

Percorso di Studio: comune (PDS0-2015)

CFU totali: 90, di cui 54 derivanti da AF obbligatorie e 36 da AF a scelta

1° Anno (anno accademico 2024/2025)

| Attività Formativa | CFU | SSD | Obbligatoria |
|--|-----|------------|--------------|
| 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 ANALISI STATISTICA DI SEGNALI BIOMEDICI (247II-1) MODELLI E METODI STATISTICI IN BIOINGEGNERIA (247II-2) | 12 | ING-INF/06 | 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 | ING-INF/06 | No |
| BIOINGEGNERIA DELLE RADIAZIONI (250II) Obiettivi a) Modulo "Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche" (ING-IND/20) Obiettivi: Obiettivi: Fornire agli studenti nozioni di base su fisica atomica e nucleare, sorgenti di radiazioni, interazioni tra radiazioni e materia e applicazioni in campo biomedico. b) Modulo "Radiazioni elettromagnetiche ed interazioni biologiche" (ING-INF/02) Obiettivi: : Il corso ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali sulla generazione, caratterizzazione e propagazione dei campi elettromagnetici, sulla loro interazione con i tessuti biologici, e sulle tecniche di misura. Verranno inoltre illustrati gli aspetti dosimetrici (dosimetria analitica, numerica e sperimentale), i sistemi di esposizione alle radiazioni elettromagnetiche, i metodi di schermatura, le linee guida internazionali (ICNIRP) e la normativa italiana sui limiti di esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti. Moduli RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E INTERAZIONI BIOLOGICHE (1) RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE (2) | 12 | ING-INF/06 | Si |
| INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI) | 6 | ING-INF/06 | No |

| | | | |
|---|---|------------|----|
| <p>Obiettivi</p> <p>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.</p> <p>Moduli</p> <p>DIRITTO PRIVATO COMPARATO (2) 3</p> <p>INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (1) 3</p> | | | |
| <p>Ingegneria tissutale neurale (1179I)</p> <p>Obiettivi</p> <p>"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</p> | 6 | ING-INF/06 | No |
| <p>LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTRONICI (745II)</p> <p>Obiettivi</p> <p>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.</p> | 6 | ING-INF/01 | No |
| <p>MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (273BB)</p> <p>Obiettivi</p> | 6 | FIS/03 | No |

| | | | |
|---|----------------------------|-------------------|-----------|
| <p>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.</p> | | | |
| <p>STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II)</p> <p>Obiettivi</p> <p>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.</p> <p>Moduli</p> <p>STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA II (2)</p> <p>STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA I (1)</p> | <p>6</p> <p>3</p> <p>3</p> | <p>ING-IND/06</p> | <p>No</p> |
| <p>TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II)</p> <p>Obiettivi</p> <p>Il modulo di Laboratorio di Tecnologie Biomediche ha lo scopo di abilitare lo studente nella realizzazione di prototipi elettromeccanici per applicazioni biomediche. Saranno trattati i seguenti argomenti: 1) Valutazione della classe di rischio dei dispositivi medici e degli standard di progettazione con particolare focus alla regolamentazione europea; 2) fondamenti di tecnologia meccanica applicata al settore biomedico; 3) fondamenti di modellazione CAD tramite utilizzo di software (Solidworks o Fusion 360); 4) prototipazione rapida di tipo elettronico utilizzando schede elettroniche open-source (arduino) interfacciabili con sensori e attuatori; 5) prototipazione elettromeccanica (scelta attuatori, driver e loro dimensionamento). Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0 Il modulo 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, pH-sensibili, conduttori, elettroattivi, ferrogel, fotosensibili, cromici,</p> | <p>12</p> | <p>ING-INF/06</p> | <p>Si</p> |

| | | | |
|--|---|--|--|
| 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. | | | |
| Moduli LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE (1) | 6 | | |
| MATERIALI E SISTEMI INTELLIGENTI (2) | 6 | | |

2° Anno (anno accademico 2025/2026)

| Attività Formativa | CFU | SSD | Obbligatoria |
|---|-----|----------|--------------|
| ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO (262ZW) | 3 | NN | Si |
| 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. | | | |
| PROVA FINALE (264ZW) | 15 | PROFIN_S | Si |
| 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. | | | |

Percorso di Studio: TECNOLOGIE BIOMEDICHE (1)

CFU totali: 144, di cui 108 derivanti da AF obbligatorie e 36 da AF a scelta

Sede Didattica

Università di Pisa

1° Anno (anno accademico 2024/2025)

| Attività Formativa | CFU | SSD | Obbligatoria |
|---|-----|------------|--------------|
| ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II) | 12 | ING-INF/06 | Si |
| 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 ANALISI STATISTICA DI SEGNALI BIOMEDICI (247II-1) | 6 | | |
| MODELLI E METODI STATISTICI IN BIOINGEGNERIA (247II-2) | 6 | | |
| Affective Computing (1178I) | 6 | ING-INF/06 | 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 | | | |
| BIOINGEGNERIA DELLE RADIAZIONI (250II) | 12 | ING-INF/06 | Si |
| Obiettivi a) Modulo "Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche" (ING-IND/20) Obiettivi: Fornire agli studenti nozioni di base su fisica atomica e nucleare, sorgenti di radiazioni, interazioni tra radiazioni e materia e applicazioni in campo biomedico. b) Modulo "Radiazioni elettromagnetiche ed interazioni biologiche " (ING-INF/02) Obiettivi: : Il corso ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali sulla generazione, caratterizzazione e propagazione dei campi elettromagnetici, sulla loro interazione con i tessuti biologici, e sulle tecniche di misura. Verranno inoltre illustrati gli aspetti dosimetrici (dosimetria analitica, numerica e sperimentale), i sistemi di esposizione alle radiazioni elettromagnetiche, i metodi di schermatura, le linee guida internazionali (ICNIRP)e la normativa italiana sui limiti di esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti. | | | |
| Moduli RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E INTERAZIONI BIOLOGICHE (1) | 6 | | |
| RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE (2) | 6 | | |
| INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (003NI) | 6 | ING-INF/06 | No |
| 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. | | | |
| Moduli DIRITTO PRIVATO COMPARATO (2) | 3 | | |
| INNOVAZIONE E REGOLAMENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PER LA SALUTE (1) | 3 | | |
| Ingegneria tissutale neurale (1179I) | 6 | ING-INF/06 | No |

| | | | |
|---|---|------------|----|
| <p>Obiettivi</p> <p>"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</p> | | | |
| <p>LABORATORIO DI PROGETTAZIONE DI DISPOSITIVI ELETTROMEDICALI (745II)</p> <p>Obiettivi</p> <p>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.</p> | 6 | ING-INF/01 | No |
| <p>MECCANICA APPLICATA AL SISTEMA MUSCOLO SCHELETRICO (256II)</p> <p>Obiettivi</p> <p>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</p> | 6 | ING-IND/13 | Si |
| <p>MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (273BB)</p> <p>Obiettivi</p> <p>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.</p> | 6 | FIS/03 | No |
| <p>PRINCIPI DI METODOLOGIE BIOCHEMICHE E BIOMOLECOLARI (485EE)</p> <p>Obiettivi</p> | 6 | BIO/10 | Si |

| | | | |
|---|----|------------|----|
| <p>Il corso si prefigge di fornire agli studenti un quadro teorico/pratico delle principali metodologie biochimiche e biomolecolari utilizzate per lo studio di macromolecole biologiche, quali proteine e acidi nucleici, e la loro applicazione nel campo della ricerca biochimica, biologico-molecolare e biomedica. Saranno inoltre trattate le più comuni e avanzate tecniche utilizzate nella medicina di laboratorio a scopi diagnostici.</p> | | | |
| <p>STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II)</p> <p>Obiettivi</p> <p>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.</p> <p>Moduli</p> <p>STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA II (2)</p> <p>STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA I (1)</p> | 6 | ING-IND/06 | No |
| | 3 | | |
| | 3 | | |
| <p>TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II)</p> <p>Obiettivi</p> <p>Il modulo di Laboratorio di Tecnologie Biomediche ha lo scopo di abilitare lo studente nella realizzazione di prototipi elettromeccanici per applicazioni biomediche. Saranno trattati i seguenti argomenti: 1) Valutazione della classe di rischio dei dispositivi medici e degli standard di progettazione con particolare focus alla regolamentazione europea; 2) fondamenti di tecnologia meccanica applicata al settore biomedico; 3) fondamenti di modellazione CAD tramite utilizzo di software (Solidworks o Fusion 360); 4) prototipazione rapida di tipo elettronico utilizzando schede elettroniche open-source (arduino) interfacciabili con sensori e attuatori; 5) prototipazione elettromeccanica (scelta attuatori, driver e loro dimensionamento). Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0 Il modulo 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, pH-sensibili, 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.</p> <p>Moduli</p> | 12 | ING-INF/06 | Si |

| | | | |
|--|---|--|--|
| LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE (1) | 6 | | |
| MATERIALI E SISTEMI INTELLIGENTI (2) | 6 | | |

2° Anno (anno accademico 2025/2026)

| Attività Formativa | CFU | SSD | Obbligatoria |
|---|-----|------------|--------------|
| <p>ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO (262ZW)</p> <p>Obiettivi</p> <p>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.</p> | 3 | NN | Si |
| <p>INGEGNERIA BIOMOLECOLARE E CELLULARE (255II)</p> <p>Obiettivi</p> <p>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.</p> | 6 | ING-IND/34 | Si |
| <p>PROGETTAZIONE DI MICRO E NANO SISTEMI BIOMEDICALI (719II)</p> <p>Obiettivi</p> <p>Il corso è suddiviso in due moduli "Micro e Nano Sistemi" e "Sviluppo di Modelli computazionali 3D". Il modulo di "Micro e Nano sistemi" ha lo scopo di fornire agli studenti gli strumenti metodologici e tecnici per la progettazione e la realizzazione di dispositivi dalle dimensioni micro e nanometriche utilizzando le principali tecniche di micro e nano fabbricazione. Lo studente inoltre imparerà ad usare software CAD/CAM. Il modulo di "Sviluppo di Modelli Computazionali 3D" ha lo scopo di fornire agli studenti la teoria di base e le conoscenze degli strumenti software dello stato dell'arte per consentire la sintesi di modelli 3D partendo da una serie immagini. Questi modelli 3D possono essere una sintesi di una selezione delle informazioni. Gli argomenti trattati nel corso abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti</p> <p>Moduli</p> <p>SVILUPPO DI MODELLI COMPUTAZIONALI 3D (1)</p> <p>MICRO E NANO SISTEMI (2)</p> | 12 | ING-INF/06 | Si |
| <p>PROVA FINALE (264ZW)</p> <p>Obiettivi</p> | 15 | PROFIN_S | Si |

| | | | |
|--|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| <p>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.</p> | | | |
| <p>Progettazione e simulazione di modelli human relevant (1180I)</p> <p>Obiettivi</p> <p>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 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 approssimare 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.</p> <p>Moduli</p> <p>Progettazione e simulazione di tessuti ingegnerizzati (1180I-1)</p> <p>Analisi e modelli avanzati per applicazioni in vitro (1180I-2)</p> | <p>12</p> <p>6</p> <p>6</p> | <p>ING-INF/06</p> <p>ING-INF/06</p> | <p>Si</p> <p>Si</p> |
| <p>ROBOTICA PER CHIRURGIA E PER RIABILITAZIONE (718II)</p> <p>Obiettivi</p> <p>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 computer (Computer-Assisted Robotic Surgery – CAS and Computer-Assisted Robotic Surgery – CARS), per la chirurgia eseguita mediante ultrasuoni focalizzati ad alta</p> | <p>12</p> | <p>ING-INF/06</p> | <p>Si</p> |

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).

Moduli

ROBOTICA MEDICA (2)

6

BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE (1)

6

Percorso di Studio: BIOSTRUMENTAZIONE E BIOINFORMATICA (2)

CFU totali: 144, di cui 108 derivanti da AF obbligatorie e 36 da AF a scelta

Sede Didattica

Università di Pisa

1° Anno (anno accademico 2024/2025)

| Attività Formativa | CFU | SSD | Obbligatoria |
|--|-----|------------|--------------|
| ANALISI E MODELLI DI SEGNALI BIOMEDICI (247II) | 12 | ING-INF/06 | Si |
| 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 ANALISI STATISTICA DI SEGNALI BIOMEDICI (247II-1) | 6 | | |
| MODELLI E METODI STATISTICI IN BIOINGEGNERIA (247II-2) | 6 | | |
| Affective Computing (1178I) | 6 | ING-INF/06 | 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 | | | |
| BIOINFORMATICA (688II) | 6 | ING-INF/05 | 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. | | | |
| BIOINGEGNERIA DELLE RADIAZIONI (250II) | 12 | ING-INF/06 | Si |
| Obiettivi a) Modulo "Radiazioni ionizzanti e interazioni biologiche" (ING-IND/20) Obiettivi: Obiettivi: Fornire agli studenti nozioni di base su fisica atomica e nucleare, sorgenti di radiazioni, interazioni tra radiazioni e materia e applicazioni in campo biomedico. b) Modulo "Radiazioni elettromagnetiche ed interazioni biologiche" (ING-INF/02) Obiettivi: : Il corso ha lo scopo di fornire le nozioni fondamentali sulla generazione, caratterizzazione e propagazione dei campi elettromagnetici, sulla loro interazione con i tessuti biologici, e sulle tecniche di misura. Verranno inoltre illustrati gli aspetti dosimetrici (dosimetria analitica, numerica e sperimentale), i sistemi di esposizione alle radiazioni elettromagnetiche, i metodi di schermatura, le linee guida internazionali (ICNIRP) e la normativa italiana sui limiti di esposizione della popolazione alle radiazioni non ionizzanti. | | | |
| Moduli RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE E INTERAZIONI BIOLOGICHE (1) | 6 | | |
| RADIAZIONI IONIZZANTI E INTERAZIONI BIOLOGICHE (2) | 6 | | |
| ELETTRONICA BIOMEDICA I (743II) | 6 | ING-INF/01 | Si |
| Obiettivi | | | |

| | | | |
|--|----|------------|----|
| 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) | 6 | ING-INF/01 | No |
| 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. | | | |
| MODELLIZZAZIONE BIOFISICA DEI SISTEMI COMPLESSI (273BB) | 6 | FIS/03 | No |
| 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 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. | | | |
| STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA (831II) | 6 | ING-IND/06 | No |
| 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) | 3 | | |
| STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA PER L'INGEGNERIA BIOMEDICA I (1) | 3 | | |
| TECNOLOGIE BIOMEDICHE (742II) | 12 | ING-INF/06 | Si |
| Obiettivi Il modulo di Laboratorio di Tecnologie Biomediche 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 (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 Il modulo 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, pH-sensibili, 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. | | | |
| Moduli | | | |
| LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE (1) | 6 | | |
| MATERIALI E SISTEMI INTELLIGENTI (2) | 6 | | |

2° Anno (anno accademico 2025/2026)

| Attività Formativa | CFU | SSD | Obbligatoria |
|--|-----|------------|--------------|
| ALTRE ATTIVITÀ UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO (262ZW) | 3 | NN | Si |
| 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. | | | |
| BIOIMMAGINI (248II) | 12 | ING-INF/06 | Si |
| 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 | | | |
| ELABORAZIONE DELLE BIOIMMAGINI (1) | 6 | | |
| IMMAGINI BIOMEDICHE (2) | 6 | | |
| CHIRURGIA ASSISTITA DAL CALCOLATORE E INFORMATICA MEDICA (721II) | 12 | ING-INF/06 | Si |
| 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 | | | |

| | | | |
|---|--------|------------|----|
| <p>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.</p> <p>Moduli CHIRURGIA ASSISTITA DAL CALCOLATORE (2) INFORMATICA MEDICA (1)</p> | 6 6 | | |
| <p>ELETTRONICA BIOMEDICA II (254II)</p> <p>Obiettivi</p> <p>Il corso è diviso in due moduli "Elettronica digitale per sistemi embedded biomedicali" e "Dispositivi mobili per applicazioni biomedicali". Nel primo modulo lo studente imparerà a conoscere le architetture dei sistemi embedded usati per le apparecchiature biomediche; sarà in grado di descriverne e analizzarne le architetture affrontando le problematiche applicative della programmazione e analisi dei segnali. Inoltre, lo studente verrà messo in condizione di conoscere l'informazione digitale da come viene codificata a come viene memorizzata passando dagli algoritmi di elaborazione. Nel secondo modulo lo studente sarà messo nella condizione di conoscere sia i principali metodi e algoritmi per la programmazione di sistemi mobili e sensori, sia di acquisire competenze di carattere partico per sviluppare applicazioni che implementino algoritmi di intelligenza artificiale nell'ambito biomedicale. Il corso si propone di fare acquisire competenze relative alla programmazione di sistemi mobili (quali smartphone/tablet) e di piattaforme sensoristiche. Gli argomenti trattati nel modulo abilitano lo studente ad affrontare alcune delle tematiche attinenti ad Industria 4.0</p> <p>Moduli ELETTRONICA BIOMEDICA II (1) SISTEMI EMBEDDED PER APPLICAZIONI BIOMEDICALI (2)</p> | 12 | ING-INF/06 | Si |
| <p>METODI PER L'ANALISI DI SEGNALI MULTIDIMENSIONALI (257II)</p> <p>Obiettivi</p> <p>Preparare lo studente a sviluppare e interpretare i risultati dell'applicazione di alcuni metodi di analisi di segnali e immagini biomediche.</p> | 6 | ING-INF/06 | Si |
| <p>PROVA FINALE (264ZW)</p> <p>Obiettivi</p> <p>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.</p> | 15 | PROFIN_S | Si |

