, nominata dal Consiglio di Corso di Studi valuterà i requisiti curriculari sulla base della durata temporale dei singoli insegnamenti e dei programmi dei relativi esami sostenuti.

Adeguatezza preparazione

Nella verifica della preparazione personale di TUTTI I CANDIDATI verrà richiesto un livello di conoscenza della lingua inglese pari o equivalente ad almeno B2.

La preparazione personale viene verificata come indicato nel regolamento didattico.

Modalità di ammissione

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

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

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

REQUISITI CURRICULARI

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

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

ii) Almeno 12 CFU appartenenti ai SSD: ING-INF/06, ING-IND/34.

iii) Almeno 12 CFU appartenenti ai SSD: ING-INF/01, ING-INF/05, ING-INF/04, ING-IND/13, ING-IND/14, ING-IND/15.

iv) Oltre ai CFU nei punti (i-iii), almeno 24 CFU appartenenti ai SSD caratterizzanti per la Classe L-8 o L-9.

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

REQUISITI PER CANDIDATI CON TITOLO ESTERO

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

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

Obiettivi formativi specifici del Corso e descrizione del percorso formativo

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

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

L'obiettivo del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica è di formare figure professionali in

grado di operare in attività di studio e soluzione di problemi complessi e interdisciplinari dell'ingegneria biomedica.

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

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

Il Corso di studio presenta due curricula uno denominato Biostrumentazione e Bioinformatica prettamente legato all'area dell'Ingegneria dell'Informazione e l'altro Tecnologie Biomediche prettamente legato all'area dell'Ingegneria Industriale.

Nel primo anno di studi vi è un base comune agli studenti di entrambi gli indirizzi che prevede l'acquisizione delle nozioni dell'Analisi e dello sviluppo di modelli di segnali biomedici, della Bioingegneria delle radiazioni e delle principali Tecnologie Biomediche. Sempre nel primo anno poi allo studente sono presentati i due curriculum composti ciascuno da due esami. In quello rivolto alla biostrumentazione e bioinformatica lo studente acquisisce le nozioni legate alla Bioinformatica ed all'Elettronica Biomedica, mentre in quello rivolto alle tecnologie biomediche acquisisce i principi e le metodiche applicative legate alla Modellizzazione biofisica dei sistemi complessi ed alla Meccanica applicata al sistema muscolo scheletrico.

Nel secondo anno lo studente del curriculum rivolto alla biostrumentazione e bioinformatica ha modo di acquisire conoscenze nei settori della strumentazione biomedica, della simulazione di interventi chirurgici, dell'imaging medico, delle tecnologie bioinformatiche, dell'elettronica biomedica dell'acquisizione, del processamento e della analisi multimodale dei segnali biomedicali.

Lo studente del curriculum rivolto alle tecnologie biomediche, nel secondo anno, ha modo di acquisire conoscenze per la realizzazione e l'uso di sistemi biorobotici, per la progettazione e realizzazione di organi artificiali, nella Medicina Rigenerativa e dell'Ingegneria Tessutale, nelle tecnologie mininvasive, nei sistemi di prototipazione rapida e nello sviluppo di modelli computazionali bidimensionali e tridimensionali per la progettazione e la realizzazione di dispositivi biomedicali.

Tale struttura permette allo studente di crearsi una background multidisciplinare tale da permettergli di capire, analizzare ed affrontare le problematiche complesse del settore dell'ingegneria biomedica.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione:

La Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica viene essere conferita a studenti che siano capaci di applicare le loro conoscenze e capacità di comprensione in maniera da dimostrare un approccio professionale al loro lavoro, e possiedano competenze adeguate sia per ideare e sostenere

argomentazioni che per risolvere problemi nel proprio campo di studi.

La sua formazione ingegneristica sarà conseguita non solo tramite insegnamenti tipici dell'Ingegneria Biomedica e delle Discipline Biomediche (SSD. ING-INF/06, ING-IND/34 e BIO/10), ma vista la natura complessa e multidisciplinare delle problematiche dell'Ingegneria Biomedica, tramite insegnamenti tipici dell'Ingegneria dell'Informazione (SSD ING-INF/01, ING-INF/02, ING-INF/05) e della Meccanica applicata alle Macchie (SSD ING-IND/13).

Lo studente alla fine del suo percorso grazie alle competenze da lui apprese durante le lezioni sarà in grado di progettare e realizzare sia nuovi sistemi e modelli per l'elaborazioni di segnali biomedicali anche multidimensionali, dispositivi robotici per la chirurgia e la riabilitazione, sviluppare algoritmi bioinformatici, progettare e realizzare dispositivi elettronici per l'acquisizione di parametri fisiologici, progettare e realizzare micro e nano sistemi biomedicali per l'applicazione all'ingegneria dei tessuti ed allo sviluppo di modelli in vitro tessutali in condizioni fisiologiche e/o patologiche. La parte di approfondimento ed elaborazione delle conoscenze acquisite in aula tramite le lezioni teoriche e le esercitazioni svolte in aula o in laboratorio è demandata allo studio, col quale lo studente misura concretamente quale sia il livello di padronanza delle conoscenze. Le attività che permettono l'acquisizione di queste competenze sono principalmente le attività laboratoriali.

L'accertamento è effettuato mediante le prove ed esami di profitto relativi ai diversi insegnamenti e tramite la valutazione degli eventuali elaborati e della tesi finale.

Conoscenza e comprensione e Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Dettaglio

1. AREA DEI SETTORI INGEGNERISTICI E FISICI AFFINI

Conoscenza e capacità di comprensione:

In questa area lo studente assumerà conoscenze e competenze di argomenti di livello universitario elevato tipici dei settori bioingegneristici affini all'Ingegneria Biomedica, quali l'Ingegneria meccanica (ING-IND13), l'Ingegneria Elettronica (ING- INF/01), l'Ingegneria Informatica (ING- INF/05), i Campi Elettromagnetici (ING- INF/02), delle misure e delle strumentazioni nucleari (ING-IND/20), della Fisica (FIS/03) e della Biochimica (BIO/10). Infatti le tematiche biomedicali per poter essere meglio affrontate e comprese dallo studente necessitano di un approccio multidisciplinare, per tale motivo lo studente acquisirà conoscenza e competenze che comprendono lo studio e l'analisi di metodiche di progettazione elettroniche avanzate per lo sviluppo di dispositivi biomedicali innovativi, la conoscenza e l'analisi di sistemi di controllo avanzati di dispositivi fisici/meccanici, la conoscenza e la comprensione di nuove tecniche di programmazione avanzata per l'analisi dei sistemi bioinformatici, la comprensione, le strumentazioni e la misura delle radiazioni ionizzanti e non e delle loro interazioni con l'ambiente biologico, i principi delle metodologie biochimiche e biomolecolari e la modellizzazione fisica di sistemi complessi e caotici quali quelli biomedicali. La capacità di comprensione di argomenti di livello universitario elevato viene anche raggiunta attraverso l'elaborazione di progetti e l'utilizzo esteso di laboratori e tecniche di simulazione. Inoltre, attraverso l'opportunità di svolgere la tesi di laurea magistrale all'interno di imprese, enti di ricerca o nell'ambito di progetti di ricerca nazionali ed internazionali, il laureando consegue conoscenze inerenti agli aspetti applicativi dei suoi studi, già introdotti mediante le sessioni di esercitazione e laboratorio. Capacità di applicare conoscenza e comprensione.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione:

Le capacità applicative sono assunte dal laureato attraverso un marcato coinvolgimento diretto nelle attività di esercitazione e laboratorio, nonché lo sviluppo di progetti con crescente grado di autonomia. Il lavoro di tesi per la Laurea Magistrale, in cui il grado di autonomia e la capacità di proporre soluzioni originali e innovative costituiscono i principali criteri di giudizio, rappresenta il momento di sintesi e verifica di questo processo di apprendimento. Infine, ulteriori capacità di comprensione applicata vengono acquisite attraverso le opportunità scaturite da visite presso le imprese, lo sviluppo di progetti

di ricerca nazionali ed internazionali in collaborazione con i dottorandi di ricerca, lo svolgimento di tirocini ed esperienze internazionali collegate ai progetti di scambio e mobilità studentesca.

Le conoscenze e capacità sono conseguite e verificate nelle seguenti attività formative:

688II BIOINFORMATICA 6

1231I ELETTRONICA BIOMEDICA 6

745II LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTROMEDICALI 6

256II MECCANICA APPLICATA AL SISTEMA MUSCOLO SCHELETRICO 6

273BB MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI 6

1230I RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE ED INTERAZIONI BIOLOGICHE (modulo di EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI) 6

2. AREA DELL'INGEGNERIA BIOMEDICA E DELLE DISCIPLINE BIOMEDICHE

Conoscenza e capacità di comprensione:

In questa area lo studente assumerà conoscenze e competenze tipiche dell'Ingegneria Biomedica. Il Corso di studio presenta due curricula uno denominato Biostrumentazione e Bioinformatica prettamente legato all'area dell'Ingegneria dell'Informazione e l'altro Tecnologie Biomediche prettamente legato all'area dell'Ingegneria Industriale. Nel curriculum Tecnologie Biomediche lo studente acquisirà conoscenze nella realizzazione e l'uso di sistemi biorobotici, nella progettazione e realizzazione di organi artificiali, nella Medicina Rigenerativa e dell'Ingegneria Tessutale, nelle tecnologie mininvasive, nei sistemi di prototipazione rapida e nello sviluppo di modelli computazionali bidimensionali e tridimensionali per la progettazione e la realizzazione di dispositivi biomedicali. Nel curriculum Biostrumentazione e Bioinformatica lo studente avrà modo di acquisire conoscenze nei settori della strumentazione biomedica, della simulazione di interventi chirurgici, dell'imaging medico, delle tecnologie bioinformatiche, dell'elettronica biomedica dell'acquisizione, del processamento e della analisi anche multimodale dei segnali biomedicali. La capacità di comprensione di argomenti di livello universitario elevato viene anche raggiunta attraverso l'elaborazione di progetti e l'utilizzo esteso di laboratori e tecniche di simulazione. Inoltre, attraverso l'opportunità di svolgere la tesi di laurea magistrale all'interno di imprese, enti di ricerca o nell'ambito di progetti di ricerca nazionali ed internazionali, il laureando consegue conoscenze inerenti agli aspetti applicativi dei suoi studi, già introdotti mediante le sessioni di esercitazione e laboratorio.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione:

Le capacità applicative sono assunte dal laureato attraverso un marcato coinvolgimento diretto nelle attività di esercitazione e laboratorio, nonché lo sviluppo di progetti con crescente grado di autonomia. Il lavoro di tesi per la Laurea Magistrale, in cui il grado di autonomia e la capacità di proporre soluzioni originali e innovative costituiscono i principali criteri di giudizio, rappresenta il momento di sintesi e verifica di questo processo di apprendimento. Infine, ulteriori capacità di comprensione applicata vengono acquisite attraverso le opportunità scaturite da visite presso le imprese, lo sviluppo di progetti di ricerca nazionali ed internazionali in collaborazione con i dottorandi di ricerca, lo svolgimento di tirocini ed esperienze internazionali collegate ai progetti di scambio e mobilità studentesca.

Le conoscenze e capacità sono conseguite e verificate nelle seguenti attività formative:

247II ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI 12

248II BIOIMMAGINI 12

721II CHIRURGIA ASSISTITA DAL CALCOLATORE E INFORMATICA MEDICA 12

257II METODI PER L'ANALISI DI SEGNALI MULTIDIMENSIONALI 6

1232I TECNOLOGIE DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER APPLICAZIONI BIOMEDICHE 12

255II INGEGNERIA BIOMOLECOLARE E CELLULARE 6

1180I PROGETTAZIONE E SIMULAZIONE DI MODELLI HUMAN RELEVANT 12

719II PROGETTAZIONE DI MICRO E NANO SISTEMI BIOMEDICALI 12

718II ROBOTICA PER CHIRURGIA E PER RIABILITAZIONE 12
742II TECNOLOGIE BIOMEDICHE 12
831II STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA 6
003NI INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE 6
1234I MATERIALI E SISTEMI INTELLIGENTI 6
1230I PRINCIPI DI METODOLOGIE BIOCHIMICHE E BIOMOLECOLARI (modulo di EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI) 6

Autonomia di giudizio, Abilità comunicative, Capacità di Apprendimento

Autonomia di giudizio (making judgements):

La Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica può essere conferita a studenti che abbiano acquisito la capacità di integrare le conoscenze e gestire la complessità, nonché di formulare giudizi sulla base di informazioni limitate o incomplete, includendo la riflessione sulle responsabilità sociali ed etiche collegate all'applicazione delle loro conoscenze e giudizi. Tali obiettivi sono ottenuti attraverso l'elaborazione, con crescente grado di autonomia, di progetti, esercizi, ed applicazioni. Le capacità di giudizio vengono inoltre ampliate attraverso incontri e colloqui con esponenti del mondo del lavoro promossi con l'organizzazione di seminari, conferenze, visite aziendali. L'accertamento dell'autonomia di giudizio è effettuato mediante le prove ed esami di profitto relativi ai diversi insegnamenti e tramite la valutazione degli eventuali elaborati e alla tesi finale. La tesi di laurea magistrale, infatti, rappresenta il momento più alto in cui lo studente, confrontandosi con un contesto caratteristico dell'Ingegneria Biomedica, elabora idee originali e innovative, assumendosi il compito, durante la discussione, di illustrarle e sostenerne la validità.

Capacità di apprendimento (learning skills):

La Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica può essere conferita a studenti che abbiano sviluppato capacità di apprendimento tali da consentire loro di impostare in modo autonomo lo studio di discipline ingegneristiche e di base anche non contemplate nel proprio curriculum. Gli studi di ingegneria da sempre hanno avuto l'obiettivo di fornire metodi e capacità per affrontare problemi di natura tecnico-ingegneristica non necessariamente uguali o simili a quelli affrontati durante gli studi. Pertanto la capacità di affrontare ulteriori studi dopo la laurea magistrale sia autonomi che mediante percorsi formativi post-laurea magistrale è nella tradizione del laureato magistrale in ingegneria. Nel Corso, tale capacità viene stimolata mediante attività di sintesi e attività progettuali, presenti in molti insegnamenti, in cui occorre raccogliere in modo autonomo informazioni, elaborarle e acquisire in modo autonomo ulteriori conoscenze, al fine di sviluppare elaborati di progetto o di laboratorio. La verifica della capacità di apprendimento è effettuata Inoltre mediante le prove ed esami di profitto relativi ai diversi insegnamenti e tramite la valutazione degli eventuali elaborati e alla tesi finale. Inoltre, nel lavoro per la preparazione della tesi, viene sviluppata la capacità del singolo di costruire le nuove competenze necessarie, non incluse nei programmi di studio, attraverso ricerche, studi e applicazioni autonomamente condotti.

Caratteristiche della prova finale

La prova finale (Tesi) consiste nella preparazione di una relazione scritta elaborata in modo originale sotto la guida di un relatore su una tematica caratterizzante il Corso di Studio e nella illustrazione dei risultati conseguiti durante lo svolgimento dell'attività di tesi davanti alla Commissione di Laurea.

La prova mira a valutare la capacità del candidato di svolgere in completa autonomia: l'approfondimento di un'attività di progettazione o di ricerca, documentata in una dissertazione scritta; l'illustrazione in forma di presentazione scritta ed orale del lavoro svolto.

Modalità di svolgimento della prova finale

La Commissione di Laurea, composta da 5 docenti afferenti al Consiglio di Corso di Laurea Magistrale, accerta il livello di autonomia e di padronanza di specifiche metodologie raggiunto dal candidato, tramite l'esposizione in forma orale del lavoro di tesi del candidato e formulando domande al candidato sul lavoro da lui svolto, e provvede a determinare il voto di laurea. A questo scopo, anche per dare continuità alla valutazione, la Commissione adotta regole di calcolo che mettono in relazione la media degli esami con il voto di laurea, espresso in 110-esimi. Il voto di laurea è da considerarsi formalmente una prerogativa della Commissione di Laurea la quale, per dare continuità nel tempo alle valutazioni, adotta regole di calcolo che mettono in relazione media degli esami e voto di laurea. Per la determinazione del voto di laurea, espresso in 110esimi, sono accolti da tutti i Corsi di Studio del Dipartimento di afferenza del Corso di Studio i seguenti criteri comuni: la media è calcolata pesando le votazioni riportate nei singoli corsi sulla base dei relativi crediti formativi universitari (media pesata sui CFU). La media viene tradotta in 110 decimi e poi la Commissione aggiunge dei punti, che variano tra 0 e 4, a questo punteggio base, in base a come il candidato ha sviluppato il suo lavoro di tesi, come ha risposto alle domande fatte dalla Commissione durante l'esposizione del lavoro di tesi, ed in base al giudizio del docente che lo ha seguito durante la tesi e del contro relatore che ha revisionato il lavoro di tesi. Le votazioni con lode ottenute nei corsi sono contate come 33/30; l'attribuzione della votazione 110/110 richiede una media non inferiore a 27/30; l'attribuzione della votazione 110/110 e lode richiede una media non inferiore a 28/30.

La Commissione di Laurea è nominata dal Direttore del Dipartimento (art.24 dello Statuto), su proposta del Corso di Studio. Sono previste almeno 6 sessioni di laurea in un anno accademico (art.25 del Regolamento Didattico di Ateneo).

Esperienza dello Studente

Aule

<https://su.unipi.it/OccupazioneAule>

Laboratori e Aule informatiche

Vedi allegato

Sale Studio

<https://www.unipi.it/campus-e-servizi/servizi/biblioteche-e-sale-studio/>

Biblioteche

<http://www.sba.unipi.it/it/biblioteche/polo-5/ingegneria>

Orientamento in ingresso

<https://www.unipi.it/didattica/iscrizioni/orientamento/>

Orientamento e tutorato in itinere

<https://www.unipi.it/campus-e-servizi/servizi/servizio-di-tutorato-alla-pari-gli-studenti-esperti-tutor/>

Assistenza per lo svolgimento di periodi di formazione all'estero (Tirocini e stage)

<https://www.unipi.it/campus-e-servizi/verso-il-lavoro/>

Assistenza e accordi per la mobilità internazionale degli studenti

<https://www.unipi.it/didattica/studi-e-tirocini-alleestero/studiare-alleestero/>

Accompagnamento al lavoro

<https://www.unipi.it/campus-e-servizi/verso-il-lavoro/career-service/>

Eventuali altre iniziative

Il consiglio aggregato in Ingegneria Biomedica e Bionics Engineering ha deciso di istituire una giornata di incontro tra studenti ed esponenti del mondo del lavoro, per presentare da un lato l'offerta formativa del corso di laurea triennale in ingegneria biomedica e dall'altro avere input dalle aziende e dagli enti invitati su eventuali migliorie da apportare.

Quest'anno l'evento si terrà il 16 Maggio 2025 presso l'aula magna del polo Fibonacci e parteciperanno alcune ditte del settore quali General Electric Healthcare, Esaote, Dieng Corp, Fondazione Monasterio, Elcam Medical, Rimos e Enki. L'evento, organizzato con cadenza annuale, favorisce l'incontro tra aziende e studenti, offrendo soprattutto un'opportunità per raccogliere feedback sulle competenze

richieste dal mondo del lavoro e valutare quanto la didattica del Corso di Laurea le soddisfi o necessiti di aggiornamenti.

Il CdL promuove inoltre la partecipazione dei propri studenti al Career Day del distretto biomedicale di Mirandola, offrendo un certo numero posti riservati per gli iscritti al Corso di Laurea Triennale/Magistrale. Le spese di viaggio sono totalmente a carico del CdL. Gli studenti del CdL possono accedere, tramite concorso, a uno dei posti disponibili per partecipare all'evento di networking con le aziende del principale polo biomedicale europeo.

Opinioni studenti

Vedi allegato

Opinioni laureati

Vedi allegato

Risultati della Formazione

Dati di ingresso, di percorso e di uscita

Vedi allegato

Organizzazione e Gestione della Qualità

Struttura organizzativa e responsabilità a livello di Ateneo

<https://www.unipi.it/ateneo/qualita-e-valutazione/>

Organizzazione e responsabilità della AQ a livello del Corso di Studio

<https://www.unipi.it/ateneo/qualita-e-valutazione/>

Programmazione dei lavori e scadenze di attuazione delle iniziative

<https://www.unipi.it/ateneo/qualita-e-valutazione/>

Riesame annuale

<https://www.unipi.it/ateneo/qualita-e-valutazione/>

Classe/Percorso

Classe

Ingegneria biomedica (LM-21 R)

Percorso di Studio

BIOSTRUMENTAZIONE E
BIOINFORMATICA

Quadro delle attività formative

Caratterizzante				
Ambito disciplinare	CFU	Intervallo di CFU da RAD	SSD	Attività Formative
Bioingegneria	66	66 - 72	IBIO-01/A	1 - METODI PER L'ANALISI DI SEGNALI MULTIDIMENSIONALI, 6 CFU, OBB
				1 - INFORMATICA MEDICA, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata CHIRURGIA ASSISTITA DAL CALCOLATORE E INFORMATICA MEDICA (721II))
				1 - ELABORAZIONE DELLE BIOIMMAGINI, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata BIOIMMAGINI (248II))
				1232I - ELEMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata TECNOLOGIE DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (1232I))
				1232I-A - APPLICAZIONI AVANZATE DI AI PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata TECNOLOGIE DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (1232I))

			2 - IMMAGINI BIOMEDICHE, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata BIOIMMAGINI (248II))
			721II-A - CHIRURGIA COMPUTER ASSISTITA E REALTA' AUMENTATA, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata CHIRURGIA ASSISTITA DAL CALCOLATORE E INFORMATICA MEDICA (721II))
			247II-1 - ANALISI STATISTICA DI SEGNALI BIOMEDICI, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II))
			247II-2 - MODELLI E METODI STATISTICI IN BIOINGEGNERIA, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II))
			742II-A - LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE I, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II))
			742II-B - LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE II, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II))
Discipline biomediche	6	6 - 6	BIOS-07/A 1230I-A - PRINCIPI DI METODOLOGIE BIOCHIMICHE E BIOMOLECOLARI, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTRROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI (1230I))
Totale Caratterizzante	72	72 - 78	

Affine/Integrativa				
Ambito disciplinare	CFU	Intervallo di CFU da RAD	SSD	Attività Formative
Attività formative affini o integrative	18	12 - 18	IINF-01/A	1231I - ELETTRONICA BIOMEDICA, 6 CFU, OBB
		12 - 18	IINF-02/A	1230I - RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE ED INTERAZIONI BIOLOGICHE, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI (1230I))
		12 - 18	IINF-05/A	1 - BIOINFORMATICA, 6 CFU, OBB
Totale Affine/Integrativa	18	12 - 18		

A scelta dello studente				
Ambito disciplinare	CFU	Intervallo di CFU da RAD	SSD	Attività Formative
A scelta dello studente	12	9 - 12	GIUR-11/A	2 - DIRITTO PRIVATO COMPARATO, 3 CFU, OPZ (Modulo dell'Attività formativa integrata INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI))
		9 - 12	IBIO-01/A	1 - INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE, 3 CFU, OPZ (Modulo dell'Attività formativa integrata INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI))
				1179I - Ingegneria tissutale neurale, 6 CFU, OPZ
				1 - STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA I, 3 CFU, OPZ (Modulo dell'Attività formativa integrata STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II))
				1178I - Affective Computing, 6 CFU, OPZ
		9 - 12	IIND-01/F	2 - STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA

				II, 3 CFU, OPZ (Modulo dell'Attività formativa integrata STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II))
		9 - 12	IIND-07/E	1233I - RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE, 6 CFU, OPZ
		9 - 12	IINF-01/A	1 - LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTRONOMICI, 6 CFU, OPZ
		9 - 12	PHYS-04/A	1 - MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI, 6 CFU, OPZ
Totale A scelta dello studente	12	9 - 12		

Lingua/Prova Finale				
Ambito disciplinare	CFU	Intervallo di CFU da RAD	SSD	Attività Formative
Per la prova finale	15	15 - 15	PROFIN_S	1 - PROVA FINALE, 15 CFU, OBB
Totale Lingua/Prova Finale	15	15 - 15		

Altro				
Ambito disciplinare	CFU	Intervallo di CFU da RAD	SSD	Attività Formative
Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	3	1 - 3	NN	1 - ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO, 3 CFU, OBB
Totale Altro	3	1 - 3		

Totale	120	109 - 126		
--------	-----	-----------	--	--

Classe/Percorso

Classe	Ingegneria biomedica (LM-21 R)
Percorso di Studio	TECNOLOGIE BIOMEDICHE

Quadro delle attività formative

Caratterizzante				
Ambito disciplinare	CFU	Intervallo di CFU da RAD	SSD	Attività Formative
Bioingegneria	66	66 - 72	IBIO-01/A	1 - SVILUPPO DI MODELLI COMPUTAZIONALI 3D, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata PROGETTAZIONE DI MICRO E NANO SISTEMI BIOMEDICALI (719II))
				1 - BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata ROBOTICA PER CHIRURGIA E PER RIABILITAZIONE (718II))
				1 - INGEGNERIA BIOMOLECOLARE E CELLULARE, 6 CFU, OBB
				1180I-1 - PROGETTAZIONE E SIMULAZIONE DI TESSUTI INGEGNERIZZATI, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata PROGETTAZIONE E SIMULAZIONE DI MODELLI HUMAN RELEVANT (1180I))
				1180I-2 - ANALISI E MODELLI AVANZATI PER APPLICAZIONI IN VITRO, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata PROGETTAZIONE E SIMULAZIONE DI MODELLI HUMAN RELEVANT (1180I))
				2 - MICRO E NANO SISTEMI, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata PROGETTAZIONE DI MICRO E NANO SISTEMI BIOMEDICALI

				(719II))
				2 - ROBOTICA MEDICA, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata ROBOTICA PER CHIRURGIA E PER RIABILITAZIONE (718II))
				247II-1 - ANALISI STATISTICA DI SEGNALI BIOMEDICI, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II))
				247II-2 - MODELLI E METODI STATISTICI IN BIOINGEGNERIA, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II))
				742II-A - LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE I, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II))
				742II-B - LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE II, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II))
Discipline biomediche	6	6 - 6	BIOS-07/A	1230I-A - PRINCIPI DI METODOLOGIE BIOCHIMICHE E BIOMOLECOLARI, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTRROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI (1230I))
Totale Caratterizzante	72	72 - 78		

Affine/Integrativa				
Ambito disciplinare	CFU	Intervallo di CFU da RAD	SSD	Attività Formative
Attività formative affini o integrative	18	12 - 18	IBIO-01/A	1234I - MATERIALI E SISTEMI INTELLIGENTI, 6 CFU, OBB
		12 - 18	IIND-02/A	1 - MECCANICA APPLICATA AL SISTEMA MUSCOLO

				SCHELETRICO, 6 CFU, OBB
		12 - 18	IINF-02/A	1230I - RADIAZIONI ELETTRROMAGNETICHE ED INTERAZIONI BIOLOGICHE, 6 CFU, OBB (Modulo dell'Attività formativa integrata EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTRROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI (1230I))
Totale Affine/Integrativa	18	12 - 18		

A scelta dello studente				
Ambito disciplinare	CFU	Intervallo di CFU da RAD	SSD	Attività Formative
A scelta dello studente	12	9 - 12	GIUR-11/A	2 - DIRITTO PRIVATO COMPARATO, 3 CFU, OPZ (Modulo dell'Attività formativa integrata INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI))
		9 - 12	IBIO-01/A	1 - INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE, 3 CFU, OPZ (Modulo dell'Attività formativa integrata INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI))
				1179I - Ingegneria tissutale neurale, 6 CFU, OPZ
				1 - STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA I, 3 CFU, OPZ (Modulo dell'Attività formativa integrata STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II))
				1178I - Affective Computing, 6 CFU, OPZ
		9 - 12	IIND-01/F	2 - STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA II, 3 CFU, OPZ (Modulo dell'Attività formativa integrata STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II))

		9 - 12	IIND-07/E	1233I - RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE, 6 CFU, OPZ
		9 - 12	IINF-01/A	1 - LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTRONOMICI, 6 CFU, OPZ
		9 - 12	PHYS-04/A	1 - MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI, 6 CFU, OPZ
Totale A scelta dello studente	12	9 - 12		

Lingua/Prova Finale				
Ambito disciplinare	CFU	Intervallo di CFU da RAD	SSD	Attività Formative
Per la prova finale	15	15 - 15	PROFIN_S	1 - PROVA FINALE, 15 CFU, OBB
Totale Lingua/Prova Finale	15	15 - 15		

Altro				
Ambito disciplinare	CFU	Intervallo di CFU da RAD	SSD	Attività Formative
Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	3	1 - 3	NN	1 - ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO, 3 CFU, OBB
Totale Altro	3	1 - 3		

Totale	120	109 - 126		
--------	-----	-----------	--	--

Percorso di Studio: comune (PDS0)

CFU totali: 96, di cui 54 derivanti da AF obbligatorie e 42 da AF a scelta

1° Anno (anno accademico 2026/2027)

Attività Formativa	CFU	Classe	TAF	Ambito	SSD	Obblig.
ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II) Obiettivi Fornire agli studenti i supporti metodologici per l'analisi di segnali aleatori, per l'analisi statistica multivariata e per l'impiego dei modelli nell'analisi di serie temporali di dati biomedici. Moduli MODELLI E METODI STATISTICI IN BIOINGEGNERIA (247II-2) ANALISI STATISTICA DI SEGNALI BIOMEDICI (247II-1)	12	LM-21 R	B	Bioingegneri a		Si
	6				IBIO-01/A	
	6				IBIO-01/A	
Affective Computing (1178I) Obiettivi "Affective computing" aims at showing how computational technology can be used to understand and interpret human emotions. Specifically, modelling of human emotional expression will be addressed, including software and hardware solutions to acquire, communicate, and express affective information. Understanding how emotions can be experienced can also be of help to quantify correlated patterns of central and autonomic nervous activity, in order to investigate mood and consciousness disorders. After an introductory part on physiology and theoretical models of emotions, the state of the art of acquisition systems and signal processing techniques for multivariate data in the field of affective computing will be analysed in detail. The topics covered in the course enable the student to address some of the issues relating to Industry 5.0	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	IBIO-01/A	No
EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI (1230I) Obiettivi Il modulo "Radiazioni elettromagnetiche ed interazioni biologiche " ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali sulla generazione, caratterizzazione e propagazione dei campi elettromagnetici, sulla loro interazione con i tessuti biologici, e sulle tecniche di misura. Verranno inoltre illustrati gli aspetti dosimetrici (dosimetria analitica, numerica e sperimentale), i sistemi di esposizione alle radiazioni elettromagnetiche, i metodi di schermatura, le linee guida internazionali (ICNIRP) e la normativa italiana sui limiti di esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti. Il modulo "Principi di	12	LM-21 R	B, C	Discipline biomediche, Attività formative affini o integrative		Si

metodologie Biochimiche e Biomolecolari” si prefigge di fornire agli studenti un quadro teorico/pratico delle principali metodologie biochimiche e biomolecolari utilizzate per lo studio di macromolecole biologiche, quali proteine e acidi nucleici, e la loro applicazione nel campo della ricerca biochimica, biologico-molecolare e biomedica. Saranno inoltre trattate le più comuni e avanzate tecniche utilizzate nella medicina di laboratorio a scopi diagnostici.						
Moduli PRINCIPI DI METODOLOGIE BIOCHIMICHE E BIOMOLECOLARI (1230I-A)	6				BIOS-07/A	
RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE ED INTERAZIONI BIOLOGICHE (1230I)	6				IINF-02/A	
INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI) Obiettivi Il corso intende abilitare gli studenti all’analisi dei processi di sviluppo, validazione, commercializzazione e accesso di applicazioni biomedicali all’interno del quadro normativo europeo ed extraeuropeo. In particolare, le competenze acquisite consentiranno agli studenti di impostare un processo di progettazione di tecnologie biomediche conforme agli standard ed alle regolamentazioni internazionali, attraverso un processo di ricerca ed innovazione responsabile, adottando misure di gestione del rischio e strategie di valorizzazione della proprietà intellettuale. Argomenti del corso saranno: responsabilità, valutazione e gestione del rischio nell’ambito delle tecnologie sanitarie (D 85/376/CEE, R (UE) 2017/745, R (UE) 2017/746 e R (CE) 1394/2007 (regolamento sui prodotti medici per terapie avanzate); proprietà, tutela della privacy e sicurezza dei dati, nell’ambito dei tessuti bio-artificiali e nuove applicazioni dell’intelligenza artificiale; gestione della proprietà intellettuale e strumenti di trasferimento tecnologico (licenze di brevetto contro cessione di brevetto, reti contrattuali e joint venture, acquisizioni di imprese guidate dalla proprietà intellettuale, accordi di R&S, copyright, copyleft e open-source); Diritto, Etica e Politica dell’innovazione biotecnologica in biomedicina. Inoltre, data la natura del corso e le sessioni di lavoro in team previste, il corso mira a promuovere l’attitudine al lavoro di gruppo ed alla comunicazione.	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente		No
Moduli INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (1)	3				IBIO-01/A	
DIRITTO PRIVATO COMPARATO (2)	3				GIUR-11/A	
Ingegneria tissutale neurale (1179I) Obiettivi "Neural Tissue Engineering" module aims to enable students to acquire the knowledge and methodological tools characteristic of tissue engineering relating to the neural sector and in particular relating to the development of in vitro and in silico systems for nerve regeneration. During the course, the student will develop main knowledge	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	IBIO-01/A	No

regarding the development of in vitro and in vivo neuronal systems, will be able to orient himself in the scientific literature concerning the aforementioned topics and to formulate innovative hypotheses in this area and to predict what the set of experiments is most appropriate to validate it. He will also be able to present this knowledge in the form of an organized presentation. Specific objectives: i) Know the design constraints for in vitro neuronal systems, in terms of nutrient exchange; ii) Know the techniques used to monitor the state of neuronal cultures, in particular from the point of view of microstructure and electrophysiological activity, iii) know the main biomaterials used in neural tissue engineering, and their chemical characteristics, physical and mechanical, iv) know the main methods for the fabrication of neural constructs using biofabrication techniques. The topics covered in the course enable the student to address some of the issues relating to Industry 5.0						
LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTRONICI (745II) Obiettivi Utilizzo dei principali strumenti di misura presenti all'interno di un laboratorio di misure elettroniche. - Progettazione e realizzazione di blocchi circuitali per l'implementazione di dispositivi biomedicali.	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	IINF-01/A	No
MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (273BB) Obiettivi L'attività dell'ingegnere biomedico, sia in ambito di ricerca che professionale, opera nel contesto dei sistemi biologici che, come ben noto, sono classici esempi di sistemi complessi. Pertanto, nel percorso di formazione universitaria dell'ingegnere biomedico è più che mai opportuno che vengano acquisite competenze specifiche per lo studio di sistemi nonlineari. In coerenza con questo paradigma, gli obiettivi principali del corso mirano a far acquisire allo studente quelle competenze riguardanti l'utilizzo di metodi non lineari, sia di base che avanzati, per lo studio di sistemi complessi, come quelli di interesse biomedico, con una particolare attenzione agli aspetti metodologici e applicativi. I contenuti del corso possono essere schematicamente suddivisi nelle seguenti parti: a) metodi per lo studio di sistemi non lineari deterministici (anche spazialmente estesi); b) applicazioni di questi metodi in ambito biologico e biomedico.	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	PHYS-04/A	No
RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE (1233I) Obiettivi Il corso "Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche" ha l'obiettivo di fornire agli studenti nozioni di base su fisica atomica e nucleare, sorgenti di radiazioni, interazioni tra radiazioni e materia e applicazioni in campo biomedico.	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	IIND-07/E	No
STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II) Obiettivi	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente		No

Al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze in merito agli strumenti per l'analisi di procedure in ambito biomedico con strumenti di simulazione numerica. Sarà in grado di comprendere l'ambito in cui collocare il problema e analizzarlo sia con elementi di teoria classica sia con strumenti numerici con software dedicati. Sarà inoltre in grado di scegliere il metodo più adatto per la soluzione dello specifico problema sia in ambito di progettazione di hardware per diagnostica medica che di valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici di svariata natura. I metodi di simulazione numerica verranno anche presentate sullo studio di problemi di biomeccanica e di fluidodinamica computazionale.						
Moduli						
STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA II (2)	3				IIND-01/F	
STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA I (1)	3				IBIO-01/A	
TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II) Obiettivi Il modulo "Laboratorio di Tecnologie Biomediche I" ha lo scopo di abilitare lo studente nella realizzazione di prototipi elettromeccanici per applicazioni biomediche. Saranno trattati i seguenti argomenti: 1) Valutazione della classe di rischio dei dispositivi medici e degli standard di progettazione con particolare focus alla regolamentazione europea; 2) fondamenti di tecnologia meccanica applicata al settore biomedico; 3) fondamenti di modellazione CAD tramite utilizzo di software (Solidworks o Fusion 360); 4) prototipazione rapida di tipo elettronico utilizzando schede elettroniche open-source (e.g. Arduino) interfacciabili con sensori e attuatori; 5) prototipazione elettromeccanica (scelta attuatori, driver e loro dimensionamento). Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0 e 5.0. Il modulo "Laboratorio di Tecnologie Biomediche II" ha l'obiettivo di fornire agli studenti le competenze teoriche e pratiche necessarie per progettare e sviluppare sistemi dedicati alla misura e all'analisi di segnali biomedici, adottando un approccio multidisciplinare che integra elettronica, programmazione e analisi del segnale. Durante il corso, gli studenti si concentreranno principalmente su due aspetti. Il primo è la progettazione e lo sviluppo di strumentazione biomedica, attraverso l'apprendimento dell'uso e della programmazione di microcontrollori o Digital Signal Processors (DSP) per realizzare strumenti di misura capaci di acquisire biopotenziali. Esempi di applicazione pratica potranno essere la realizzazione di elettrocardiografi per l'acquisizione di segnali ECG e sistemi per la rilevazione e l'analisi del movimento umano. Il secondo aspetto riguarda lo sviluppo di software per l'analisi dei segnali acquisiti e per la progettazione di interfacce utente, sia in ambiente mobile che desktop. Gli studenti apprenderanno come progettare interfacce ottimizzate (Human-Machine Interface,	12	LM-21 R	B	Bioingegneri a		Si

HMI) per migliorare l'interazione con i sistemi realizzati, rendendo gli output chiari e facilmente interpretabili dall'utente finale. Inoltre, verranno approfondite tecniche di analisi l'identificazione di pattern clinici, del segnale per applicazioni biomediche, come la rilevazione di aritmie e l'analisi del cammino (gait analysis). Gli studenti impareranno ad affrontare le sfide della programmazione per dispositivi embedded, dell'interfacciamento con sensori (es. elettrodi ECG, accelerometri) e di implementazione embedded di tecniche per l'elaborazione dei segnali biomedici (filtraggio e analisi del segnale per algoritmi per la rilevazione del movimento) e di interfacce utente.						
Moduli						
LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE I (742II-A)	6				IBIO-01/A	
LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE II (742II-B)	6				IBIO-01/A	

2° Anno (anno accademico 2027/2028)

Attività Formativa	CFU	Classe	TAF	Ambito	SSD	Obblig.
ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO (262ZW) Obiettivi Tale attività sarà articolata in cicli di seminari tenuti da personale del mondo accademico e delle aziende sanitarie con l'obiettivo di favorire lo studente all'apprendimento delle metodologie e delle opportunità lavorative con particolare riferimento al comparto della sanità.	3	LM-21 R	F	Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	NN	Si
PROVA FINALE (264ZW) Obiettivi La prova finale consiste nella stesura di un elaborato relativo ad un'attività di progettazione o di ricerca, e nella sua presentazione e discussione. La valutazione dell'elaborato, oltre che sulla qualità del lavoro svolto, sarà basata sulla padronanza dei temi trattati, sulla capacità di operare in modo autonomo, sulle attitudini di sintesi e sulle capacità di comunicazione.	15	LM-21 R	E	Per la prova finale	PROFIN_S	Si

Percorso di Studio: TECNOLOGIE BIOMEDICHE (1)

CFU totali: 150, di cui 108 derivanti da AF obbligatorie e 42 da AF a scelta

Sede Didattica

Università di Pisa

1° Anno (anno accademico 2026/2027)

Attività Formativa	CFU	Classe	TAF	Ambito	SSD	Obblig.
ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II) Obiettivi Fornire agli studenti i supporti metodologici per l'analisi di segnali aleatori, per l'analisi statistica	12	LM-21 R	B	Bioingegneri a		Si

multivariata e per l'impiego dei modelli nell'analisi di serie temporali di dati biomedici.						
Moduli						
MODELLI E METODI STATISTICI IN BIOINGEGNERIA (247II-2)	6				IBIO-01/A	
ANALISI STATISTICA DI SEGNALI BIOMEDICI (247II-1)	6				IBIO-01/A	
Affective Computing (1178I)	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	IBIO-01/A	No
Obiettivi "Affective computing" aims at showing how computational technology can be used to understand and interpret human emotions. Specifically, modelling of human emotional expression will be addressed, including software and hardware solutions to acquire, communicate, and express affective information. Understanding how emotions can be experienced can also be of help to quantify correlated patterns of central and autonomic nervous activity, in order to investigate mood and consciousness disorders. After an introductory part on physiology and theoretical models of emotions, the state of the art of acquisition systems and signal processing techniques for multivariate data in the field of affective computing will be analysed in detail. The topics covered in the course enable the student to address some of the issues relating to Industry 5.0						
EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTRROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI (1230I)	12	LM-21 R	B, C	Discipline biomediche, Attività formative affini o integrative		Si
Obiettivi Il modulo "Radiazioni elettromagnetiche ed interazioni biologiche " ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali sulla generazione, caratterizzazione e propagazione dei campi elettromagnetici, sulla loro interazione con i tessuti biologici, e sulle tecniche di misura. Verranno inoltre illustrati gli aspetti dosimetrici (dosimetria analitica, numerica e sperimentale), i sistemi di esposizione alle radiazioni elettromagnetiche, i metodi di schermatura, le linee guida internazionali (ICNIRP) e la normativa italiana sui limiti di esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti. Il modulo "Principi di metodologie Biochimiche e Biomolecolari" si prefigge di fornire agli studenti un quadro teorico/pratico delle principali metodologie biochimiche e biomolecolari utilizzate per lo studio di macromolecole biologiche, quali proteine e acidi nucleici, e la loro applicazione nel campo della ricerca biochimica, biologico-molecolare e biomedica. Saranno inoltre trattate le più comuni e avanzate tecniche utilizzate nella medicina di laboratorio a scopi diagnostici.						
Moduli						
PRINCIPI DI METODOLOGIE BIOCHIMICHE E BIOMOLECOLARI (1230I-A)	6				BIOS-07/A	
RADIAZIONI ELETTRROMAGNETICHE ED INTERAZIONI BIOLOGICHE (1230I)	6				IINF-02/A	
INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE	6	LM-21 R	D	A scelta		No

DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI) Obiettivi Il corso intende abilitare gli studenti all'analisi dei processi di sviluppo, validazione, commercializzazione e accesso di applicazioni biomedicali all'interno del quadro normativo europeo ed extraeuropeo. In particolare, le competenze acquisite consentiranno agli studenti di impostare un processo di progettazione di tecnologie biomediche conforme agli standard ed alle regolamentazioni internazionali, attraverso un processo di ricerca ed innovazione responsabile, adottando misure di gestione del rischio e strategie di valorizzazione della proprietà intellettuale. Argomenti del corso saranno: responsabilità, valutazione e gestione del rischio nell'ambito delle tecnologie sanitarie (D 85/376/CEE, R (UE) 2017/745, R (UE) 2017/746 e R (CE) 1394/2007 (regolamento sui prodotti medici per terapie avanzate); proprietà, tutela della privacy e sicurezza dei dati, nell'ambito dei tessuti bio-artificiali e nuove applicazioni dell'intelligenza artificiale; gestione della proprietà intellettuale e strumenti di trasferimento tecnologico (licenze di brevetto contro cessione di brevetto, reti contrattuali e joint venture, acquisizioni di imprese guidate dalla proprietà intellettuale, accordi di R&S, copyright, copyleft e open-source); Diritto, Etica e Politica dell'innovazione biotecnologica in biomedicina. Inoltre, data la natura del corso e le sessioni di lavoro in team previste, il corso mira a promuovere l'attitudine al lavoro di gruppo ed alla comunicazione.				dello studente		
Moduli INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (1)	3				IBIO-01/A	
DIRITTO PRIVATO COMPARATO (2)	3				GIUR-11/A	
Ingegneria tissutale neurale (1179I) Obiettivi "Neural Tissue Engineering" module aims to enable students to acquire the knowledge and methodological tools characteristic of tissue engineering relating to the neural sector and in particular relating to the development of in vitro and in silico systems for nerve regeneration. During the course, the student will develop main knowledge regarding the development of in vitro and in vivo neuronal systems, will be able to orient himself in the scientific literature concerning the aforementioned topics and to formulate innovative hypotheses in this area and to predict what the set of experiments is most appropriate to validate it. He will also be able to present this knowledge in the form of an organized presentation. Specific objectives: i) Know the design constraints for in vitro neuronal systems, in terms of nutrient exchange; ii) Know the techniques used to monitor the state of neuronal cultures, in particular from the point of view of microstructure and electrophysiological activity, iii) know the main biomaterials used in neural tissue engineering, and their chemical characteristics, physical and mechanical, iv) know the main methods for the	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	IBIO-01/A	No

fabrication of neural constructs using biofabrication techniques. The topics covered in the course enable the student to address some of the issues relating to Industry 5.0						
LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTRONICI (745II) Obiettivi Utilizzo dei principali strumenti di misura presenti all'interno di un laboratorio di misure elettroniche. - Progettazione e realizzazione di blocchi circuitali per l'implementazione di dispositivi biomedicali.	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	IINF-01/A	No
MATERIALI E SISTEMI INTELLIGENTI (1234I) Obiettivi Il corso di Materiali e Sistemi Intelligenti consentirà allo studente di sviluppare capacità critiche per la progettazione di sistemi intelligenti in ambito biomedico. I contenuti del corso saranno incentrati su: 1) Definizione e proprietà di materiali intelligenti ed il loro utilizzo nella progettazione di sensori, attuatori, smorzatori, etc. Definizione e progettazione di sistemi intelligenti; 2) Principi generali, equazioni costitutive ed applicazioni di materiali intelligenti piezoelettrici, magnetostrittivi, magnetoreologici, ferrofluidi, leghe a memoria di forma; 3) Polimeri ed hydrogel in bioingegneria: principi generali, tecniche per modularne le proprietà, equazioni descrittive; 4) Principi generali, equazioni costitutive ed applicazioni di polimeri ed hydrogel intelligenti: termoresponsivi, pHsensibili, conduttori, elettroattivi, ferrogel, fotosensibili, cromici, bioluminescenti, elastomeri a cristalli liquidi; 5) Materiali biomimetici e bioibridi; 6) Ingegneria genetica per progettare materiali intelligenti ed engineered living materials; 7) Nanomateriali e metamateriali in ambito biomedico. Inoltre, lo studente acquisirà competenze nella stesura di report tecnici e nell'utilizzo di software di progettazione elettronica per sviluppare circuiti in grado di interfacciarsi con i componenti progettati.	6	LM-21 R	C	Attività formative affini o integrative	IBIO-01/A	Si
MECCANICA APPLICATA AL SISTEMA MUSCOLO SCHELETRICO (256II) Obiettivi Fornire gli strumenti per l'analisi cinematica, statica e dinamica tridimensionale di sistemi meccanici, basandosi su un approccio robotico, sia di tipo teorico che pratico (programmi al calcolatore) • Indicare le strategie per la definizione degli schemi meccanici per l'analisi del movimento • Fornire gli elementi di base per la descrizione del sistema muscolo-scheletrico, in particolare arti e rachide • Metodi per la stima delle forze muscolari e dei carichi sulle articolazioni	6	LM-21 R	C	Attività formative affini o integrative	IIND-02/A	Si
MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (273BB) Obiettivi L'attività dell'ingegnere biomedico, sia in ambito di ricerca che professionale, opera nel contesto dei sistemi biologici che, come ben noto, sono classici esempi di sistemi complessi. Pertanto, nel percorso di formazione universitaria dell'ingegnere biomedico è	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	PHYS-04/A	No

più che mai opportuno che vengano acquisite competenze specifiche per lo studio di sistemi nonlineari. In coerenza con questo paradigma, gli obiettivi principali del corso mirano a far acquisire allo studente quelle competenze riguardanti l'utilizzo di metodi non lineari, sia di base che avanzati, per lo studio di sistemi complessi, come quelli di interesse biomedico, con una particolare attenzione agli aspetti metodologici e applicativi. I contenuti del corso possono essere schematicamente suddivisi nelle seguenti parti: a) metodi per lo studio di sistemi non lineari deterministici (anche spazialmente estesi); b) applicazioni di questi metodi in ambito biologico e biomedico.						
RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE (1233I) Obiettivi Il corso "Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche" ha l'obiettivo di fornire agli studenti nozioni di base su fisica atomica e nucleare, sorgenti di radiazioni, interazioni tra radiazioni e materia e applicazioni in campo biomedico.	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	IIND-07/E	No
STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II) Obiettivi Al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze in merito agli strumenti per l'analisi di procedure in ambito biomedico con strumenti di simulazione numerica. Sarà in grado di comprendere l'ambito in cui collocare il problema e analizzarlo sia con elementi di teoria classica sia con strumenti numerici con software dedicati. Sarà inoltre in grado di scegliere il metodo più adatto per la soluzione dello specifico problema sia in ambito di progettazione di hardware per diagnostica medica che di valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici di svariata natura. I metodi di simulazione numerica verranno anche presentate sullo studio di problemi di biomeccanica e di fluidodinamica computazionale. Moduli STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA II (2) STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA I (1)	6 3 3	LM-21 R	D	A scelta dello studente	 IIND-01/F IBIO-01/A	No
TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II) Obiettivi Il modulo "Laboratorio di Tecnologie Biomediche I" ha lo scopo di abilitare lo studente nella realizzazione di prototipi elettromeccanici per applicazioni biomediche. Saranno trattati i seguenti argomenti: 1) Valutazione della classe di rischio dei dispositivi medici e degli standard di progettazione con particolare focus alla regolamentazione europea; 2) fondamenti di tecnologia meccanica applicata al settore biomedico; 3) fondamenti di modellazione CAD tramite utilizzo di software (Solidworks o Fusion 360); 4) prototipazione rapida di tipo elettronico utilizzando schede elettroniche open-source (e.g. Arduino) interfacciabili con sensori e attuatori; 5) prototipazione elettromeccanica (scelta	12	LM-21 R	B	Bioingegneri a		Si

attuatori, driver e loro dimensionamento). Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0 e 5.0. Il modulo "Laboratorio di Tecnologie Biomediche II" ha l'obiettivo di fornire agli studenti le competenze teoriche e pratiche necessarie per progettare e sviluppare sistemi dedicati alla misura e all'analisi di segnali biomedici, adottando un approccio multidisciplinare che integra elettronica, programmazione e analisi del segnale. Durante il corso, gli studenti si concentreranno principalmente su due aspetti. Il primo è la progettazione e lo sviluppo di strumentazione biomedica, attraverso l'apprendimento dell'uso e della programmazione di microcontrollori o Digital Signal Processors (DSP) per realizzare strumenti di misura capaci di acquisire biopotenziali. Esempi di applicazione pratica potranno essere la realizzazione di elettrocardiografi per l'acquisizione di segnali ECG e sistemi per la rilevazione e l'analisi del movimento umano. Il secondo aspetto riguarda lo sviluppo di software per l'analisi dei segnali acquisiti e per la progettazione di interfacce utente, sia in ambiente mobile che desktop. Gli studenti apprenderanno come progettare interfacce ottimizzate (Human-Machine Interface, HMI) per migliorare l'interazione con i sistemi realizzati, rendendo gli output chiari e facilmente interpretabili dall'utente finale. Inoltre, verranno approfondite tecniche di analisi l'identificazione di pattern clinici, del segnale per applicazioni biomediche, come la rilevazione di aritmie e l'analisi del cammino (gait analysis). Gli studenti impareranno ad affrontare le sfide della programmazione per dispositivi embedded, dell'interfacciamento con sensori (es. elettrodi ECG, accelerometri) e di implementazione embedded di tecniche per l'elaborazione dei segnali biomedici (filtraggio e analisi del segnale per algoritmi per la rilevazione del movimento) e di interfacce utente.						
Moduli						
LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE I (742II-A)	6				IBIO-01/A	
LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE II (742II-B)	6				IBIO-01/A	

2° Anno (anno accademico 2027/2028)

Attività Formativa	CFU	Classe	TAF	Ambito	SSD	Obblig.
ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO (262ZW) Obiettivi Tale attività sarà articolata in cicli di seminari tenuti da personale del mondo accademico e delle aziende sanitarie con l'obiettivo di favorire lo studente all'apprendimento delle metodologie e delle opportunità lavorative con particolare riferimento al comparto della sanità.	3	LM-21 R	F	Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	NN	Si
INGEGNERIA BIOMOLECOLARE E CELLULARE (255II)	6	LM-21 R	B	Bioingegneria	IBIO-01/A	Si

acquisirà l'abilità di progettare e modellare bioreattori e scaffold per l'ingegneria tissutale, usando sia metodi analitici che analisi FEM e di monitorare e analizzare modelli in vitro strutture cellulari. In entrambi moduli lo studente svilupperà le conoscenze sulla formulazione dalla teoria del continuo fino alla teoria degli elementi finiti (FEM). La formulazione FEM sarà presentata principalmente in ambito di trasporto di massa e fluidodinamico. Nel modulo di "Progettazione e simulazione di tessuti ingegnerizzati", lo studente svilupperà le conoscenze sullo stato dell'arte della medicina rigenerativa, le applicazioni e i nuovi sviluppi nell'ambito delle tecnologie per le ATMP (advanced therapy medicinal products) e i modelli in-vitro e in silico biomimetici anche nel rispetto delle normative europee sulla protezione degli animali ad uso scientifico e utilizzando i principi delle 3R (Reduction, Refinement, Replacement). Obiettivi specifici: i) i) Conoscere i vincoli progettuali per sistemi in vitro in termini di auto-assemblaggio, allometria, sforzo di taglio e ricambio di nutrienti, ii) Sapere approcciare un problema usando metodi analitici in ambito fluidodinamico e di trasporto di massa, in tessuti e costrutti 3D in vitro, iii) sapere analizzare e costruire modelli ad elementi finiti di sistemi e dispositivi per la coltura dinamica di tessuti. Nel modulo di "Analisi e modelli avanzati per applicazioni in vitro", lo studente svilupperà le conoscenze più approfondite della teoria degli elementi finiti in ambito di trasporto di massa, energia e fluidodinamico, fino alla risoluzione di problemi complessi, multi-variabili e multiparametrici. Inoltre, si presenteranno le principali tecniche utilizzate per monitorare lo stato di colture cellulari, in particolare dal punto di vista della microstruttura, e per analizzare i dati acquisiti. Obiettivi specifici: i) Saper identificare metodiche per l'analisi quantitativa del comportamento cellulare, ii) Sapere implementare modelli FEM iii). Comprendere le tecnologie di analisi microstrutturale e funzionali di tessuti naturali e ingegnerizzati e applicazione di metodi di elaborazione in 2D e 3D utilizzando Matlab. Moduli ANALISI E MODELLI AVANZATI PER APPLICAZIONI IN VITRO (1180I-2) PROGETTAZIONE E SIMULAZIONE DI TESSUTI INGEGNERIZZATI (1180I-1)	6				IBIO-01/A	
	6				IBIO-01/A	
PROVA FINALE (264ZW) Obiettivi La prova finale consiste nella stesura di un elaborato relativo ad un'attività di progettazione o di ricerca, e nella sua presentazione e discussione. La valutazione dell'elaborato, oltre che sulla qualità del lavoro svolto, sarà basata sulla padronanza dei temi trattati, sulla capacità di operare in modo autonomo, sulle attitudini di sintesi e sulle capacità di comunicazione.	15	LM-21 R	E	Per la prova finale	PROFIN_S	Si
ROBOTICA PER CHIRURGIA E PER RIABILITAZIONE (718II) Obiettivi	12	LM-21 R	B	Bioingegneri a		Si

Robotica Medica: il corso si propone di illustrare le problematiche fondamentali che si incontrano nella progettazione, nella fabbricazione e nell'impiego di sistemi robotici e meccatronici nel contesto della medical robotics. Lo scopo principale del corso consiste nel descrivere le principali macchine per chirurgia robotica, e.g. macchine teleoperate, assistite, autonome, navigatori chirurgici, e fornire le conoscenze necessarie per la progettazione di sistemi per la chirurgia minimamente invasiva (Minimally Invasive Surgery - MIS), per la chirurgia assistita al calcolatore (Computer-Assisted Robotic Surgery – CAS and Computer-Assisted Robotic Surgery – CARS), per la chirurgia eseguita mediante ultrasuoni focalizzati ad alta intensità, e per specifiche applicazioni mediche, quali ad esempio la chirurgia robotica endoscopica, ortopedica, cardiovascolare, etc.. Sintesi degli argomenti trattati: i) introduzione, analisi ed esempi di piattaforme robotiche MIS/CAS-CARS; ii) architettura e moduli principali delle piattaforme robotiche MIS/CAS-CARS, i.e. attuatori e unità di controllo, sensori e microcontrollori, acquisizione ed elaborazione di immagini medicali e di segnali biomedici; e iii) normative per la progettazione, sicurezza e la certificazione dei robot medicali. Il corso prevede, oltre alle lezioni frontali e alle esercitazioni in aula con il docente titolare del corso, alcune visite, incontri e dibattiti di approfondimento con medici ed imprenditori di aziende nel settore biomedicale, al fine di fornire agli studenti una visione e una conoscenza della robotica medica esaustiva ed attuale, discutendo, infine, delle nuove tendenze e degli sviluppi futuri. Bioingegneria della riabilitazione: l'obiettivo del corso è quello di fornire un quadro sintetico del processo di progettazione, dall'analisi delle esigenze fino alla progettazione concettuale, concreta e di dettaglio nell'ambito dell'ingegneria della riabilitazione. Fornire un panorama aggiornato della componentistica meccanica e dei relativi approcci di scelta e dimensionamento. Fornire un quadro completo ed aggiornato circa il comportamento meccanico dei materiali, i fenomeni che ne determinano il deterioramento o la rottura, i principali modelli per l'analisi e per la verifica della resistenza. Sintesi degli argomenti trattati: Progettare per l'uomo e per il disabile. Disabilità e menomazioni. Il processo riabilitativo. Cenni di ergonomia e di progettazione universale. Modello HAAT. Richiami sul quadro normativo di riferimento. La specifica tecnica. Esempi di progetto e verifica di ausili, protesi e macchine per la riabilitazione. Protesi di arto. Ausili. Macchine per la riabilitazione. Fondamenti di costruzione di macchine biomedicali. Approccio alla progettazione. Risoluzione dei problemi di costruzione di macchine. Richiami di scienza dei materiali. Richiami di tecnica delle costruzioni. Verifiche principali nel progetto di costruzioni di macchine. Coefficiente di sicurezza e affidabilità. Verifiche di resistenza: forme di cedimento e criteri di equivalenza, concentrazione delle tensioni, resistenza

dei contatti conformi e non conformi. Verifica in caso di urti. Verifiche di rigidità. Verifiche di durabilità: introduzione alla fatica nei componenti delle macchine, usura e danneggiamento superficiale nei contatti. Coazione di più forme di danneggiamento. Dimensionamento e verifica dei principali elementi di macchina in relazione alla ingegneria della riabilitazione (collegamenti con bulloni, viti mordenti, elementi elastici, cuscinetti volventi e radenti, elementi di trasmissione).					
Moduli					
ROBOTICA MEDICA (2)	6				IBIO-01/A
BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE (1)	6				IBIO-01/A

Percorso di Studio: BIOSTRUMENTAZIONE E BIOINFORMATICA (2)

CFU totali: 150, di cui 108 derivanti da AF obbligatorie e 42 da AF a scelta

Sede Didattica

Università di Pisa

1° Anno (anno accademico 2026/2027)

Attività Formativa	CFU	Classe	TAF	Ambito	SSD	Obblig.
ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II) Obiettivi Fornire agli studenti i supporti metodologici per l'analisi di segnali aleatori, per l'analisi statistica multivariata e per l'impiego dei modelli nell'analisi di serie temporali di dati biomedici. Moduli MODELLI E METODI STATISTICI IN BIOINGEGNERIA (247II-2) ANALISI STATISTICA DI SEGNALI BIOMEDICI (247II-1)	12 6 6	LM-21 R	B	Bioingegneri a	 IBIO-01/A IBIO-01/A	Si
Affective Computing (1178I) Obiettivi "Affective computing" aims at showing how computational technology can be used to understand and interpret human emotions. Specifically, modelling of human emotional expression will be addressed, including software and hardware solutions to acquire, communicate, and express affective information. Understanding how emotions can be experienced can also be of help to quantify correlated patterns of central and autonomic nervous activity, in order to investigate mood and consciousness disorders. After an introductory part on physiology and theoretical models of emotions, the state of the art of acquisition systems and signal processing techniques for multivariate data in the field of affective computing will be analysed in detail. The topics covered in the course enable the student to address some of the issues relating to Industry 5.0	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	IBIO-01/A	No
BIOINFORMATICA (688II)	6	LM-21 R	C	Attività	IINF-05/A	Si

Obiettivi Fornire le competenze necessarie per operare con i tipici dati della Biologia Molecolare, sia su DNA che su altre sequenze biologiche, nonché su modelli di bio-macromolecole: tali competenze trovano applicazione sia nel campo della ricerca che in quello clinico. Il corso intende preparare lo studente a partecipare alla progettazione, implementazione e integrazione di sistemi software bioinformatici, con particolare riguardo ai settori emergenti della Genomica. Infine, l'esperienza acquisita nella programmazione con il linguaggio Python ha lo scopo di completare adeguatamente la preparazione in ambito informatico dell'ingegnere Biomedico, anche al di là delle specifiche applicazioni in campo biologico molecolare.				formative affini o integrative		
EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI (1230I) Obiettivi Il modulo "Radiazioni elettromagnetiche ed interazioni biologiche " ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali sulla generazione, caratterizzazione e propagazione dei campi elettromagnetici, sulla loro interazione con i tessuti biologici, e sulle tecniche di misura. Verranno inoltre illustrati gli aspetti dosimetrici (dosimetria analitica, numerica e sperimentale), i sistemi di esposizione alle radiazioni elettromagnetiche, i metodi di schermatura, le linee guida internazionali (ICNIRP) e la normativa italiana sui limiti di esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti. Il modulo "Principi di metodologie Biochimiche e Biomolecolari" si prefigge di fornire agli studenti un quadro teorico/pratico delle principali metodologie biochimiche e biomolecolari utilizzate per lo studio di macromolecole biologiche, quali proteine e acidi nucleici, e la loro applicazione nel campo della ricerca biochimica, biologico-molecolare e biomedica. Saranno inoltre trattate le più comuni e avanzate tecniche utilizzate nella medicina di laboratorio a scopi diagnostici. Moduli PRINCIPI DI METODOLOGIE BIOCHIMICHE E BIOMOLECOLARI (1230I-A) RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE ED INTERAZIONI BIOLOGICHE (1230I)	12	LM-21 R	B, C	Discipline biomediche, Attività formative affini o integrative		Si
	6				BIOS-07/A	
	6				IINF-02/A	
ELETTRONICA BIOMEDICA (1231I) Obiettivi Lo studente che ha completato con successo il corso sarà in grado di progettare e analizzare il frontend analogico per le diverse strumentazioni biomediche. Sarà in grado di dimostrare una solida conoscenza dei circuiti elettronici di base e avanzati utilizzati nella maggior parte dei front-end analogici della strumentazione biomedica, come amplificatori differenziali, da strumentazione e di isolamento, filtri analogici passivi e attivi, convertitori analogico-digitale e digitale-analogico, blocchi elettronici per	6	LM-21 R	C	Attività formative affini o integrative	IINF-01/A	Si

operazioni matematiche non lineari. Il corso riguarda la progettazione e l'analisi degli amplificatori differenziali, da strumentazione e di isolamento, dei filtri analogici passivi e attivi, dei convertitori analogico-digitale e digitali-analogici e dei blocchi elettronici per operazioni matematiche non lineari.						
INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI) Obiettivi Il corso intende abilitare gli studenti all'analisi dei processi di sviluppo, validazione, commercializzazione e accesso di applicazioni biomedicali all'interno del quadro normativo europeo ed extraeuropeo. In particolare, le competenze acquisite consentiranno agli studenti di impostare un processo di progettazione di tecnologie biomediche conforme agli standard ed alle regolamentazioni internazionali, attraverso un processo di ricerca ed innovazione responsabile, adottando misure di gestione del rischio e strategie di valorizzazione della proprietà intellettuale. Argomenti del corso saranno: responsabilità, valutazione e gestione del rischio nell'ambito delle tecnologie sanitarie (D 85/376/CEE, R (UE) 2017/745, R (UE) 2017/746 e R (CE) 1394/2007 (regolamento sui prodotti medici per terapie avanzate); proprietà, tutela della privacy e sicurezza dei dati, nell'ambito dei tessuti bio-artificiali e nuove applicazioni dell'intelligenza artificiale; gestione della proprietà intellettuale e strumenti di trasferimento tecnologico (licenze di brevetto contro cessione di brevetto, reti contrattuali e joint venture, acquisizioni di imprese guidate dalla proprietà intellettuale, accordi di R&S, copyright, copyleft e open-source); Diritto, Etica e Politica dell'innovazione biotecnologica in biomedicina. Inoltre, data la natura del corso e le sessioni di lavoro in team previste, il corso mira a promuovere l'attitudine al lavoro di gruppo ed alla comunicazione.	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente		No
Moduli						
INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (1)	3				IBIO-01/A	
DIRITTO PRIVATO COMPARATO (2)	3				GIUR-11/A	
Ingegneria tissutale neurale (1179I) Obiettivi "Neural Tissue Engineering" module aims to enable students to acquire the knowledge and methodological tools characteristic of tissue engineering relating to the neural sector and in particular relating to the development of in vitro and in silico systems for nerve regeneration. During the course, the student will develop main knowledge regarding the development of in vitro and in vivo neuronal systems, will be able to orient himself in the scientific literature concerning the aforementioned topics and to formulate innovative hypotheses in this area and to predict what the set of experiments is most appropriate to validate it. He will also be able to present this knowledge in the form of an organized presentation. Specific objectives: i) Know the design constraints for in vitro neuronal systems, in terms of	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	IBIO-01/A	No

nutrient exchange; ii) Know the techniques used to monitor the state of neuronal cultures, in particular from the point of view of microstructure and electrophysiological activity, iii) know the main biomaterials used in neural tissue engineering, and their chemical characteristics, physical and mechanical, iv) know the main methods for the fabrication of neural constructs using biofabrication techniques. The topics covered in the course enable the student to address some of the issues relating to Industry 5.0						
LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTRONICI (745II) Obiettivi Utilizzo dei principali strumenti di misura presenti all'interno di un laboratorio di misure elettroniche. - Progettazione e realizzazione di blocchi circuitali per l'implementazione di dispositivi biomedicali.	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	IINF-01/A	No
MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (273BB) Obiettivi L'attività dell'ingegnere biomedico, sia in ambito di ricerca che professionale, opera nel contesto dei sistemi biologici che, come ben noto, sono classici esempi di sistemi complessi. Pertanto, nel percorso di formazione universitaria dell'ingegnere biomedico è più che mai opportuno che vengano acquisite competenze specifiche per lo studio di sistemi nonlineari. In coerenza con questo paradigma, gli obiettivi principali del corso mirano a far acquisire allo studente quelle competenze riguardanti l'utilizzo di metodi non lineari, sia di base che avanzati, per lo studio di sistemi complessi, come quelli di interesse biomedico, con una particolare attenzione agli aspetti metodologici e applicativi. I contenuti del corso possono essere schematicamente suddivisi nelle seguenti parti: a) metodi per lo studio di sistemi non lineari deterministici (anche spazialmente estesi); b) applicazioni di questi metodi in ambito biologico e biomedico.	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	PHYS-04/A	No
RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE (1233I) Obiettivi Il corso "Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche" ha l'obiettivo di fornire agli studenti nozioni di base su fisica atomica e nucleare, sorgenti di radiazioni, interazioni tra radiazioni e materia e applicazioni in campo biomedico.	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente	IIND-07/E	No
STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II) Obiettivi Al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze in merito agli strumenti per l'analisi di procedure in ambito biomedico con strumenti di simulazione numerica. Sarà in grado di comprendere l'ambito in cui collocare il problema e analizzarlo sia con elementi di teoria classica sia con strumenti numerici con software dedicati. Sarà inoltre in grado di scegliere il metodo più adatto per la soluzione dello specifico problema sia in ambito di progettazione di	6	LM-21 R	D	A scelta dello studente		No

hardware per diagnostica medica che di valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici di svariata natura. I metodi di simulazione numerica verranno anche presentate sullo studio di problemi di biomeccanica e di fluidodinamica computazionale.						
Moduli						
STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA II (2)	3				IIND-01/F	
STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA I (1)	3				IBIO-01/A	
TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II) Obiettivi Il modulo "Laboratorio di Tecnologie Biomediche I" ha lo scopo di abilitare lo studente nella realizzazione di prototipi elettromeccanici per applicazioni biomediche. Saranno trattati i seguenti argomenti: 1) Valutazione della classe di rischio dei dispositivi medici e degli standard di progettazione con particolare focus alla regolamentazione europea; 2) fondamenti di tecnologia meccanica applicata al settore biomedico; 3) fondamenti di modellazione CAD tramite utilizzo di software (Solidworks o Fusion 360); 4) prototipazione rapida di tipo elettronico utilizzando schede elettroniche open-source (e.g. Arduino) interfacciabili con sensori e attuatori; 5) prototipazione elettromeccanica (scelta attuatori, driver e loro dimensionamento). Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0 e 5.0. Il modulo "Laboratorio di Tecnologie Biomediche II" ha l'obiettivo di fornire agli studenti le competenze teoriche e pratiche necessarie per progettare e sviluppare sistemi dedicati alla misura e all'analisi di segnali biomedici, adottando un approccio multidisciplinare che integra elettronica, programmazione e analisi del segnale. Durante il corso, gli studenti si concentreranno principalmente su due aspetti. Il primo è la progettazione e lo sviluppo di strumentazione biomedica, attraverso l'apprendimento dell'uso e della programmazione di microcontrollori o Digital Signal Processors (DSP) per realizzare strumenti di misura capaci di acquisire biopotenziali. Esempi di applicazione pratica potranno essere la realizzazione di elettrocardiografi per l'acquisizione di segnali ECG e sistemi per la rilevazione e l'analisi del movimento umano. Il secondo aspetto riguarda lo sviluppo di software per l'analisi dei segnali acquisiti e per la progettazione di interfacce utente, sia in ambiente mobile che desktop. Gli studenti apprenderanno come progettare interfacce ottimizzate (Human-Machine Interface, HMI) per migliorare l'interazione con i sistemi realizzati, rendendo gli output chiari e facilmente interpretabili dall'utente finale. Inoltre, verranno approfondite tecniche di analisi l'identificazione di pattern clinici, del segnale per applicazioni biomediche, come la rilevazione di aritmie e l'analisi del cammino (gait analysis). Gli studenti impareranno ad affrontare le sfide della programmazione per dispositivi embedded, dell'interfacciamento con	12	LM-21 R	B	Bioingegneri a		Si

sensori (es. elettrodi ECG, accelerometri) e di implementazione embedded di tecniche per l'elaborazione dei segnali biomedici (filtraggio e analisi del segnale per algoritmi per la rilevazione del movimento) e di interfacce utente.					
Moduli					
LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE I (742II-A)	6				IBIO-01/A
LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE II (742II-B)	6				IBIO-01/A

2° Anno (anno accademico 2027/2028)

Attività Formativa	CFU	Classe	TAF	Ambito	SSD	Obblig.
ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO (262ZW) Obiettivi Tale attività sarà articolata in cicli di seminari tenuti da personale del mondo accademico e delle aziende sanitarie con l'obiettivo di favorire lo studente all'apprendimento delle metodologie e delle opportunità lavorative con particolare riferimento al comparto della sanità.	3	LM-21 R	F	Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	NN	Si
BIOIMMAGINI (248II) Obiettivi a) Modulo " Immagini biomediche" (ING-INF/06) Introdurre lo studente alle conoscenze dei principi di formazione e al contenuto informativo delle bioimmagini. b) Modulo "Elaborazione delle bioimmagini" (ING-INF/06) Obiettivi. Fornire le competenze necessarie riguardo alle principali tecniche per il filtraggio, la segmentazione, la registrazione e l'analisi quantitativa delle bioimmagini Moduli IMMAGINI BIOMEDICHE (2) ELABORAZIONE DELLE BIOIMMAGINI (1)	12 6 6	LM-21 R	B	Bioingegneri a	IBIO-01/A IBIO-01/A	Si
CHIRURGIA ASSISTITA DAL CALCOLATORE E INFORMATICA MEDICA (721II) Obiettivi Il corso è diviso in due moduli "Chirurgia assistita dal calcolatore" e "Informatica medica" Modulo "Chirurgia assistita dal calcolatore": L'obiettivo è capire il funzionamento e progettare sistemi per chirurgia computer assistita. Gli argomenti trattati riguardano principalmente la gestione e l'elaborazione delle immagini mediche per finalità di pianificazione e simulazione della terapia, il tracking (approfondendo in particolare quello ottico), la registrazione, l'ergonomia delle interfacce utente con accenni all'impiego della realtà aumentata, la robotica medica guidata dalle immagini e non, le dime chirurgiche paziente specifiche, l'integrazione dei dispositivi con il workflow chirurgico. Le lezioni frontali saranno affiancate da attività di laboratorio per lo sviluppo delle funzionalità di base di un navigatore per chirurgia mediante l'impiego dell'ambiente Matlab. Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune	12	LM-21 R	B	Bioingegneri a		Si

delle tematiche attinenti ad Industria 4.0. Modulo Informatica medica: Al termine del modulo di informatica medica lo studente sarà in grado di eseguire l'analisi di problemi per la definizione di specifiche di sistema; capire se un database è progettato bene; progettare e realizzare un prototipo web con il framework open source BMF 3.x specifico per soluzioni e-health. Acquisirà nozioni di base su standard di comunicazione in sanità HL7 e nozioni di base sul trattamento dei dati sensibili. Saprà di cosa si occupa l'ICT per un'azienda sanitaria; conoscerà la complessità del modello organizzativo. Brevi cenni di management di sistemi complessi. Moduli CHIRURGIA COMPUTER ASSISTITA E REALTA' AUMENTATA (721II-A) INFORMATICA MEDICA (1)	6				IBIO-01/A	
	6				IBIO-01/A	
METODI PER L'ANALISI DI SEGNALI MULTIDIMENSIONALI (257II) Obiettivi Preparare lo studente a sviluppare e interpretare i risultati dell'applicazione di alcuni metodi di analisi di segnali e immagini biomediche.	6	LM-21 R	B	Bioingegneri a	IBIO-01/A	Si
PROVA FINALE (264ZW) Obiettivi La prova finale consiste nella stesura di un elaborato relativo ad un'attività di progettazione o di ricerca, e nella sua presentazione e discussione. La valutazione dell'elaborato, oltre che sulla qualità del lavoro svolto, sarà basata sulla padronanza dei temi trattati, sulla capacità di operare in modo autonomo, sulle attitudini di sintesi e sulle capacità di comunicazione.	15	LM-21 R	E	Per la prova finale	PROFIN_S	Si
TECNOLOGIE DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (1232I) Obiettivi Il corso ha l'obiettivo di introdurre le tecniche di intelligenza artificiale impiegate in ambito biomedico. Il corso combina lezioni teoriche con attività pratiche, con l'obiettivo di sviluppare competenze nell'applicazione di tecniche avanzate di AI all'ingegneria biomedica. Gli studenti lavoreranno su casi studio e progetti pratici, acquisendo esperienza diretta nella progettazione e utilizzo di sistemi intelligenti. Il corso è diviso in due moduli: "Elementi di Intelligenza Artificiale per l'Ingegneria Biomedica" e "Applicazioni avanzate di AI per l'Ingegneria Biomedica". Nel modulo "Elementi di Intelligenza Artificiale per l'Ingegneria Biomedica", verranno introdotte le principali tecniche di AI utilizzate in ambito biomedico e come queste possano essere applicate ai segnali biomedici, come ECG, EMG e EEG. Si approfondiranno inoltre tecniche avanzate come il transfer learning, essenziale per adattare modelli pre-addestrati a specifici problemi biomedici. Il modulo "Applicazioni avanzate di AI per l'Ingegneria Biomedica" sarà orientato verso l'analisi di scenari applicativi delle tecniche viste nel primo modulo. Gli studenti esploreranno come sviluppare e implementare sistemi intelligenti per applicazioni reali, inclusi sistemi di diagnosi	12	LM-21 R	B	Bioingegneri a		Si

automatica, sistemi di supporto alla decisione medica, e tecnologie, anche contactless, per il monitoraggio continuo della salute. Verranno anche affrontate tematiche relative allo sviluppo di moduli per il riconoscimento facciale, vocale e contestuale, finalizzati all'identificazione e alla comprensione delle emozioni sociali, con particolare attenzione all'integrazione di queste capacità in architetture cognitive per robot sociali. Infine, verranno trattati la progettazione e l'utilizzo dei digital twins elettrofisiologici. Attraverso laboratori pratici, gli studenti avranno l'opportunità di sviluppare progetti che integrano tutte le tecniche apprese, affrontando problematiche reali e complesse del settore biomedico.					
Moduli					
APPLICAZIONI AVANZATE DI AI PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (1232I-A)	6				IBIO-01/A
ELEMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (1232I)	6				IBIO-01/A

Piano di Studio: WIBR-LM-26-26-26

Anno Regolamento Didattico	2026/2027
Anno di Coorte	2026/2027
Anno di Revisione	2026/2027

Schema di piano: 1 - TECNOLOGIE BIOMEDICHE

Percorso di Studio	1 - TECNOLOGIE BIOMEDICHE
Stato Piano generato	Approvato
Schema Statutario	Sì
Totale CFU	120
Totale CFU Obbligatori	108

Anno di Corso: 1° (2026/2027)

Regola 1: OBBLIGATORI CURR TB 1 ANNO (48 CFU) (Obbligatoria)
Attività Obbligatorie. 5AF.

CFU obbligatori	48
Sovrannumeraria	NO
Abilita scelta da libretto	NO

Attività Formativa	CFU	TAF	Ambito	Settori	Statutaria	Cont rollo Ann o
ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II) Moduli	12				Sì	No
ANALISI STATISTICA DI SEGNALI BIOMEDICI (247II-1)	6	B	ANALISI STATISTI CA DI SEGNALI BIOMEDI CI MODELLI E METODI STATISTI CI IN BIOINGE GNERIA	IBIO-01/A		
MODELLI E METODI STATISTICI IN BIOINGEGNERIA (247II-2)	6	B		IBIO-01/A		
EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI (1230I) Moduli	12				Sì	No
PRINCIPI DI METODOLOGIE BIOCHIMICHE E BIOMOLECOLARI (1230I-A)	6	B	PRINCIPI DI METODO LOGIE BIOCHIMI CHE E BIOMOLE COLARI	BIOS-07/A		
RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE ED INTERAZIONI BIOLOGICHE (1230I)	6	C	RADIAZI ONI ELETTRO MAGNETI CHE ED	IINF-02/A		

			INTERAZIONI BIOLOGICHE			
MATERIALI E SISTEMI INTELLIGENTI (1234I)	6	C		IBIO-01/A	Sì	No
MECCANICA APPLICATA AL SISTEMA MUSCOLO SCHELETRICO (256II)	6	C		IIND-02/A	Sì	No
TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II)	12				Sì	No
Moduli						
LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE I (742II-A)	6	B	LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE I	IBIO-01/A		
LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE II (742II-B)	6	B	LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE II	IBIO-01/A		

Regola 2: LIBERA SCELTA (Gruppo scelta esami)
Gruppo Scelta Esami. 12 CFU

Sovrannumeraria

NO

Abilita scelta da libretto

NO

Attività Formativa	CFU	TAF	Ambito	Settori	Statutaria	Controllo Anno
Affective Computing (1178I)	6	D		IBIO-01/A	No	No
INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI)	6				No	No
Moduli						
DIRITTO PRIVATO COMPARATO (2)	3	D	DIRITTO PRIVATO COMPARATO			
INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (1)	3	D	INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE			
Ingegneria tissutale neurale (1179I)	6	D		IBIO-01/A	No	No
LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTRONOMICI (745II)	6	D		IINF-01/A	No	No
MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (273BB)	6	D		PHYS-04/A	No	No
RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE (1233I)	6	D		IIND-07/E	No	No
STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER	6				No	No

L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II)						
Moduli						
STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA I (1)	3	D	STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA I			
STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA II (2)	3	D	STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA II			

Anno di Corso: 2° (2027/2028)

Regola 3: OBBLIGATORI CURR TB 2 ANNO (60 CFU) (Obbligatoria)

Attività Obbligatorie. 6AF.

CFU obbligatori	60
Sovrannumeraria	NO
Abilita scelta da libretto	NO

Attività Formativa	CFU	TAF	Ambito	Settori	Statutaria	Controllo Anno
ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO (262ZW)	3	F		NN	Sì	No
INGEGNERIA BIOMOLECOLARE E CELLULARE (255II)	6	B		IBIO-01/A	Sì	No
PROGETTAZIONE DI MICRO E NANO SISTEMI BIOMEDICALI (719II)	12				Sì	No
Moduli						
MICRO E NANO SISTEMI (2)	6	B	MICRO E NANO SISTEMI SVILUPPO DI	IBIO-01/A		
SVILUPPO DI MODELLI COMPUTAZIONALI 3D (1)	6	B	MODELLI COMPUTAZIONALI 3D	IBIO-01/A		
PROGETTAZIONE E SIMULAZIONE DI MODELLI HUMAN RELEVANT (1180I)	12				Sì	No
Moduli						
ANALISI E MODELLI AVANZATI PER APPLICAZIONI IN VITRO (1180I-2)	6	B	ANALISI E MODELLI	IBIO-01/A		

PROGETTAZIONE E SIMULAZIONE DI TESSUTI INGEGNERIZZATI (1180I-1)	6	B	AVANZATI PER APPLICAZIONI IN VITRO PROGETTAZIONE E SIMULAZIONE DI TESSUTI INGEGNERIZZATI	IBIO-01/A		
PROVA FINALE (264ZW)	15	E		PROFIN_S	Sì	No
ROBOTICA PER CHIRURGIA E PER RIABILITAZIONE (718II) Moduli	12				Sì	No
BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE (1)	6	B	BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE	IBIO-01/A		
ROBOTICA MEDICA (2)	6	B	ROBOTICA MEDICA	IBIO-01/A		

Schema di piano: 2 - BIOSTRUMENTAZIONE E BIOINFORMATICA

Percorso di Studio	2 - BIOSTRUMENTAZIONE E BIOINFORMATICA
Stato Piano generato	Approvato
Schema Statutario	Sì
Totale CFU	120
Totale CFU Obbligatorie	108

Anno di Corso: 1° (2026/2027)

Regola 1: OBBLIGATORI CURR BB 1 ANNO (48 CFU) (Obbligatoria)
Attività Obbligatorie. 5AF.

CFU obbligatori	48
Sovrannumeraria	NO
Abilita scelta da libretto	NO

Attività Formativa	CFU	TAF	Ambito	Settori	Statutaria	Cont rollo Ann o
ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II) Moduli	12				Sì	No
ANALISI STATISTICA DI SEGNALI BIOMEDICI (247II-1)	6	B	ANALISI STATISTI CA DI SEGNALI BIOMEDI CI MODELLI E METODI STATISTI CI IN BIOINGE GNERIA	IBIO-01/A		
MODELLI E METODI STATISTICI IN BIOINGEGNERIA (247II-2)	6	B		IBIO-01/A		
BIOINFORMATICA (688II)	6	C		IINF-05/A	Sì	No
EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI (1230I) Moduli	12				Sì	No
PRINCIPI DI METODOLOGIE BIOCHIMICHE E BIOMOLECOLARI (1230I-A)	6	B	PRINCIPI DI METODO LOGIE BIOCHIMI CHE E BIOMOLE COLARI RADIAZI ONI	BIOS-07/A		
RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE ED INTERAZIONI BIOLOGICHE (1230I)	6	C		IINF-02/A		

			ELETTRO MAGNETI CHE ED INTERAZI ONI BIOLOGI CHE			
ELETTRONICA BIOMEDICA (1231I)	6	C		IINF-01/A	Sì	No
TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II)	12				Sì	No
Moduli						
LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE I (742II-A)	6	B	LABORAT ORIO DI TECNOLO GIE BIOMEDI CHE I	IBIO-01/A		
LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE II (742II-B)	6	B	LABORAT ORIO DI TECNOLO GIE BIOMEDI CHE II	IBIO-01/A		

Regola 2: LIBERA SCELTA (12 CFU) (Gruppo scelta esami)

Gruppo Scelta Esami. 12 CFU

Sovrannumeraria

NO

Abilita scelta da libretto

NO

Attività Formativa	CFU	TAF	Ambito	Settori	Statutaria	Cont rollo Ann o
Affective Computing (1178I)	6	D		IBIO-01/A	No	No
INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI)	6				No	No
Moduli						
DIRITTO PRIVATO COMPARATO (2)	3	D	DIRITTO PRIVATO COMPAR ATO			
INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (1)	3	D	INNOVAZ IONE E REGOLA MENTAZI ONE DELLE TECNOLO GIE PER LA SALUTE			
Ingegneria tissutale neurale (1179I)	6	D		IBIO-01/A	No	No
LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTRONOMICI (745II)	6	D		IINF-01/A	No	No
MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (273BB)	6	D		PHYS- 04/A	No	No
RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE (1233I)	6	D		IIND-07/E	No	No

STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II)	6				No	No
Moduli						
STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA I (1)	3	D	STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA I			
STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA II (2)	3	D	STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA II			

Anno di Corso: 2° (2027/2028)

Regola 3: OBBLIGATORI CURR BB 2 ANNO (60 CFU) (Obbligatoria)
Attività Obbligatorie. 6AF.

CFU obbligatori	60
Sovrannumeraria	NO
Abilita scelta da libretto	NO

Attività Formativa	CFU	TAF	Ambito	Settori	Statutaria	Cont rollo Ann o
ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO (262ZW)	3	F		NN	Sì	No
BIOIMMAGINI (248II)	12				Sì	No
Moduli						
ELABORAZIONE DELLE BIOIMMAGINI (1)	6	B	ELABORAZIONE DELLE BIOIMMAGINI	IBIO-01/A		
IMMAGINI BIOMEDICHE (2)	6	B	IMMAGINI BIOMEDICHE	IBIO-01/A		
CHIRURGIA ASSISTITA DAL CALCOLATORE E INFORMATICA MEDICA (721II)	12				Sì	No
Moduli						
CHIRURGIA COMPUTER ASSISTITA E REALTA' AUMENTATA (721II-A)	6	B	CHIRURGIA COMPUTER ASSISTITA E	IBIO-01/A		

INFORMATICA MEDICA (1)	6	B	REALTA' AUMENTATA INFORMATICA MEDICA	IBIO-01/A		
METODI PER L'ANALISI DI SEGNALI MULTIDIMENSIONALI (257II)	6	B		IBIO-01/A	Sì	No
PROVA FINALE (264ZW)	15	E		PROFIN_S	Sì	No
TECNOLOGIE DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (1232I) Moduli	12				Sì	No
APPLICAZIONI AVANZATE DI AI PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (1232I-A)	6	B	APPLICAZIONI AVANZATE DI AI PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA ELEMENTI DI INTELLIGENZA	IBIO-01/A		
ELEMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (1232I)	6	B	ARTIFICIALI PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA	IBIO-01/A		

Obiettivi attività formative

1° Anno (anno accademico 2026/2027)

- ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II)

Obiettivi Formativi

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

- Affective Computing (1178I)

Obiettivi Formativi

"Affective computing" aims at showing how computational technology can be used to understand and interpret human emotions. Specifically, modelling of human emotional expression will be addressed, including software and hardware solutions to acquire, communicate, and express affective information. Understanding how emotions can be experienced can also be of help to quantify correlated patterns of central and autonomic nervous activity, in order to investigate mood and consciousness disorders. After an introductory part on physiology and theoretical models of emotions, the state of the art of acquisition systems and signal processing techniques for multivariate data in the field of affective computing will be analysed in detail. The topics covered in the course enable the student to address some of the issues relating to Industry 5.0

- EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI (1230I)

Obiettivi Formativi

Il modulo "Radiazioni elettromagnetiche ed interazioni biologiche " ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali sulla generazione, caratterizzazione e propagazione dei campi elettromagnetici, sulla loro interazione con i tessuti biologici, e sulle tecniche di misura. Verranno inoltre illustrati gli aspetti dosimetrici (dosimetria analitica, numerica e sperimentale), i sistemi di esposizione alle radiazioni elettromagnetiche, i metodi di schermatura, le linee guida internazionali (ICNIRP) e la normativa italiana sui limiti di esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti. Il modulo "Principi di metodologie Biochimiche e Biomolecolari" si prefigge di fornire agli studenti un quadro teorico/pratico delle principali metodologie biochimiche e biomolecolari utilizzate per lo studio di macromolecole biologiche, quali proteine e acidi nucleici, e la loro applicazione nel campo della ricerca biochimica, biologico-molecolare e biomedica. Saranno inoltre trattate le più comuni e avanzate tecniche utilizzate nella medicina di laboratorio a scopi diagnostici.

- INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI)

Obiettivi Formativi

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

- Ingegneria tissutale neurale (1179I)

Obiettivi Formativi

"Neural Tissue Engineering" module aims to enable students to acquire the knowledge and methodological tools characteristic of tissue engineering relating to the neural sector and in particular relating to the development of in vitro and in silico systems for nerve regeneration. During the course, the student will develop main knowledge regarding the development of in vitro and in vivo neuronal systems, will be able to orient himself in the scientific literature concerning the aforementioned topics and to formulate innovative hypotheses in this area and to predict what the set of experiments is most appropriate to validate it. He will also be able to present this knowledge in the form of an organized presentation. Specific objectives: i) Know the design constraints for in vitro neuronal systems, in terms of nutrient exchange; ii) Know the techniques used to monitor the state of neuronal cultures, in particular from the point of view of microstructure and electrophysiological activity, iii) know the main biomaterials used in neural tissue engineering, and their chemical characteristics, physical and mechanical, iv) know the main methods for the fabrication of neural constructs using biofabrication techniques. The topics covered in the course enable the student to address some of the issues relating to Industry 5.0

- LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTROMEDICALI (745II)

Obiettivi Formativi

Utilizzo dei principali strumenti di misura presenti all'interno di un laboratorio di misure elettroniche. - Progettazione e realizzazione di blocchi circuitali per l'implementazione di dispositivi biomedicali.

- MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (273BB)

Obiettivi Formativi

L'attività dell'ingegnere biomedico, sia in ambito di ricerca che professionale, opera nel contesto dei sistemi biologici che, come ben noto, sono classici esempi di sistemi complessi. Pertanto, nel percorso di formazione universitaria dell'ingegnere biomedico è più che mai opportuno che vengano acquisite competenze specifiche per lo studio di sistemi non lineari. In coerenza con questo paradigma, gli obiettivi principali del corso mirano a far acquisire allo studente quelle competenze riguardanti l'utilizzo di metodi non lineari, sia di base che avanzati, per lo studio di sistemi complessi, come quelli di interesse biomedico, con una particolare attenzione agli aspetti metodologici e applicativi. I contenuti del corso possono essere schematicamente suddivisi nelle seguenti parti: a) metodi per lo studio di sistemi non lineari deterministici (anche spazialmente estesi); b) applicazioni di questi metodi in ambito biologico e biomedico.

- RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE (1233I)

Obiettivi Formativi

Il corso "Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche" ha l'obiettivo di fornire agli studenti nozioni di base su fisica atomica e nucleare, sorgenti di radiazioni, interazioni tra radiazioni e materia e applicazioni in campo biomedico.

- STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II)

Obiettivi Formativi

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

- TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II)

Obiettivi Formativi

Il modulo "Laboratorio di Tecnologie Biomediche I" ha lo scopo di abilitare lo studente nella realizzazione di prototipi elettromeccanici per applicazioni biomedicali. Saranno trattati i seguenti argomenti: 1) Valutazione della classe di rischio dei dispositivi medici e degli standard di progettazione con particolare focus alla regolamentazione europea; 2) fondamenti di tecnologia meccanica applicata al settore

biomedico; 3) fondamenti di modellazione CAD tramite utilizzo di software (Solidworks o Fusion 360); 4) prototipazione rapida di tipo elettronico utilizzando schede elettroniche open-source (e.g. Arduino) interfacciabili con sensori e attuatori; 5) prototipazione elettromeccanica (scelta attuatori, driver e loro dimensionamento). Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0 e 5.0. Il modulo “Laboratorio di Tecnologie Biomediche II” ha l’obiettivo di fornire agli studenti le competenze teoriche e pratiche necessarie per progettare e sviluppare sistemi dedicati alla misura e all’analisi di segnali biomedici, adottando un approccio multidisciplinare che integra elettronica, programmazione e analisi del segnale. Durante il corso, gli studenti si concentreranno principalmente su due aspetti. Il primo è la progettazione e lo sviluppo di strumentazione biomedica, attraverso l’apprendimento dell’uso e della programmazione di microcontrollori o Digital Signal Processors (DSP) per realizzare strumenti di misura capaci di acquisire biopotenziali. Esempi di applicazione pratica potranno essere la realizzazione di elettrocardiografi per l’acquisizione di segnali ECG e sistemi per la rilevazione e l’analisi del movimento umano. Il secondo aspetto riguarda lo sviluppo di software per l’analisi dei segnali acquisiti e per la progettazione di interfacce utente, sia in ambiente mobile che desktop. Gli studenti apprenderanno come progettare interfacce ottimizzate (Human-Machine Interface, HMI) per migliorare l’interazione con i sistemi realizzati, rendendo gli output chiari e facilmente interpretabili dall’utente finale. Inoltre, verranno approfondite tecniche di analisi l’identificazione di pattern clinici, del segnale per applicazioni biomediche, come la rilevazione di aritmie e l’analisi del cammino (gait analysis). Gli studenti impareranno ad affrontare le sfide della programmazione per dispositivi embedded, dell’interfacciamento con sensori (es. elettrodi ECG, accelerometri) e di implementazione embedded di tecniche per l’elaborazione dei segnali biomedici (filtraggio e analisi del segnale per algoritmi per la rilevazione del movimento) e di interfacce utente.

2° Anno (anno accademico 2027/2028)

- ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO (262ZW)

Obiettivi Formativi

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

- PROVA FINALE (264ZW)

Obiettivi Formativi

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

1° Anno (anno accademico 2026/2027)

- ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II)

Obiettivi Formativi

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

- Affective Computing (1178I)

Obiettivi Formativi

“Affective computing” aims at showing how computational technology can be used to understand and interpret human emotions. Specifically, modelling of human emotional expression will be addressed, including software and hardware solutions to acquire, communicate, and express affective information. Understanding how emotions can be experienced can also be of help to quantify correlated patterns of central and autonomic nervous activity, in order to investigate mood and consciousness disorders. After an introductory part on physiology and theoretical models of emotions, the state of the art of acquisition systems and signal processing techniques for multivariate data in the field of affective computing will be

analysed in detail. The topics covered in the course enable the student to address some of the issues relating to Industry 5.0

- **EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI (1230I)**

Obiettivi Formativi

Il modulo "Radiazioni elettromagnetiche ed interazioni biologiche " ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali sulla generazione, caratterizzazione e propagazione dei campi elettromagnetici, sulla loro interazione con i tessuti biologici, e sulle tecniche di misura. Verranno inoltre illustrati gli aspetti dosimetrici (dosimetria analitica, numerica e sperimentale), i sistemi di esposizione alle radiazioni elettromagnetiche, i metodi di schermatura, le linee guida internazionali (ICNIRP) e la normativa italiana sui limiti di esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti. Il modulo "Principi di metodologie Biochimiche e Biomolecolari" si prefigge di fornire agli studenti un quadro teorico/pratico delle principali metodologie biochimiche e biomolecolari utilizzate per lo studio di macromolecole biologiche, quali proteine e acidi nucleici, e la loro applicazione nel campo della ricerca biochimica, biologico-molecolare e biomedica. Saranno inoltre trattate le più comuni e avanzate tecniche utilizzate nella medicina di laboratorio a scopi diagnostici.

- **INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI)**

Obiettivi Formativi

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

- **Ingegneria tissutale neurale (1179I)**

Obiettivi Formativi

"Neural Tissue Engineering" module aims to enable students to acquire the knowledge and methodological tools characteristic of tissue engineering relating to the neural sector and in particular relating to the development of in vitro and in silico systems for nerve regeneration. During the course, the student will develop main knowledge regarding the development of in vitro and in vivo neuronal systems, will be able to orient himself in the scientific literature concerning the aforementioned topics and to formulate innovative hypotheses in this area and to predict what the set of experiments is most appropriate to validate it. He will also be able to present this knowledge in the form of an organized presentation. Specific objectives: i) Know the design constraints for in vitro neuronal systems, in terms of nutrient exchange; ii) Know the techniques used to monitor the state of neuronal cultures, in particular from the point of view of microstructure and electrophysiological activity, iii) know the main biomaterials used in neural tissue engineering, and their chemical characteristics, physical and mechanical, iv) know the main methods for the fabrication of neural constructs using biofabrication techniques. The topics covered in the course enable the student to address some of the issues relating to Industry 5.0

- **LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTROMEDICALI (745II)**

Obiettivi Formativi

Utilizzo dei principali strumenti di misura presenti all'interno di un laboratorio di misure elettroniche. - Progettazione e realizzazione di blocchi circuitali per l'implementazione di dispositivi biomedicali.

- **MATERIALI E SISTEMI INTELLIGENTI (1234I)**

- **Obiettivi Formativi**

- Il corso di Materiali e Sistemi Intelligenti consentirà allo studente di sviluppare capacità critiche per la progettazione di sistemi intelligenti in ambito biomedico. I contenuti del corso saranno incentrati su: 1) Definizione e proprietà di materiali intelligenti ed il loro utilizzo nella progettazione di sensori, attuatori, smorzatori, etc. Definizione e progettazione di sistemi intelligenti; 2) Principi generali, equazioni costitutive ed applicazioni di materiali intelligenti piezoelettrici, magnetostrittivi, magnetoreologici, ferrofluidi, leghe a memoria di forma; 3) Polimeri ed hydrogel in bioingegneria: principi generali, tecniche per modularne le proprietà, equazioni descrittive; 4) Principi generali, equazioni costitutive ed applicazioni di polimeri ed hydrogel intelligenti: termoresponsivi, pHsensibili, conduttori, elettroattivi, ferrogel, fotosensibili, cromici, bioluminescenti, elastomeri a cristalli liquidi; 5) Materiali biomimetici e bioibridi; 6) Ingegneria genetica per progettare materiali intelligenti ed engineered living materials; 7) Nanomateriali e metamateriali in ambito biomedico. Inoltre, lo studente acquisirà competenze nella stesura di report tecnici e nell'utilizzo di software di progettazione elettronica per sviluppare circuiti in grado di interfacciarsi con i componenti progettati.

- **MECCANICA APPLICATA AL SISTEMA MUSCOLO SCHELETRICO (256II)**

- **Obiettivi Formativi**

- Fornire gli strumenti per l'analisi cinematica, statica e dinamica tridimensionale di sistemi meccanici, basandosi su un approccio robotico, sia di tipo teorico che pratico (programmi al calcolatore) • Indicare le strategie per la definizione degli schemi meccanici per l'analisi del movimento • Fornire gli elementi di base per la descrizione del sistema muscolo-scheletrico, in particolare arti e rachide • Metodi per la stima delle forze muscolari e dei carichi sulle articolazioni

- **MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (273BB)**

- **Obiettivi Formativi**

- L'attività dell'ingegnere biomedico, sia in ambito di ricerca che professionale, opera nel contesto dei sistemi biologi che, come ben noto, sono classici esempi di sistemi complessi. Pertanto, nel percorso di formazione universitaria dell'ingegnere biomedico è più che mai opportuno che vengano acquisite competenze specifiche per lo studio di sistemi non lineari. In coerenza con questo paradigma, gli obiettivi principali del corso mirano a far acquisire allo studente quelle competenze riguardanti l'utilizzo di metodi non lineari, sia di base che avanzati, per lo studio di sistemi complessi, come quelli di interesse biomedico, con una particolare attenzione agli aspetti metodologici e applicativi. I contenuti del corso possono essere schematicamente suddivisi nelle seguenti parti: a) metodi per lo studio di sistemi non lineari deterministici (anche spazialmente estesi); b) applicazioni di questi metodi in ambito biologico e biomedico.

- **RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE (1233I)**

- **Obiettivi Formativi**

- Il corso "Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche" ha l'obiettivo di fornire agli studenti nozioni di base su fisica atomica e nucleare, sorgenti di radiazioni, interazioni tra radiazioni e materia e applicazioni in campo biomedico.

- **STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II)**

- **Obiettivi Formativi**

- Al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze in merito agli strumenti per l'analisi di procedure in ambito biomedico con strumenti di simulazione numerica. Sarà in grado di comprendere l'ambito in cui collocare il problema e analizzarlo sia con elementi di teoria classica sia con strumenti numerici con software dedicati. Sarà inoltre in grado di scegliere il metodo più adatto per la soluzione dello specifico problema sia in ambito di progettazione di hardware per diagnostica medica che di valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici di svariata natura. I metodi di simulazione numerica verranno anche presentate sullo studio di problemi di biomeccanica e di fluidodinamica computazionale.

- **TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II)**

- Obiettivi Formativi**

Il modulo “Laboratorio di Tecnologie Biomediche I” ha lo scopo di abilitare lo studente nella realizzazione di prototipi elettromeccanici per applicazioni biomediche. Saranno trattati i seguenti argomenti: 1) Valutazione della classe di rischio dei dispositivi medici e degli standard di progettazione con particolare focus alla regolamentazione europea; 2) fondamenti di tecnologia meccanica applicata al settore biomedico; 3) fondamenti di modellazione CAD tramite utilizzo di software (Solidworks o Fusion 360); 4) prototipazione rapida di tipo elettronico utilizzando schede elettroniche open-source (e.g. Arduino) interfacciabili con sensori e attuatori; 5) prototipazione elettromeccanica (scelta attuatori, driver e loro dimensionamento). Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0 e 5.0. Il modulo “Laboratorio di Tecnologie Biomediche II” ha l’obiettivo di fornire agli studenti le competenze teoriche e pratiche necessarie per progettare e sviluppare sistemi dedicati alla misura e all’analisi di segnali biomedici, adottando un approccio multidisciplinare che integra elettronica, programmazione e analisi del segnale. Durante il corso, gli studenti si concentreranno principalmente su due aspetti. Il primo è la progettazione e lo sviluppo di strumentazione biomedica, attraverso l’apprendimento dell’uso e della programmazione di microcontrollori o Digital Signal Processors (DSP) per realizzare strumenti di misura capaci di acquisire biopotenziali. Esempi di applicazione pratica potranno essere la realizzazione di elettrocardiografi per l’acquisizione di segnali ECG e sistemi per la rilevazione e l’analisi del movimento umano. Il secondo aspetto riguarda lo sviluppo di software per l’analisi dei segnali acquisiti e per la progettazione di interfacce utente, sia in ambiente mobile che desktop. Gli studenti apprenderanno come progettare interfacce ottimizzate (Human-Machine Interface, HMI) per migliorare l’interazione con i sistemi realizzati, rendendo gli output chiari e facilmente interpretabili dall’utente finale. Inoltre, verranno approfondite tecniche di analisi l’identificazione di pattern clinici, del segnale per applicazioni biomediche, come la rilevazione di aritmie e l’analisi del cammino (gait analysis). Gli studenti impareranno ad affrontare le sfide della programmazione per dispositivi embedded, dell’interfacciamento con sensori (es. elettrodi ECG, accelerometri) e di implementazione embedded di tecniche per l’elaborazione dei segnali biomedici (filtraggio e analisi del segnale per algoritmi per la rilevazione del movimento) e di interfacce utente.

2° Anno (anno accademico 2027/2028)

- **ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO (262ZW)**

- Obiettivi Formativi**

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

- **INGEGNERIA BIOMOLECOLARE E CELLULARE (255II)**

- Obiettivi Formativi**

Il corso, si propone di fornire le conoscenze di base sui sistemi cellulari e tissutali, utili per applicazioni in ambito bioingegneristico. In particolare, la prima parte del corso ha come obiettivo sia quello di fornire una panoramica sulla struttura e il funzionamento dei diversi tessuti biologici sia quello di fornire le conoscenze relative alle tecniche e alle procedure per la coltivazione in vitro di cellule animali con particolare riferimento alla loro applicazione nel settore dell’ingegneria tissutale. Si parlerà di cellule staminali e del loro uso nell’ambito della rigenerazione tissutale, si parlerà della forma più avanzata di colture cellulari in vitro, ossia di organ on a chip e di clonazione e terapia genica. Obiettivo della seconda parte del corso è invece quello di approfondire le conoscenze sull’ingegneria tissutale. Sarà anche trattato il processo di vascolarizzazione dei tessuti bioingegnerizzati, e saranno affrontati i processi e i meccanismi molecolari alla base dello sviluppo del cancro, puntando l’attenzione sulla progettazione di sistemi 3D ingegnerizzati per lo studio in vitro, dei processi di cancerogenesi. Sarà inoltre approfondito il concetto delle 3R e si parlerà metodi alternativi alla sperimentazione animale.

- **PROGETTAZIONE DI MICRO E NANO SISTEMI BIOMEDICALI (719II)**

- Obiettivi Formativi**

Il corso è suddiviso in due moduli “Micro e Nano Sistemi” e “Sviluppo di Modelli computazionali 3D”. Il modulo di “Micro e Nano sistemi” ha lo scopo di fornire agli studenti gli strumenti metodologici e tecnici per la progettazione e la realizzazione di dispositivi dalle dimensioni micro e nanometriche utilizzando le principali tecniche di micro e nano fabbricazione. Lo studente inoltre imparerà ad usare software e sistemi CAD/CAM. Il modulo di “Sviluppo di Modelli Computazionali 3D” ha lo scopo di fornire agli studenti la teoria di base e le conoscenze degli strumenti software dello stato dell'arte per consentire la sintesi di modelli 3D partendo da una serie immagini. Questi modelli 3D possono esser una sintesi di una selezione delle informazioni. Gli argomenti trattati nel corso abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti Industria 4.0 e 5.0

- **PROGETTAZIONE E SIMULAZIONE DI MODELLI HUMAN RELEVANT (1180I)**

- **Obiettivi Formativi**

- Il corso è diviso in 2 moduli: “Progettazione e simulazione di tessuti ingegnerizzati” e “Analisi e modelli avanzati per applicazioni in vitro”. L'obiettivo generale è di permettere allo studente di fare delle scelte critiche sulle tecnologie e sui metodi numerici appropriati nell'ambito della medicina rigenerativa e l'ingegneria tissutale. Lo studente acquisterà l'abilità di progettare e modellare bioreattori e scaffold per l'ingegneria tissutale, usando sia metodi analitici che analisi FEM e di monitorare e analizzare modelli in vitro strutture cellulari. In entrambi moduli lo studente svilupperà le conoscenze sulla formulazione dalla teoria del continuo fino alla teoria degli elementi finiti (FEM). La formulazione FEM sarà presentata principalmente in ambito di trasporto di massa e fluidodinamico. Nel modulo di “Progettazione e simulazione di tessuti ingegnerizzati”, lo studente svilupperà le conoscenze sullo stato dell'arte della medicina rigenerativa, le applicazioni e i nuovi sviluppi nell'ambito delle tecnologie per le ATMP (advanced therapy medicinal products) e i modelli in-vitro e in silico biomimetici anche nel rispetto delle normative europee sulla protezione degli animali ad uso scientifico e utilizzando i principi delle 3R (Reduction, Refinement, Replacement). Obiettivi specifici: i) i) Conoscere i vincoli progettuali per sistemi in vitro in termini di auto-assemblaggio, allometria, sforzo di taglio e ricambio di nutrienti, ii) Sapere approcciare un problema usando metodi analitici in ambito fluidodinamico e di trasporto di massa, in tessuti e costrutti 3D in vitro, iii) sapere analizzare e costruire modelli ad elementi finiti di sistemi e dispositivi per la coltura dinamica di tessuti. Nel modulo di “Analisi e modelli avanzati per applicazioni in vitro”, lo studente svilupperà le conoscenze più approfondite della teoria degli elementi finiti in ambito di trasporto di massa, energia e fluidodinamico, fino alla risoluzione di problemi complessi, multi-variabili e multiparametrici. Inoltre, si presenteranno le principali tecniche utilizzate per monitorare lo stato di colture cellulari, in particolare dal punto di vista della microstruttura, e per analizzare i dati acquisiti. Obiettivi specifici: i) Saper identificare metodiche per l'analisi quantitativa del comportamento cellulare, ii) Sapere implementare modelli FEM iii). Comprendere le tecnologie di analisi microstrutturale e funzionali di tessuti naturali e ingegnerizzati e applicazione di metodi di elaborazione in 2D e 3D utilizzando Matlab.

- **PROVA FINALE (264ZW)**

- **Obiettivi Formativi**

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

- **ROBOTICA PER CHIRURGIA E PER RIABILITAZIONE (718II)**

- **Obiettivi Formativi**

- Robotica Medica: il corso si propone di illustrare le problematiche fondamentali che si incontrano nella progettazione, nella fabbricazione e nell'impiego di sistemi robotici e mecatronici nel contesto della medical robotics. Lo scopo principale del corso consiste nel descrivere le principali macchine per chirurgia robotica, e.g. macchine teleoperate, assistite, autonome, navigatori chirurgici, e fornire le conoscenze necessarie per la progettazione di sistemi per la chirurgia minimamente invasiva (Minimally Invasive Surgery - MIS), per la chirurgia assistita al calcolatore (Computer-Assisted Robotic Surgery – CAS and Computer-Assisted Robotic Surgery – CARS), per la chirurgia eseguita mediante ultrasuoni focalizzati ad

alta intensità, e per specifiche applicazioni mediche, quali ad esempio la chirurgia robotica endoscopica, ortopedica, cardiovascolare, etc.. Sintesi degli argomenti trattati: i) introduzione, analisi ed esempi di piattaforme robotiche MIS/CAS-CARS; ii) architettura e moduli principali delle piattaforme robotiche MIS/CAS-CARS, i.e. attuatori e unità di controllo, sensori e microcontrollori, acquisizione ed elaborazione di immagini medicali e di segnali biomedici; e iii) normative per la progettazione, sicurezza e la certificazione dei robot medicali. Il corso prevede, oltre alle lezioni frontali e alle esercitazioni in aula con il docente titolare del corso, alcune visite, incontri e dibattiti di approfondimento con medici ed imprenditori di aziende nel settore biomedicale, al fine di fornire agli studenti una visione e una conoscenza della robotica medica esaustiva ed attuale, discutendo, infine, delle nuove tendenze e degli sviluppi futuri. Bioingegneria della riabilitazione: l'obiettivo del corso è quello di fornire un quadro sintetico del processo di progettazione, dall'analisi delle esigenze fino alla progettazione concettuale, concreta e di dettaglio nell'ambito dell'ingegneria della riabilitazione. Fornire un panorama aggiornato della componentistica meccanica e dei relativi approcci di scelta e dimensionamento. Fornire un quadro completo ed aggiornato circa il comportamento meccanico dei materiali, i fenomeni che ne determinano il deterioramento o la rottura, i principali modelli per l'analisi e per la verifica della resistenza. Sintesi degli argomenti trattati: Progettare per l'uomo e per il disabile. Disabilità e menomazioni. Il processo riabilitativo. Cenni di ergonomia e di progettazione universale. Modello HAAT. Richiami sul quadro normativo di riferimento. La specifica tecnica. Esempi di progetto e verifica di ausili, protesi e macchine per la riabilitazione. Protesi di arto. Ausili. Macchine per la riabilitazione. Fondamenti di costruzione di macchine biomediche. Approccio alla progettazione. Risoluzione dei problemi di costruzione di macchine. Richiami di scienza dei materiali. Richiami di tecnica delle costruzioni. Verifiche principali nel progetto di costruzioni di macchine. Coefficiente di sicurezza e affidabilità. Verifiche di resistenza: forme di cedimento e criteri di equivalenza, concentrazione delle tensioni, resistenza dei contatti conformi e non conformi. Verifica in caso di urti. Verifiche di rigidità. Verifiche di durabilità: introduzione alla fatica nei componenti delle macchine, usura e danneggiamento superficiale nei contatti. Coazione di più forme di danneggiamento. Dimensionamento e verifica dei principali elementi di macchina in relazione alla ingegneria della riabilitazione (collegamenti con bulloni, viti mordenti, elementi elastici, cuscinetti volventi e radenti, elementi di trasmissione).

1° Anno (anno accademico 2026/2027)

- ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II)

Obiettivi Formativi

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

- Affective Computing (1178I)

Obiettivi Formativi

"Affective computing" aims at showing how computational technology can be used to understand and interpret human emotions. Specifically, modelling of human emotional expression will be addressed, including software and hardware solutions to acquire, communicate, and express affective information. Understanding how emotions can be experienced can also be of help to quantify correlated patterns of central and autonomic nervous activity, in order to investigate mood and consciousness disorders. After an introductory part on physiology and theoretical models of emotions, the state of the art of acquisition systems and signal processing techniques for multivariate data in the field of affective computing will be analysed in detail. The topics covered in the course enable the student to address some of the issues relating to Industry 5.0

- BIOINFORMATICA (688II)

Obiettivi Formativi

Fornire le competenze necessarie per operare con i tipici dati della Biologia Molecolare, sia su DNA che su altre sequenze biologiche, nonché su modelli di bio-macromolecole: tali competenze trovano applicazione sia nel campo della ricerca che in quello clinico. Il corso intende preparare lo studente a partecipare alla progettazione, implementazione e integrazione di sistemi software bioinformatici, con

particolare riguardo ai settori emergenti della Genomica. Infine, l'esperienza acquisita nella programmazione con il linguaggio Python ha lo scopo di completare adeguatamente la preparazione in ambito informatico dell'ingegnere Biomedico, anche al di là delle specifiche applicazioni in campo biologico molecolare.

- **EFFETTI BIOLOGICI E METODOLOGIE PER LO STUDIO DI RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E AGENTI CHIMICI (1230I)**

Obiettivi Formativi

Il modulo "Radiazioni elettromagnetiche ed interazioni biologiche " ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali sulla generazione, caratterizzazione e propagazione dei campi elettromagnetici, sulla loro interazione con i tessuti biologici, e sulle tecniche di misura. Verranno inoltre illustrati gli aspetti dosimetrici (dosimetria analitica, numerica e sperimentale), i sistemi di esposizione alle radiazioni elettromagnetiche, i metodi di schermatura, le linee guida internazionali (ICNIRP) e la normativa italiana sui limiti di esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti. Il modulo "Principi di metodologie Biochimiche e Biomolecolari" si prefigge di fornire agli studenti un quadro teorico/pratico delle principali metodologie biochimiche e biomolecolari utilizzate per lo studio di macromolecole biologiche, quali proteine e acidi nucleici, e la loro applicazione nel campo della ricerca biochimica, biologico-molecolare e biomedica. Saranno inoltre trattate le più comuni e avanzate tecniche utilizzate nella medicina di laboratorio a scopi diagnostici.

- **ELETTRONICA BIOMEDICA (1231I)**

Obiettivi Formativi

Lo studente che ha completato con successo il corso sarà in grado di progettare e analizzare il frontend analogico per le diverse strumentazioni biomediche. Sarà in grado di dimostrare una solida conoscenza dei circuiti elettronici di base e avanzati utilizzati nella maggior parte dei front-end analogici della strumentazione biomedica, come amplificatori differenziali, da strumentazione e di isolamento, filtri analogici passivi e attivi, convertitori analogico-digitale e digitale-analogico, blocchi elettronici per operazioni matematiche non lineari. Il corso riguarda la progettazione e l'analisi degli amplificatori differenziali, da strumentazione e di isolamento, dei filtri analogici passivi e attivi, dei convertitori analogico-digitale e digitali-analogici e dei blocchi elettronici per operazioni matematiche non lineari.

- **INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI)**

Obiettivi Formativi

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

- **Ingegneria tissutale neurale (1179I)**

Obiettivi Formativi

"Neural Tissue Engineering" module aims to enable students to acquire the knowledge and methodological tools characteristic of tissue engineering relating to the neural sector and in particular relating to the development of in vitro and in silico systems for nerve regeneration. During the course, the student will develop main knowledge regarding the development of in vitro and in vivo neuronal systems, will be able

to orient himself in the scientific literature concerning the aforementioned topics and to formulate innovative hypotheses in this area and to predict what the set of experiments is most appropriate to validate it. He will also be able to present this knowledge in the form of an organized presentation. Specific objectives: i) Know the design constraints for in vitro neuronal systems, in terms of nutrient exchange; ii) Know the techniques used to monitor the state of neuronal cultures, in particular from the point of view of microstructure and electrophysiological activity, iii) know the main biomaterials used in neural tissue engineering, and their chemical characteristics, physical and mechanical, iv) know the main methods for the fabrication of neural constructs using biofabrication techniques. The topics covered in the course enable the student to address some of the issues relating to Industry 5.0

- **LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI Elettromedicali (745II)**

Obiettivi Formativi

Utilizzo dei principali strumenti di misura presenti all'interno di un laboratorio di misure elettroniche. - Progettazione e realizzazione di blocchi circuitali per l'implementazione di dispositivi biomedicali.

- **MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (273BB)**

Obiettivi Formativi

L'attività dell'ingegnere biomedico, sia in ambito di ricerca che professionale, opera nel contesto dei sistemi biologici che, come ben noto, sono classici esempi di sistemi complessi. Pertanto, nel percorso di formazione universitaria dell'ingegnere biomedico è più che mai opportuno che vengano acquisite competenze specifiche per lo studio di sistemi non lineari. In coerenza con questo paradigma, gli obiettivi principali del corso mirano a far acquisire allo studente quelle competenze riguardanti l'utilizzo di metodi non lineari, sia di base che avanzati, per lo studio di sistemi complessi, come quelli di interesse biomedico, con una particolare attenzione agli aspetti metodologici e applicativi. I contenuti del corso possono essere schematicamente suddivisi nelle seguenti parti: a) metodi per lo studio di sistemi non lineari deterministici (anche spazialmente estesi); b) applicazioni di questi metodi in ambito biologico e biomedico.

- **RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE (1233I)**

Obiettivi Formativi

Il corso "Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche" ha l'obiettivo di fornire agli studenti nozioni di base su fisica atomica e nucleare, sorgenti di radiazioni, interazioni tra radiazioni e materia e applicazioni in campo biomedico.

- **STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II)**

Obiettivi Formativi

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

- **TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II)**

Obiettivi Formativi

Il modulo "Laboratorio di Tecnologie Biomediche I" ha lo scopo di abilitare lo studente nella realizzazione di prototipi elettromeccanici per applicazioni biomedicali. Saranno trattati i seguenti argomenti: 1) Valutazione della classe di rischio dei dispositivi medici e degli standard di progettazione con particolare focus alla regolamentazione europea; 2) fondamenti di tecnologia meccanica applicata al settore biomedico; 3) fondamenti di modellazione CAD tramite utilizzo di software (Solidworks o Fusion 360); 4) prototipazione rapida di tipo elettronico utilizzando schede elettroniche open-source (e.g. Arduino) interfacciabili con sensori e attuatori; 5) prototipazione elettromeccanica (scelta attuatori, driver e loro dimensionamento). Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0 e 5.0. Il modulo "Laboratorio di Tecnologie Biomediche II" ha l'obiettivo di fornire agli studenti le competenze teoriche e pratiche necessarie per progettare e sviluppare

sistemi dedicati alla misura e all'analisi di segnali biomedici, adottando un approccio multidisciplinare che integra elettronica, programmazione e analisi del segnale. Durante il corso, gli studenti si concentreranno principalmente su due aspetti. Il primo è la progettazione e lo sviluppo di strumentazione biomedica, attraverso l'apprendimento dell'uso e della programmazione di microcontrollori o Digital Signal Processors (DSP) per realizzare strumenti di misura capaci di acquisire biopotenziali. Esempi di applicazione pratica potranno essere la realizzazione di elettrocardiografi per l'acquisizione di segnali ECG e sistemi per la rilevazione e l'analisi del movimento umano. Il secondo aspetto riguarda lo sviluppo di software per l'analisi dei segnali acquisiti e per la progettazione di interfacce utente, sia in ambiente mobile che desktop. Gli studenti apprenderanno come progettare interfacce ottimizzate (Human-Machine Interface, HMI) per migliorare l'interazione con i sistemi realizzati, rendendo gli output chiari e facilmente interpretabili dall'utente finale. Inoltre, verranno approfondite tecniche di analisi l'identificazione di pattern clinici, del segnale per applicazioni biomediche, come la rilevazione di aritmie e l'analisi del cammino (gait analysis). Gli studenti impareranno ad affrontare le sfide della programmazione per dispositivi embedded, dell'interfacciamento con sensori (es. elettrodi ECG, accelerometri) e di implementazione embedded di tecniche per l'elaborazione dei segnali biomedici (filtraggio e analisi del segnale per algoritmi per la rilevazione del movimento) e di interfacce utente.

2° Anno (anno accademico 2027/2028)

- ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO (262ZW)

Obiettivi Formativi

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

- BIOIMMAGINI (248II)

Obiettivi Formativi

a) Modulo “ Immagini biomediche” (ING-INF/06) Introdurre lo studente alle conoscenze dei principi di formazione e al contenuto informativo delle bioimmagini. b) Modulo “Elaborazione delle bioimmagini” (ING-INF/06) Obiettivi. Fornire le competenze necessarie riguardo alle principali tecniche per il filtraggio, la segmentazione, la registrazione e l'analisi quantitativa delle bioimmagini

- CHIRURGIA ASSISTITA DAL CALCOLATORE E INFORMATICA MEDICA (721II)

Obiettivi Formativi

Il corso è diviso in due moduli “Chirurgia assistita dal calcolatore” e “Informatica medica” Modulo “Chirurgia assistita dal calcolatore”: L'obiettivo è capire il funzionamento e progettare sistemi per chirurgia computer assistita. Gli argomenti trattati riguardano principalmente la gestione e l'elaborazione delle immagini mediche per finalità di pianificazione e simulazione della terapia, il tracking (approfondendo in particolare quello ottico), la registrazione, l'ergonomia delle interfacce utente con accenni all'impiego della realtà aumentata, la robotica medica guidata dalle immagini e non, le dime chirurgiche paziente specifiche, l'integrazione dei dispositivi con il workflow chirurgico. Le lezioni frontali saranno affiancate da attività di laboratorio per lo sviluppo delle funzionalità di base di un navigatore per chirurgia mediante l'impiego dell'ambiente Matlab. Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0. Modulo Informatica medica: Al termine del modulo di informatica medica lo studente sarà in grado di eseguire l'analisi di problemi per la definizione di specifiche di sistema; capire se un database è progettato bene; progettare e realizzare un prototipo web con il framework open source BMF 3.x specifico per soluzioni e-health. Acquisirà nozioni di base su standard di comunicazione in sanità HL7 e nozioni di base sul trattamento dei dati sensibili. Saprà di cosa si occupa l'ICT per un'azienda sanitaria; conoscerà la complessità del modello organizzativo. Brevi cenni di management di sistemi complessi.

- METODI PER L'ANALISI DI SEGNALE MULTIDIMENSIONALI (257II)

Obiettivi Formativi

Preparare lo studente a sviluppare e interpretare i risultati dell'applicazione di alcuni metodi di analisi di segnali e immagini biomediche.

- **PROVA FINALE (264ZW)**

- **Obiettivi Formativi**

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

- **TECNOLOGIE DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (1232I)**

- **Obiettivi Formativi**

- Il corso ha l'obiettivo di introdurre le tecniche di intelligenza artificiale impiegate in ambito biomedico. Il corso combina lezioni teoriche con attività pratiche, con l'obiettivo di sviluppare competenze nell'applicazione di tecniche avanzate di AI all'ingegneria biomedica. Gli studenti lavoreranno su casi studio e progetti pratici, acquisendo esperienza diretta nella progettazione e utilizzo di sistemi intelligenti. Il corso è diviso in due moduli: "Elementi di Intelligenza Artificiale per l'Ingegneria Biomedica" e "Applicazioni avanzate di AI per l'Ingegneria Biomedica". Nel modulo "Elementi di Intelligenza Artificiale per l'Ingegneria Biomedica", verranno introdotte le principali tecniche di AI utilizzate in ambito biomedico e come queste possano essere applicate ai segnali biomedici, come ECG, EMG e EEG. Si approfondiranno inoltre tecniche avanzate come il transfer learning, essenziale per adattare modelli pre-addestrati a specifici problemi biomedici. Il modulo "Applicazioni avanzate di AI per l'Ingegneria Biomedica" sarà orientato verso l'analisi di scenari applicativi delle tecniche viste nel primo modulo. Gli studenti esploreranno come sviluppare e implementare sistemi intelligenti per applicazioni reali, inclusi sistemi di diagnosi automatica, sistemi di supporto alla decisione medica, e tecnologie, anche contactless, per il monitoraggio continuo della salute. Verranno anche affrontate tematiche relative allo sviluppo di moduli per il riconoscimento facciale, vocale e contestuale, finalizzati all'identificazione e alla comprensione delle emozioni sociali, con particolare attenzione all'integrazione di queste capacità in architetture cognitive per robot sociali. Infine, verranno trattati la progettazione e l'utilizzo dei digital twins elettrofisiologici. Attraverso laboratori pratici, gli studenti avranno l'opportunità di sviluppare progetti che integrano tutte le tecniche apprese, affrontando problematiche reali e complesse del settore biomedico.