

# Automatic Control [ 2201137 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:** GABRIELE OLIVA

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Acquisire conoscenza e capacità di comprensione relativamente a strumenti metodologici per la progettazione di algoritmi di controllo moderno e multi-variabile, lo sviluppo di algoritmi distribuiti ed il controllo mediante sistemi basati su regole fuzzy.

Acquisire capacità pratica di progettazione di algoritmi di controllo ed algoritmi distribuiti, tenendo conto delle problematiche implementative legate all'uso di calcolatore o microcontrollore e fornendo strumenti per la ricostruzione dello stato a partire da informazioni limitate ed incerte. Capacità pratica di implementazione di algoritmi di controllo fuzzy.

## Prerequisiti

Elementi basilari di Teoria del Controllo (Fondamenti di Automatica)

## Contenuti del corso

Il corso è impartito esclusivamente in lingua inglese ed è articolato in 4 unità concettuali, riportate di seguito.

1) Il controllo nello spazio di stato (30%)

Sistemi di equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti. Rappresentazione ed analisi dei sistemi mediante spazio di stato. Discretizzazione di un sistema tempo continuo

Il controllo tramite reazione dallo stato.

Controllabilità.

Assegnazione della dinamica con reazione statica dallo stato.

Tecniche di controllo ottimo: problemi di ottimo, principio del massimo (Pontryagin), controllo ottimo lineare quadratico, l'equazione di Riccati. Implementazione di algoritmi di controllo con reazione dallo stato tramite calcolatore e/o microcontrollore.

2) Filtraggio e ricostruzione dello stato (30%)

Retroazione dinamica dall'uscita.

Osservabilità.

Ricostruzione dello stato tramite osservatore di Luenberger. Problemi di Filtraggio e Ricostruzione dello stato.

Filtro di Kalman.

Filtro di Kalman Esteso.

Implementazione di algoritmi di stima e di controllo tramite calcolatore e/o microcontrollore.

3) Sistemi Distribuiti (25%)

Introduzione ai sistemi distribuiti ed ai grafi

Algoritmi di consenso distribuito

Algoritmi di formation control

Algoritmi asincroni distribuiti basati sul protocollo Gossip

Implementazione di algoritmi distribuiti tramite computer e/o microcontrollore.

4) Controllo fuzzy (15%)

Introduzione alle tecniche di soft-computing ed applicazione al controllo. Elementi di Logica fuzzy.

Sistemi Esperti Fuzzy: Motori inferenziali, regole, Sistemi Mamdani e TakagiSugeno-Kang.

Controllori Fuzzy: l'anello di controllo e i sistemi fuzzy, metodi di fuzzyficazione e di defuzzyficazione.

Implementazione di algoritmi di controllo fuzzy mediante calcolatore e/o microcontrollore.

## Metodi didattici

Lezioni frontali (60%). Esercitazioni alla lavagna, con il calcolatore e con microcontrollori Intel Galileo Gen 2, Arduino o simili (40%).

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

La conoscenza e capacità di comprensione sono valutate mediante una presentazione che illustri il progetto ed un colloquio orale.

La conoscenza e capacità di comprensione applicate è valutata mediante lo sviluppo di un progetto da svolgere in

piccoli gruppi (2-4 studenti). Il progetto riguarda l'implementazione di algoritmi di controllo in Matlab e/o su microcontrollore (Intel Galileo Gen 2, Arduino o simili). Tale progetto può essere assegnato direttamente dal docente, ma gli studenti sono invitati a proporre un progetto originale al docente, il quale si riserva di effettuare una verifica di fattibilità e congruità dello stesso

L'autonomia di giudizio è valutata in base alle scelte progettuali, relativamente al progetto sviluppato, e in base al colloquio orale, durante il quale può essere sottoposto ai candidati un problema risolvibile in diversi modi.

Le abilità comunicative sono valutate sulla base dell'esposizione del progetto e sulla base del colloquio orale, durante il quale verrà valutata la capacità dei candidati di argomentare e comunicare effettivamente circa gli argomenti del corso.

La capacità di apprendere verrà valutata sulla base del colloquio orale, che prevederà domande che richiedano non solo la capacità di pensiero critico, ma anche la conoscenza delle tecniche di analisi e controllo proprie della teoria dei sistemi.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Il voto è composto per il 20% dalla valutazione del progetto e per l'80% dalla valutazione del colloquio orale. Il colloquio orale si struttura in due-tre domande teoriche (es., dimostrazioni o presentazione di schemi di controllo) o pratiche (es. esercizi).

A discrezione della commissione, l'ultima domanda può essere caratterizzata da un elevato livello di difficoltà e, sulla base della risposta, può essere attribuita la lode.

### Testi di riferimento

Dispense fornite dal docente

Thomas Kailath, Linear Systems, Prentice-Hall, 1980.

Bonivento Melchiorri Zanasi, Sistemi di controllo digitale, Progetto Leonardo, 1995

Bibliografia aggiuntiva:

Passino, Kevin M., Stephen Yurkovich, and Michael Reinfrank. Fuzzy control. Vol. 42. Menlo Park, CA: Addison-wesley, 1998.

Franklin, Powell, Workman, Digital Control of Dynamic Systems, Addison-Wesley, 1998.

R. Setola, Tecniche di controllo a reazione di stato, dispense, 1997.

G. Marro, Controlli Automatici, Zanichelli, 2004.

Luenberger, Introduction to Dynamic Systems, John Wiley & Sons, 1979. Bolzern, Scattolini, Schiavoni, Fondamenti di controlli automatici, McGrawHill, 2004.

### Altre informazioni

Il corso mira a fornire le seguenti competenze.

1) Conoscenza e capacità di comprensione:

Strumenti metodologici per la progettazione di algoritmi di controllo moderno e multi-variabile, lo sviluppo di algoritmi distribuiti ed il controllo mediante sistemi basati su regole fuzzy.

2) Conoscenza e capacità di comprensione applicate:

Capacità pratica di progettazione di algoritmi di controllo ed algoritmi distribuiti, tenendo conto delle problematiche implementative legate all'uso di calcolatore o microcontrollore e fornendo strumenti per la ricostruzione dello stato a partire da informazioni limitate ed incerte. Capacità pratica di implementazione di algoritmi di controllo fuzzy.

3) Autonomia di giudizio: Capacità di giudicare la strategia più adatta tra quelle presentate a lezione per risolvere problemi complessi quali l'analisi e il controllo di sistemi dinamici.

4) Abilità comunicative: Capacità di comunicare e relazionarsi con il docente ed i colleghi con riferimento ad una tematica complessa quale la teoria del controllo. Capacità di formulare domande e di fornire risposte in lingua inglese.

5) Capacità di apprendere: Lo studente sarà guidato nell'apprendimento attraverso una metodologia di studio finalizzata a rendere produttiva la frequenza dello stesso a lezioni ed esercitazioni. Questo verrà ottenuto dai docenti attraverso la partecipazione e il coinvolgimento attivo degli studenti durante le lezioni, dovendo questi cimentarsi durante il corso nella risoluzione di problemi con difficoltà crescente.

**L'attività didattica è offerta in:**

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Sistemi di eHealth	6	ING-INF/04

Stampa del 13/10/2023

# Automazione e Sicurezza di Ambienti di Lavoro [ 2201229 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** ROBERTO SETOLA

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso ha l'obiettivo di illustrare come impiegare soluzioni automatizzate per migliorare il comfort e la sicurezza degli ambienti di lavoro in un contesto di Safety 4.0. Nell'ambito del corso verranno illustrate le metodologie per il monitoraggio dell'ambiente di lavoro e dello stato di benessere del lavoratore. Il corso si caratterizza per un approccio integrato " Cyber-Physical Human Systems " dove la componente fisica e quella informatica vengono progettate unitariamente e tenendo conto della centralità dell'operatore umano. Una speciale attenzione verrà posta alle soluzioni innovative basate sull'utilizzo di smart-device e l'integrazione di semplici sensori all'interno di tali soluzioni

## Prerequisiti

Nessuno

## Contenuti del corso

I parte (14 ore): Elementi di analisi e gestione del rischio in ambienti di lavoro, modelli di organizzazione e di gestione della sicurezza, misure di sicurezza.

II parte (20 ore): Sistemi di monitoraggio dello stato di benessere del lavoratore, sistemi di riconoscimento delle attività, tecnologie IoT/IIoT a supporto della sicurezza degli operatori in ambienti complessi, metodologie e soluzioni tecnologiche per il monitoraggio delle attività e il tracciamento dei lavoratori indoor ed outdoor.

III parte (14 ore): Sistemi di monitoraggio industriali: PLC e SCADA. Sistemi per il monitoraggio degli impianti, osservatore e Filtro di Kalman, Digital Twin. Elementi di data fusion e situation awareness, Tecniche di fault detection.

## Metodi didattici

Lezioni frontali anche con presentazioni elettroniche (50% delle attività); Esercitazioni progettuali che coinvolgono gli studenti (40% delle attività); Seminari svolti da esperti industriali (10% delle attività);

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

L'accertamento dell'apprendimento si basa su una procedura che prevede 2 fasi:

1. Esposizione e discussione dell'elaborato progettuale risultato dal lavoro di gruppo. In questa fase verranno valutate anche la chiarezza di esposizione, la capacità comunicativa e la pertinenza delle risposte alle domande teoriche e la capacità di apprendimento. Lo sviluppo della soluzione progettuale incoraggia l'utilizzo e l'approfondimento delle competenze tecnologiche e metodologiche apprese durante il corso e riguarderà un argomento relativo al monitoraggio delle attività svolte da un lavoratore.
2. Un colloquio orale volto a verificare la comprensione da parte dello studente dei fondamenti teorici alla base delle diverse scelte progettuali e la capacità critica nella valutazione dei rischi e delle eventuali problematiche legate all'utilizzo di specifiche soluzioni tecnologiche. A tal fine ciascun membro della commissione di esame chiederà allo studente di illustrare un aspetto connesso con gli argomenti presentati durante il corso.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Per la valutazione finale si effettuerà una media ponderata fra la valutazione dell'elaborato progettuale (peso 70%) e la prova orale (peso 30%). La lode è assegnata dalla commissione a quei candidati che raggiungono il punteggio massimo e che abbiano dimostrato nell'ambito dello svolgimento dell'elaborato progettuale ovvero durante la prova

orale una particolare e dettagliata conoscenza e comprensione di argomenti del corso.

## Testi di riferimento

- Materiale fornito dal docente
- P. Chiacchio, F. Basile, "Tecnologie informatiche per l'automazione", McGraw-Hill, 2004.
- P. Cerrani, "Guida essenziale alla sicurezza di macchine e impianti", Tecniche Nuove; 1 edizione
- E. Koç, "Internet of Things Applications for Enterprise Productivity", Business Science Reference

## Altre informazioni

- Conoscenza e capacità di comprensione:

Conoscenza e comprensione dei potenziali rischi e pericoli per la sicurezza dei lavoratori sui luoghi di lavoro e delle principali metodiche e soluzioni automatizzate che possono contribuire a ridurre tali pericoli e ad aumentare il benessere di chi lavora.

- Conoscenza e capacità di comprensione applicate

Capacità di progettare e implementare semplici soluzioni di monitoraggio in grado di ridurre il rischio di incidenti in ambienti lavorativi.

- Autonomia di giudizio

Capacità di stimare rischi e pericoli sui luoghi di lavoro. Sviluppo di capacità di analisi critica rispetto alle problematiche di sicurezza.

- Abilità comunicative

Il corso favorisce lo sviluppo della capacità del discente lavorare in team attraverso lo svolgimento di un lavoro di gruppo mirato alla progettazione di una semplice soluzione di monitoraggio, impiegabile in scenari lavorativi reali. Sviluppo delle capacità di comunicazione, sintesi e chiarezza espositiva tramite l'elaborazione di una presentazione finale mirata all'esposizione del lavoro svolto.

- Capacità di apprendere

Il corso mira a sviluppare nei discenti capacità di learning on-doing ponendoli di fronte a ed esercitazioni pratiche con difficoltà crescente che necessitano uno sforzo creativo oltre che la conoscenza degli elementi teorici illustrati nella parte teoretica del corso.

## L'attività didattica è offerta in:

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Biorobotica e Ergonomia6		ING-INF/04

Stampa del 13/10/2023

# Biodesign [ 2201236 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:** FABRIZIO TAFFONI

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso di Biodesign mira a rendere lo studente in grado di: (i) analizzare criticamente un problema per derivarne specifiche progettuali dei domini componenti; (ii) generare concept di possibili soluzioni per valutarne la migliore; (iii) produrre reportistica tecnica che documenti la soluzione progettuale scelta; (iv) lavorare in gruppo a un problema complesso con vincoli di tempo e di budget.

Accanto alle conoscenze teoriche lo studente maturerà competenze pratica relative all'uso di strumenti software di CAD elettronico e meccanico.

## Prerequisiti

Conoscenza delle principali caratteristiche e componenti dei dispositivi mecatronici per applicazioni biomedicali  
Conoscenza delle principali tecniche di progettazione di dispositivi mecatronici e delle principali tecnologie di fabbricazione degli stessi

Linguaggio di programmazione C (livello elementare)

Livello minimo di Inglese B1

## Contenuti del corso

Il corso sarà organizzato in 3 PARTI:

PARTE 1 (2 CFU). Introduzione alla progettazione ingegneristica, presentazione del problema, definizione dei requisiti e delle specifiche del sistema; richiami di teoria

a) Definizione di progettazione in campo ingegneristico.

b) Presentazione del problema e definizione delle specifiche funzionali

c) Richiami di elettronica e di teoria dei segnali: condizionamento ed acquisizione del segnale

PARTE 2 (2 CFU). Presentazione degli strumenti di sviluppo (elettronico, meccanico) e integrazione software (programmazione modulare)

a) CAD Eagle e progettazione di semplici schede elettroniche per il condizionamento del segnale e produzione documentazione

b) CAD Onshape e introduzione alla simulazione statica e produzione documentazione.

c) Programmazione modulare di sistemi embedded: gestione e creazione librerie per il controllo di basso livello, organizzazione del codice e produzione documentazione

PARTE 3 (2 CFU). Sviluppo e simulazione del prototipo con preparazione della relazione finale.

a) Progettazione e simulazione del modulo meccanico

b) Progettazione e simulazione del modulo elettrico

c) Integrazione software.

d) Produzione report

## Metodi didattici

Il corso di Biodesign è un corso pratico di progettazione ispirato al principio del learning by doing.

I ragazzi verranno suddivisi in gruppi (max 8 persone). Verrà assegnato un problema progettuale di cui si identificheranno le specifiche funzionali e tecniche relative e suggerendo ai gruppi le modalità di lavoro da seguire.

L'attività didattica verrà svolta in aula (32 ore), in laboratorio didattico e in laboratorio di informatica (16 ore) sotto la supervisione del docente e del tutor. Il lavoro in aula sarà così ripartito: lezioni frontali (20 ore), esercitazioni (6 ore), predisposizione di reportistica tecnica (6 ore). Il lavoro in laboratorio sarà focalizzato su esercitazioni di gruppo

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità relative alle nozioni di base del corso vengono verificate mediante un esame che si compone di una prova individuale ed una teorico/progettuale di gruppo.

La prova individuale ha l'obiettivo di verificare quanto lo studente sia in grado di definire specifiche funzionali e tecniche, definire un progetto di massima, identificare ed usare gli strumenti più adatti per la sua realizzazione. La prova consta di una attività pratica di laboratorio e di un orale.

La prova teorico/progettuale di gruppo consiste nella redazione di un report tecnico relativo alla progettazione di una soluzione tecnica ad un problema inerente il settore biomedicale ed in una presentazione.

## Testi di riferimento

Dispense e manuali forniti dal docente.

## Altre informazioni

Alla fine del corso gli studenti avranno maturato i seguenti obiettivi specifici:

Conoscenza e capacità di comprensione: conoscenza e comprensione dei principali domini applicativi in cui può essere scomposto un problema tecnico (meccanico, elettronico ed informatico) per organizzare il lavoro di progettazione in task elementari da affrontare secondo i principi della concurrent engineering.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate: capacità di identificare variabili e parametri progettuali di un problema espresso in termini generici per definire le specifiche funzionali e tecniche dei sotto-domini componenti: meccanico, elettronico ed informatico. Capacità di identificare e selezionare componentistica elettronica e meccanica dai principali motori di ricerca tecnica. Capacità di redigere una Bill of Material (BoM).

Autonomia di giudizio: lo studente apprenderà un metodo per formulare una decisione progettuale sulla base di informazioni limitate o incomplete

Abilità comunicative: lo studente apprenderà a comunicare in modo chiaro e privo di ambiguità le sue scelte progettuali, nonché le conoscenze e la ratio ad esse sottese, a interlocutori specialisti e non specialisti;

Capacità di apprendere: Lo studente apprenderà come leggere in maniera critica un datasheet per selezionare in autonomia componenti meccanici ed elettronici utili alla soluzione del problema posto

## L'attività didattica è offerta in:

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	6	ING-IND/34

Stampa del 13/10/2023

# Bioingegneria della riabilitazione [ 2201203 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** EUGENIO GUGLIELMELLI

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso si propone di fornire allo studente le seguenti conoscenze nell'ambito della Bioingegneria della Riabilitazione:

- Principali classificazioni, metodi, strumenti e tecnologie per la valutazione delle menomazioni e conseguenti limitazioni nello svolgimento di attività della vita quotidiana e restrizioni nella partecipazione alla vita sociale;
- Principali metodologie per la modellazione della componente umana e per la allocazione funzionale in relazione alla cooperazione e interazione uomo-tecnologia per l'uso di ausili tecnologici;
- Principali soluzioni tecnologiche per la riabilitazione assistita e per il supporto al reinserimento sociale e lavorativo e alla vita indipendente.

## Prerequisiti

Nessuna.

Esami consigliati: Meccatronica per i Sistemi Biomedicali, Robotica Industriale e Medica.

## Contenuti del corso

- Cenni sugli aspetti clinici legati alla riabilitazione ed agli ausili (0.5 CFU)
- Fattori umani per la bioingegneria della riabilitazione e dell'assistenza (0.5 CFU)
- Introduzione al percorso riabilitativo: caratteristiche generali, fasi del trattamento, principi di valutazione dell'outcome riabilitativo ed analisi dei fattori che ne influenzano l'esito (0.5 CFU)
- Tecnologie per la riabilitazione robot-mediata: caratteristiche generali, definizioni, stato dell'arte, interazione uomo-macchina, casi studio (1 CFU)
- Ausili e tecnologie per l'assistenza personale: caratteristiche generali, definizioni, stato dell'arte, casi studio (1 CFU)
- Modelli per l'interazione tra ausilio, utente, attività e contesto (1 CFU)
- Interfacce di controllo per tecnologie per l'assistenza personale (1 CFU)
- Interfacce per ausili: caratteristiche generali, criteri di selezione dell'interfaccia, rassegna delle tipologie principali (0.5 CFU)

## Metodi didattici

Lezioni frontali (4.5 CFU), in cui vengono presentati gli argomenti del corso.

Esercitazioni (1 CFU) che mostrano l'applicazione degli argomenti trattati a problemi specifici.

Seminari (0.5 CFU) a cura di esperti del settore provenienti dal mondo accademico e/o industriale.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

L'esame è composto da una prova orale.

La prova orale è sia a stimolo chiuso che a stimolo aperto e con risposta aperta.

Durante la prova orale i docenti faranno tre domande volte ad accertare la conoscenza da parte dello studente degli argomenti trattati durante le lezioni e le esercitazioni.

Le tre domande sono valutate con uguale peso (11 punti).

È prevista una durata massima della prova di 45 minuti.

L'esame è superato se il candidato raggiunge almeno una valutazione di 18/30. La lode viene concessa agli studenti che abbiano risposto correttamente a tutte le domande poste dai docenti e conseguendo quindi una valutazione finale superiore a 30/30.

## Testi di riferimento

- A.M. Cook, S.M. Hussey – Assistive technologies: principles and practices, Elsevier, 2015 (4th edition). Capitoli: 1-2-3-6-7.
- Xie, Shane. "Advanced robotics for medical rehabilitation." Springer tracts in advanced robotics 108.1 (2016). Capitoli: 1, 2, 4 – 7.
- A. Cappello, A. Cappelletto, P. E. Prampero – Bioingegneria della postura e del movimento, Pàtron, 2003
- D. Bonaiuti "Le scale di misura in riabilitazione", Seu editore, 2011. Capitolo: "Le scale di valutazione in riabilitazione."

- R. Cooper, H. Ohnabe, D.A. Hobson (Ed.s), An Introduction to Rehabilitation Engineering, CRC Press, 2007.
  - der Loos, V., Machiel, H. F., Reinkensmeyer, D. J., & Guglielmelli, E. (2016). Rehabilitation and health care robotics. In Springer handbook of robotics (pp. 1685-1728). Springer, Cham.
  - Copia delle presentazioni usate nelle lezioni frontali, articoli scientifici e dispense forniti dal docente. Tali materiali saranno condivisi nella pagina del corso sulla piattaforma UCBM di e-Learning.
- Articoli scientifici di approfondimento di temi e/o casi studio forniti dai docenti e dai tutor.  
I materiali saranno condivisi nella pagina del corso sulla piattaforma UCBM di e-Learning.

### **Altre informazioni**

Conoscenza e capacità di comprensione

- Metodi e strumenti per la progettazione biomeccatronica e centrata sulla persona di strumenti tecnologici che la bioingegneria può offrire durante il percorso riabilitativo moderno per il massimo recupero alla vita sociale e lavorativa di un paziente con esiti di patologie potenzialmente invalidanti
- Stato dell'arte e casi di studio su tecnologie, sistemi e macchine per la terapia riabilitativa assistita e per l'assistenza alla vita indipendente.

Capacità di applicare conoscenze e comprensione

- Saper utilizzare alcuni strumenti operativi per la modellazione e la valutazione delle prestazioni umane e per l'allocazione dei rispettivi ruoli nella cooperazione e interazione uomo/tecnologia
- Saper usare strumenti tecnologici forniti dalla bioingegneria per il pieno recupero della vita sociale e lavorativa di pazienti con patologie che riducono le abilità umane.
- Saper analizzare criticamente e comprendere il funzionamento e il rationale della progettazione, sviluppo e applicazione di strumenti tecnologici avanzati per l'assistenza alla persona durante le principali fasi del percorso riabilitativo, quali: la valutazione delle prestazioni funzionali, la terapia clinica per il recupero funzionale e la terapia occupazionale per il reinserimento sociale e lavorativo

Autonomia di giudizio

Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di esempi applicativi delle tematiche trattate in aula.

Capacità di apprendere

Lo studente sarà coinvolto in maniera attiva durante le lezioni frontali e le esercitazioni. Saranno affrontati esempi applicativi nell'ambito della Bioingegneria della Riabilitazione per stimolare l'approfondimento dei temi teorici affrontati a lezione. Durante le esercitazioni saranno trattati esempi per mostrare l'applicazione dei concetti appresi a problemi specifici.

Abilità comunicative

Nell'ambito dell'insegnamento particolare attenzione sarà dedicata allo sviluppo delle abilità comunicative con il coinvolgimento attivo degli studenti durante le ore di lezione frontale e di esercitazione.

**L'attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	6	ING-IND/34

*Stampa del 13/10/2023*



# Bioingegneria e Biomeccanica del Movimento Umano [ 2201231 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** FRANCESCA CORDELLA

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso si propone di introdurre al settore della Bioingegneria e della Biomeccanica del Movimento Umano, con particolare riferimento al distretto della mano. Si forniranno allo studente: i) solide conoscenze teoriche sull'analisi cinematica, sullo studio delle forze di interazione, sui metodi di stima della posa, sulle tecniche di apprendimento per lo studio della biomeccanica umana; ii) basi pratiche per l'analisi della biomeccanica del movimento. Gli argomenti teorici saranno quindi affiancati da attività sperimentali che avranno l'obiettivo di applicare gli aspetti teorici a casi pratici.

## Prerequisiti

Nessuno

## Contenuti del corso

Introduzione (4 ore):

- Introduzione alla bioingegneria
- Introduzione alla biomeccanica del movimento umano

Sistemi e tecniche per l'analisi del movimento (20 ore)

- I sistemi di visione (sistemi optoelettronici e telecamere RGB-D)
- Il processo di calibrazione
- Metodi di stima della posa e tecniche di ottimizzazione (filtri di Kalman, funzionali di costo)
- Tecniche di apprendimento per lo studio della biomeccanica umana

Valutazione motoria della mano umana (14 ore)

- La mano umana
- Anatomia e proprietà funzionali
- Modelli biomeccanici della mano umana
- Centri e assi di rotazione
- Indici di performance

Controllo sensori-motorio (10 ore)

- Teorie sul controllo e l'apprendimento motorio
- Problema della ridondanza
- Sinergie cinematiche

## Metodi didattici

Lezioni frontali (38 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso.

Lezioni pratiche in laboratorio (10 ore) per l'impiego degli strumenti teorico-applicativi analizzati (MATLAB).

Progetti di gruppo nei quali gli studenti metteranno in pratica gli insegnamenti appresi durante le lezioni frontali e le lezioni pratiche in laboratorio. I gruppi saranno composti da 5-6 studenti e dovranno occuparsi dell'integrazione dei moduli presentati durante il corso.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità relative alle tematiche del corso sono verificate con le seguenti modalità:

- a) prova orale su argomenti trattati durante il corso. La verifica sarà basata sulla presentazione tramite slide del lavoro sperimentale svolto e sulla risposta a quesiti posti su argomenti teorici e pratici della bioingegneria, della biomeccanica del movimento e delle metodiche di analisi e modellazione.
- b) presentazione di progetti che prevedono l'integrazione dei moduli presentati durante il corso. Si verificherà la capacità degli studenti di applicare ad un caso pratico i metodi propri dell'analisi del movimento effettuata con sistemi di visione artificiale.

La valutazione finale dello studente verrà attribuita tramite una media pesata dei voti del progetto e della presentazione dell'attività sperimentale (25%) e del colloquio orale (75%). La lode viene attribuita agli studenti che abbiano conseguito il punteggio massimo su tutte le prove (progetto e colloquio) con un punteggio finale superiore a 30/30.

Tutti i progetti verranno presentati e discussi alla fine del corso o comunque prima del primo appello d'esame. In

sede di discussione dei progetti verranno poste domande specifiche a ciascuno studente per valutare l'apporto individuale al lavoro complessivo.

### Testi di riferimento

- Dispense messe a disposizione dal docente
- Nowak, D., & Hermsdörfer, J. (Eds.). (2009). *Sensorimotor Control of Grasping: Physiology and Pathophysiology*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511581267

### Altre informazioni

Conoscenza e capacità di comprensione

- Principi alla base della bioingegneria e della biomeccanica del movimento, delle metodiche di analisi e modellazione
- Strumenti software di ausilio all'analisi biomeccanica.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate

- Capacità di applicare metodi e strumenti di meccanica, intelligenza artificiale, visione, teoria dei sistemi all'analisi del movimento umano.
- Capacità di utilizzare gli strumenti software di analisi del movimento umano.

Autonomia di giudizio

Lo studente sarà stimolato allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche nella comprensione dei concetti teorici e nella valutazione dei risultati nell'ambito delle attività sperimentali svolte durante l'intero corso.

Abilità comunicative

Si porterà lo studente a sviluppare abilità relative alla sfera comunicativa e delle soft-skill necessarie a lavorare in team. Tale obiettivo sarà perseguito: i) cercando di promuovere il coinvolgimento proattivo degli studenti durante le ore di didattica frontale, ii) attraverso la conduzione di attività di gruppo tese allo svolgimento di attività progettuali; iii) tramite report delle attività sperimentali (attraverso slide e brevi presentazioni di gruppo).

Capacità di apprendere

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni (con riferimento sia ad argomenti teorici che ad esercitazioni) e consenta una partecipazione attiva alle stesse. Il corso, tramite le attività sperimentali, stimola il trasferimento dei concetti appresi ad ambiti pratici specifici, per consentire lo sviluppo della capacità di applicare e contestualizzare metodi e nozioni.

**L'attività didattica è offerta in:**

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Biorobotica e Ergonomia	6	ING-IND/34

*Stampa del 13/10/2023*

# **Biomateriali per Impianti Protetici [ 2201222 ]**

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** ALBERTO RAINER

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## **Obiettivi formativi**

Il corso fornirà gli elementi necessari alla comprensione dei fondamenti teorico-scientifici delle proprietà e delle caratteristiche dei materiali destinati a venire a contatto, e a interagire, con i tessuti dell'organismo ospite. Obiettivo del corso è di fornire una panoramica dei principali biomateriali e della loro applicazione in differenti dispositivi impiantabili.

## **Prerequisiti**

Conoscenze di base nell'ambito della chimica e della scienza dei materiali sono considerate molto utili.

## **Contenuti del corso**

Aspetti generali (10h): scienza dei biomateriali: definizione, applicazioni, sviluppi. Biocompatibilità: requisiti dei biomateriali, interazioni biomateriale-cellula, processi di integrazione e di fallimento, impianti ed infezione.

Biomateriali e proprietà (18h): proprietà meccaniche, elettriche, ottiche, termiche e di superficie. Biomateriali: metalli, ceramici, polimeri, materiali di origine naturale. Struttura, caratteristiche, processi di fabbricazione, materiali biodegradabili e bioattivi. Tessuti biologici: loro funzione biomeccanica.

Dispositivi biomedici (20h): Protesi ortopediche, vascolari, valvole cardiache, impianti per la chirurgia plastica e ricostruttiva.

## **Metodi didattici**

Lezioni frontali (40h) che introducono gli argomenti del corso, corredate da "case study" (8h) per l'applicazione dei contenuti a specifici problemi di progettazione, quali ad esempio le protesi ortopediche, vascolari, valvolari, etc. Le lezioni frontali sono integrate da seminari svolti da professionisti aziendali operanti nell'ambito degli impianti protesici.

## **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

L'apprendimento sarà valutato mediante una prova scritta della durata di due ore con 3 domande risposta aperta.

La prova scritta mira ad accertare:

1. Conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
2. Capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni (anche originali) a problemi inerenti l'impiego dei biomateriali per la realizzazione di impianti protesici.
3. Abilità comunicative nella descrizione formale degli argomenti del corso, esprimendo chiaramente e senza ambiguità le proprie conclusioni, e le conoscenze e le considerazioni che le sottendono, a interlocutori specialisti e non specialisti
4. autonomia di giudizio nella scelta dei biomateriali per la progettazione di impianti protesici.
5. la capacità di impegnarsi in modo autonomo nell'apprendimento permanente.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

A ciascuna domanda della prova scritta sarà attribuito un punteggio da 0 a 10 punti. Per superare l'esame con un voto prossimo a 18/30, lo studente deve dimostrare di aver acquisito una conoscenza sufficiente dei principali biomateriali e di essere in grado di descriverne l'applicazione nelle principali categorie di dispositivi impiantabili.

Per conseguire un punteggio pari o superiore a 27/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccoriarli in modo logico e coerente. La lode sarà riservata agli elaborati che, oltre ad aver ottenuto il punteggio massimo in tutte le domande, dimostreranno una eccellente capacità espositiva e saranno corredate da grafici e schemi a supporto delle risposte.

## **Testi di riferimento**

- Riccardo Pietrabissa. Biomateriali per protesi e organi artificiali. Patron Editore
  - Dispense distribuite dal docente e pubblicazioni scientifiche, disponibili sul sito <http://elearning.unicampus.it>
- Per ciascun argomento del programma, sarà anche fornito un elenco di testi consigliati per un approfondimento individuale da parte degli studenti.

## **Altre informazioni**

Conoscenza e capacità di comprensione:

- Conoscenza delle proprietà fondamentali dei materiali per la loro applicazione in ambito biomedico.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate:

- Capacità di effettuare l'analisi dei requisiti e la progettazione di massima di dispositivi impiantabili basati su biomateriali

Autonomia di giudizio:

- Capacità di effettuare in modo autonomo la scelta dei materiali per specifici impieghi in campo biomedico.

Abilità comunicative:

- Capacità di dialogare con professionisti del settore utilizzando un lessico specifico

Capacità di apprendere:

- Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo fruendo della letteratura scientifica di settore.

**L'attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	6	ING-IND/34

*Stampa del 13/10/2023*

# Biomedical Research and Innovation Management and Assessment [ 2201145 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:** LEANDRO PECCHIA

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Fornire allo studente le conoscenze di base riguardanti:

- il processo di ricerca e sviluppo di un nuovo prodotto, con particolare riferimento al settore biomedicale;
- l'innovazione tecnologica, con particolare riferimento al settore biomedicale;
- la pianificazione e la gestione dei progetti di ricerca;
- la protezione della proprietà intellettuale;
- le procedure di sperimentazione clinica e di marcatura CE di una nuova tecnologia in ambito biomedicale.

## Prerequisiti

Nessuna

## Contenuti del corso

Parte 1: Generazione di evidenza in medicina, economia sanitaria, valutazione pre-mercato delle tecnologie sanitarie

(16 ore: 12 ore di lezione frontale + 4 di laboratorio)

Generazione di evidenza, studi clinici, la piramide dell'evidenza, metanalisi, analisi costo-efficacia e soglie di riferimento per il rimborso di dispositivi medici, valutazione pre-mercato delle tecnologie sanitarie (eHTA). Laboratori pratici di economia sanitaria, eHTA e metanalisi.

Part 2: Health Technology Management (HTM)

(4 ore: 3 di lezione frontale + 1 ora case study)

Ciclo-vita dei dispositivi medici; contributo degli ingegneri biomedici e clinici al ciclo di vita dei dispositivi medici; Introduzione alla guida dell'OMS su come organizzare un sistema di gestione delle tecnologie sanitarie. Requisiti minimi per gli ambienti medici: strutturali, organizzativi e tecnologici. Definizione delle priorità di ricerca, innovazione e di politica sanitaria dell'OMS: il caso del COVID19.

Parte 3: Riferimenti legali per la ricerca e l'innovazione in ambito biomedico.

(10 ore: 6 di lezione frontale + 4 esercitazione con flipped calssroom)

Definizioni secondo l'OMS, la Commissione Europea e la Food and Drug Administration (FDA) statunitense; Regolamento medico europeo sui dispositivi medici e diagnostici in vitro (EU 2017/745 e 2017/746); Regolamento Europeo per i dispositivi di protezione individuale (DPI) (EU 2016/425); norme unificate per dispositivi medici e DPI. Impatto delle normative unificate sui dispositivi medici e sui DPI nei paesi a basso reddito o durante eventi catastrofici (e.g., pandemie); Regolamenti Europei sui dispositivi medici ed AI; Regolamenti Europei in materia di protezione dei dati (e.g., GDPR); Regolamenti Europei in materia di Etica e Ricerca (cenni).

Parte 4: Progettazione in ambito biomedicale e gli obiettivi per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite

(10 ore: 6 di lezione frontale + 4 esercitazione con flipped calssroom)

Metodi e strumenti per la progettazione; principi di progettazione responsabile; metodi per l'elicitazione di bisogni; predisposizione di una fascicolo tecnico per la certificazione; sicurezza e usabilità; il ruolo delle norme armonizzate per la progettazione di dispositivi medici e DPI; progettazione dispositivi medici basati sull'intelligenza artificiale; progettazione di soluzioni digitali per la salute ed il benessere (esempi).

Parte 5: Innovazione e gestione della ricerca

(8 ore: 4 di lezione frontale + 4 di seminari con esperti internazionali)

Project Management; Gantt Chart; TRL; Business Model Canvas; Business plan; impact ed impact assesment; predisposizione di un proposal per la ricerca finanziata; intellectual property rigth (IPR)

## Metodi didattici

Lezioni frontali e casi di studio (4 CFU = 32 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso. Esercitazioni, seminari di esperti del settore, e tutorati (2 CFU = 16 ore) che mostrano l'applicazione degli argomenti trattati a problemi specifici e casi di studio.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

Il voto finale, espresso in trentesimi, è ottenuto come media ponderata della valutazione di:

- 1) progetto (50% del voto finale)
- 2) presentazioni individuali e di gruppo durante le flipped classroom (20% del voto finale)
- 3) esame orale (30% del voto finale)

L'esame verrà superato con successo solo se il voto finale risulta superiore o uguale a 18/30 in ognuna delle tre componenti. L'attribuzione della lode è a discrezione della commissione.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Le conoscenze e le competenze relative all'applicazione di metodi e strumenti saranno valutate con progetti, presentazioni individuali e di gruppo. Altre conoscenze potranno essere verificate attraverso una prova orale, durante la quale sarà richiesto agli studenti di discutere la comprensione, la capacità di applicare i metodi e gli strumenti introdotti durante il modulo e sarà verificata la capacità di valutare criticamente e di selezionare i metodi e gli strumenti più appropriati per le diverse tematiche affrontate durante il corso.

## Testi di riferimento

Testi di riferimento:

- Slide, dispense e materiali didattici e dispense fornite dal docente e rese disponibili direttamente sulla piattaforma e-learning UCBM.

Testi di approfondimento:

1. L. Pecchia, Health technology assessment in E. Iadanza." Clinical Engineering Handbook. Academic Press, 2020. 787-836.
2. Castaldo, R., C. Federici, and L. Pecchia, Early-stage healthcare technology assessment, in Clinical Engineering Handbook. 2020, Academic Press. p. 799-806.
3. Pecchia L, Piaggio D, Evidence generation in medicine, in Clinical Engineering Handbook. 2020, Academic Press. p. 818-820.
4. Pecchia, et al., Health technology assessment teaching for BME, in Clinical Engineering Handbook. 2020, Elsevier. p. 832-835.
5. L. Pecchia, D. Piaggio, R. Castaldo, L. Radice, N. Pallikarakis (2018), "Medical device regulation and assessment: new challenges for biomedical engineers", Patron Editore, pp. 177-192
6. L. Pecchia, S. Damjanovic, A. Bamjanovic (2018) "Leadership, change and healthcare services in limited resource settings" Ateneapoli Editore, Napoli, ISBN: 978-88-97840-58-9
7. R Banken, K Diaconu, E Holmes, D Mueller, L Pecchia (2017) "Role of biomedical engineers in the assessment of medical devices", in "Human resources for medical devices, the role of biomedical engineers" World Health Organization Medical Device Technical Series. Printed by the WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland ISBN 978-92-4-156547-9
8. L Pecchia, R Castaldo, P Melillo, U Bracale, M Craven, M Bracale, Early stage Healthcare Technology Assessment, in Miniati, Iadanza, Dori, Clinical Engineering: From Devices to Systems, Academic Press, ISBN 0128038241
9. L Pecchia, P Melillo, C Vanzanella, L Mirarchi, M Bracale (2013). Health Technology Assessment via Analytic Hierarchy Process. A case study: choosing the maintenance contract for a CT. In S Studies in Fuzziness and Soft Computing, Volume 305, 2013, Multicriteria and Multiagent Decision Making with Applications to Economics and Social Sciences, Editors:Aldo G. S. Ventre et al. ISBN: 978-3-642-35634-6 (Print) 978-3-642-35635-3 (Online).
10. L Pecchia, P Melillo, N De Luca (2013). Health Technology Assessment of Telemedicine for patient suffering from Heart Failure. In Telehealthcare Computing and Engineering: Principles and Design. Science Publishers. ISBN 978-1-57808-802-7
11. L Pecchia, P Melillo, M Craven, U Bracale, M Bracale (2012). Early stage Healthcare Technology Assessment: valutazione delle tecnologie biomediche in fase di sviluppo. In: Pietrabissa et al. "DALLA RICERCA AL MERCATO: trasformare il risultato della ricerca in un prodotto". Patron Editore, pp. 167-191.

## Altre informazioni

Conoscenza e capacità di comprensione

Le conoscenze acquisite permetteranno allo studente di sviluppare capacità di comprensione di base applicate delle principali problematiche relative alla gestione della ricerca e dell'innovazione in campo sanitario e biomedicale.

Questo consentirà allo studente di maturare un'autonomia di giudizio dei diversi case studies affrontati e, tramite la capacità di apprendimento sviluppata, gli studenti saranno in grado di condurre e esporre, durante apposite esercitazioni, l'analisi di problemi a loro assegnati durante il corso.

Tali conoscenze saranno, inoltre, propedeutiche all'introduzione alla disciplina dell'Health Technology Assessment (HTA), i cui metodi e strumenti permettono di analizzare l'impatto delle nuove tecnologie per la salute in termini di implicazioni non solo medico-cliniche, ma anche sociali, organizzative, economiche, etiche e legali di una nuova tecnologia biomedica, attraverso la valutazione di diversi fattori quali l'efficacia, la sicurezza, l'efficienza, l'impatto ambientale, i costi, ecc.

Capacità di applicare conoscenze e comprensione

Saper utilizzare alcuni degli strumenti operativi e metodiche avanzate analizzate a lezione per valutare il potenziale

innovativo di tecnologie biomedicali e gestire attività di ricerca correlate.

**Autonomia di giudizio**

Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di: esempi e applicazioni riguardanti i temi introdotti durante le lezioni frontali a ii) casi studio di dispositivi medici e altre tecnologie a supporto dell'innovazione radicale e incrementale nel campo della medicina e della salute in generale.

**Capacità di apprendere**

Lo studente sarà coinvolto in maniera attiva durante le lezioni frontali e le esercitazioni. Saranno affrontati esempi applicativi nell'ambito della ricerca e innovazione in campo biomedico per stimolare l'approfondimento dei temi teorici affrontati a lezione. Durante le esercitazioni saranno trattati esempi per mostrare l'applicazione dei concetti appresi a problemi specifici.

**Abilità comunicative**

Nell'ambito dell'insegnamento particolare attenzione sarà dedicata allo sviluppo delle abilità comunicative con il coinvolgimento attivo degli studenti durante le ore di lezione frontale e di esercitazione.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	6	ING-INF/06

*Stampa del 13/10/2023*

# **Biomicrosistemi [ 2201208 ]**

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** ALBERTO RAINER

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## **Obiettivi formativi**

L'insegnamento si propone di fornire gli strumenti teorici e tecnologici per la corretta progettazione e realizzazione di dispositivi microfabbricati.

Il corso affronta tematiche di frontiera con un approccio fortemente interdisciplinare e un costante riferimento ai più recenti risultati di ricerca a livello internazionale.

## **Prerequisiti**

Meccatronica per i Sistemi Biomedicali.

## **Contenuti del corso**

Parte 1: Fondamenti teorici (8 ore)

- concetti chiave: risoluzione, analisi dimensionale, fenomeni di scaling e progettazione per similitudine;
- elementi di microfluidica;
- proprietà e processabilità dei materiali di maggiore interesse.

Parte 2: Microtecnologie (40 ore)

- litografia UV;
- processi sottrattivi (wet e dry etching) e additivi (ossidazione, CVD, PVD, ecc.);
- microtecnologie dei polimeri;
- tecnologie di assemblaggio;
- tecniche litografiche avanzate: EUV, e-beam lithography, dip-pen lithography, two-photon lithography;
- soft lithography: hot-embossing, nanoimprint lithography, replica molding;
- macchine e ambienti di lavoro.

## **Metodi didattici**

Lezioni frontali (8 ore) in cui si illustrano gli argomenti teorici necessari per lo svolgimento di attività di analisi e sintesi di sistemi micromeccatronici, con particolare riferimento all'ambito della Bioingegneria. Lezioni frontali (28 ore) in cui si illustrano le principali tecnologie di microfabbricazione, con riferimento a esempi di sistemi biomedicali. Esercitazioni in aula per esemplificare l'impiego degli strumenti teorici e per individuare i processi tecnologici più idonei per la realizzazione di semplici dispositivi microfabbricati. Loro realizzazione sfruttando le attrezzature disponibili nella Clean Room dell'Ateneo (10 ore).

Seminari a cura di esperti del settore su alcuni aspetti di frontiera della ricerca in questo ambito (università e impresa, 2-4 ore).

## **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

L'apprendimento sarà valutato mediante una prova scritta a stimolo chiuso (3 domande) con risposta aperta della durata di 2 ore, sugli aspetti teorici e pratico/applicativi del programma.

La prova scritta mira ad accertare:

1. Conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso;
2. Capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni (anche originali) a problemi inerenti la fabbricazione di biomicrosistemi;
3. Abilità comunicative nella descrizione formale degli argomenti del corso, esprimendo chiaramente e senza ambiguità le proprie conclusioni, e le conoscenze e le considerazioni che le sottendono, a interlocutori specialisti e non specialisti;
4. Autonomia di giudizio nella scelta delle tecniche di realizzazione di microdispositivi;
5. Capacità di impegnarsi in modo autonomo nell'apprendimento permanente.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Per superare l'esame con un voto almeno sufficiente (18/30), lo studente deve dimostrare di aver acquisito una conoscenza adeguata degli argomenti trattati (fondamenti teorici e tecnologie). Tipicamente le domande sono concepite in modo che la risposta richieda la trattazione da parte dello studente di più argomenti distinti e affrontati in momenti diversi del corso.



Per conseguire un punteggio pari o superiore a 27/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di ricordare in maniera logica e coerente le nozioni teoriche con le più comuni problematiche sperimentali. La lode sarà riservata agli elaborati che, oltre ad aver ottenuto il punteggio massimo in tutte le domande, dimostreranno una eccellente capacità espositiva e saranno corredati da grafici e schemi a supporto delle risposte.

### Testi di riferimento

- Dispense del docente e pubblicazioni scientifiche accessibili online sul sito: <http://elearning.unicampus.it>.
- Bibliografia aggiuntiva:
- M.Madou, Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology, 3rd Ed., CRC Press, 2011.
  - B.Bhushan, Springer Handbook of Nanotechnology, 4th Ed., Springer, 2017.

### Altre informazioni

Conoscenza e capacità di comprensione:

- Conoscenza dei principi alla base delle metodiche di microfabbricazione.
- Conoscenza delle principali tecniche di realizzazione di dispositivi microfluidici e organ-on-chip.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate:

- Capacità di progettare e realizzare dispositivi microfabbricati.

Autonomia di giudizio:

- Capacità di effettuare in modo autonomo scelte inerenti l'analisi dei requisiti e la progettazione di microdispositivi.

Abilità comunicative:

- Capacità di descrivere le procedure di microfabbricazione utilizzando un lessico specifico.

Capacità di apprendere:

- Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo fruendo della letteratura scientifica di settore.

**L'attività didattica è offerta in:**

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Nanotecnologie e Sistemi Bioartificiali	6	ING-IND/34

*Stampa del 13/10/2023*

# Bionanotecnologie [ 2201138 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** ALBERTO RAINER

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso fornirà gli elementi necessari alla comprensione dei fondamenti teorico-scientifici delle proprietà e delle caratteristiche dei materiali alla nanoscala, con specifico riferimento alle loro applicazioni biomediche.

## Prerequisiti

Conoscenze di base nell'ambito della chimica e della scienza dei materiali sono considerate utili.

## Contenuti del corso

Concetti introduttivi alle nanoscienze e ai nanomateriali in ambito biomedico (30h): nanomateriali basati su peptidi/polipeptidi/proteine; nanotecnologie basate su virus/cellule; quantum dots; nanoparticelle polimeriche; nanoparticelle metalliche; nanomateriali a base carbonio; principi di assemblaggio di materiali biologici. Applicazioni alla nanomedicina (10h). Tecniche di microscopia ottica, elettronica e a sonda (8h).

## Metodi didattici

Lezioni frontali che introducono gli argomenti del corso corredate da seminari (in presenza o in modalità online) da parte di ricercatori nell'ambito delle nanotecnologie per raccordare le nozioni teoriche a aspetti di ricerca (40h). Introduzione alle tecniche di caratterizzazione microscopica, sia mediante esercitazioni in presenza che mediante sessioni "live demo" in telepresenza (8h).

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

L'apprendimento sarà valutato mediante una prova scritta a stimolo chiuso (3 domande) con risposta aperta della durata di 2 ore.

La prova scritta mira ad accertare:

1. Conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
2. Capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni (anche originali) a problemi inerenti l'impiego di nanotecnologie in biologia e medicina
3. Abilità comunicative nella descrizione formale degli argomenti del corso, esprimendo chiaramente e senza ambiguità le proprie conclusioni, e le conoscenze e le considerazioni che le sottendono, a interlocutori specialisti e non specialisti
4. autonomia di giudizio nella scelta di approcci di nanotecnologie a problemi medico-biologici.
5. la capacità di impegnarsi in modo autonomo nell'apprendimento permanente.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Per superare l'esame con un voto prossimo a 18/30, lo studente deve dimostrare di aver acquisito una conoscenza sufficiente dei principi fondamentali delle nanotecnologie applicate all'ambito biomedico, e una conoscenza di base delle tecniche di caratterizzazione dei prodotti delle nanotecnologie.

Per conseguire un punteggio pari o superiore a 27/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccordare in maniera logica e coerente le nozioni teoriche con gli approfondimenti sugli aspetti di ricerca. La lode sarà riservata agli elaborati che, oltre ad aver ottenuto il punteggio massimo in tutte le domande, dimostreranno una eccellente capacità espositiva e saranno corredate da grafici e schemi a supporto delle risposte.

## Testi di riferimento

Dispense distribuite dal docente e pubblicazioni scientifiche, disponibili sul sito <http://elearning.unicampus.it>  
I seguenti testi sono considerati utili ai fini di un approfondimento.

- F. Rossi, A. Rainer, Nanomaterials for Theranostics and Tissue Engineering: Techniques, Trends and Applications, Springer.
- D. Vollath, Nanomaterials: an Introduction to Synthesis, Properties, and Applications, Wiley.

## Altre informazioni

Conoscenza e capacità di comprensione:

- Conoscenza delle soluzioni basate su nanotecnologie per applicazioni in ambito medicale.
- Conoscenza delle principali tecniche di caratterizzazione alla nanoscala.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate:

- Capacità di design di nanomateriali per applicazioni biomedicali

Autonomia di giudizio:

- Capacità di applicare in modo autonomo scelte inerenti la progettazione di soluzioni basate su nanotecnologie.

Abilità comunicative:

- Capacità di dialogare con professionisti del settore utilizzando un lessico specifico

Capacità di apprendere:

- Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo fruendo della letteratura scientifica di settore.

**L'attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Nanotecnologie e Sistemi Bioartificiali	6	ING-IND/34

*Stampa del 13/10/2023*

# Bionic Systems and Neuroengineering [ 2201230 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** LOREDANA ZOLLO

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso si propone di introdurre lo studente alle principali tematiche di ricerca della neuroingegneria e della bionica, con particolare riferimento alla protesica di arto superiore ed inferiore e ai sistemi di interfacciamento naturale-artificiale. Intende fornire allo studente:

- Solide conoscenze teoriche sul principio di funzionamento, la modellazione e lo sviluppo di protesi sensori-motorie e sui principali metodi di interfacciamento con il sistema nervoso centrale e periferico;

- Abilità che si possono riassumere in:

(i) basi pratiche per l'analisi e lo sviluppo protesi di arto superiore ed inferiore a controllo mioelettrico con ritorno sensoriale;

(ii) competenze sugli strumenti di simulazione e modellazione computazionale dei sistemi di interfacciamento tra protesi e sistema nervoso.

## Prerequisiti

Nessuna

## Contenuti del corso

- Modulo sulle protesi di arto (8 ore):

o Introduzione alle protesi sensori-motorie. Protesi di arto superiore e arto inferiore: tassonomia e principio di funzionamento. Tatto artificiale per le neuroprotesi.

- Modulo sui sistemi di interfacciamento naturale-artificiale (8 ore):

o Interfacce con il Sistema Nervoso Centrale e con il Sistema Nervoso Periferico: tassonomia e principi di funzionamento; Interfacce invasive e non invasive per la decodifica dell'intenzione utente e per stimolazione sensoriale. Protesi con interfacciamento neurale e controllo bidirezionale (le esperienze UCBM).

- Modulo su elementi di neurofisiologia (8 ore):

o Modellazione del muscolo; Le cellule del sistema nervoso; I canali ionici; Il potenziale di membrana; Il potenziale d'azione; La codifica sensoriale; Il tatto;

- Modulo sul controllo mioelettrico (8 ore):

o Il controllo diretto; Le tecniche di pattern recognition; Esempi di applicazione alle protesi di arto superiore.

- Modulo sul ritorno sensoriale (16 ore):

o Tecniche di stimolazione elettrica invasiva e non invasiva; Algoritmi di codifica dell'informazione sensoriale; Modellazione dell'interazione nervo-elettrodo attraverso analisi FEM (Comsol Multiphysics) e modellazione matematica (Neuron)

## Metodi didattici

Lezioni frontali (32 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso.

Seminari (4 ore) su esperienze di ricerca e aziendali nell'ambito della bionica di arto superiore ed inferiore.

Esercitazioni in aula e laboratori didattici (12 ore), per insegnare l'uso degli strumenti software per l'implementazione di algoritmi di codifica dell'informazione sensoriale e di modellazione dell'interazione nervo-elettrodo.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Le conoscenze relative al corso sono verificate mediante prova orale a stimolo chiuso e stimolo aperto e con risposta aperta.

La valutazione delle conoscenze acquisite verrà effettuata da una commissione costituita dai docenti del corso, che verificheranno l'apprendimento delle conoscenze teoriche oggetto del corso, e dai tutor del corso, ai quali gli studenti dovranno mostrare la loro capacità di applicare le conoscenze teoriche ad un problema pratico.

La prova orale mira ad accertare:

1. Conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
2. Capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni (anche originali) a problemi di bionica e di interfacciamento uomo-macchina.
3. Capacità di applicare i metodi e gli strumenti presentati durante il corso per la risoluzione di problemi di analisi, simulazione e modellazione dell'interazione naturale-artificiale
4. abilità comunicative nella descrizione formale degli argomenti del corso, esprimendo chiaramente e senza ambiguità le proprie conclusioni, e le conoscenze e le considerazioni che le sottendono, a interlocutori specialisti e non specialisti in contesti nazionali e internazionali
5. autonomia di giudizio nella scelta delle soluzioni a problemi di analisi e sviluppo di protesi bidirezionali e capacità di gestire attività o progetti tecnici o professionali complessi nel loro campo di studio e di assumersi la responsabilità di prendere decisioni
6. la capacità di impegnarsi in modo autonomo nell'apprendimento permanente.

E' prevista una durata massima della prova orale di 45 minuti.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Durante la prova orale la commissione esaminatrice farà tre domande volte ad accertare la conoscenza da parte dello studente degli argomenti trattati a lezione. Le tre domande sono valutate con uguale peso (11 punti per ciascuna domanda).

L'esame è superato se il candidato raggiunge almeno i 18/30.

La valutazione finale viene formulata come somma delle valutazioni sulle tre domande. La lode viene attribuita agli studenti che abbiano conseguito il punteggio massimo su tutte le domande raggiungendo un punteggio finale superiore a 30/30.

### Testi di riferimento

- Dispense e materiali didattici forniti dal docente;
- E.R. Kandel, J.H. Schwartz, T.M. Jessel, Principi di Neuroscienze;
- P. Dayan, L.F. Abbott, Theoretical Neuroscience. Computational and Mathematical Modeling of neural systems;
- Burak Guclu, Somatosensory Feedback for Neuroprosthetics, Academic Press 2021

### Altre informazioni

Conoscenza e capacità di comprensione:

- Principi alla base delle protesi a controllo mioelettrico e delle principali tecniche di interfacciamento naturale-artificiale di tipo invasivo e non invasivo
- Strumenti software di ausilio alla simulazione mediante analisi FEM e alla modellazione computazionale.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate:

- Capacità di applicare metodi e strumenti di analisi, modellazione e controllo ai sistemi bionici.
- Sviluppare, con metodiche avanzate, sistemi di interfacciamento naturale-artificiale per il ritorno sensoriale, proponendo anche soluzioni innovative per singoli componenti o per il sistema integrato.
- Capacità di utilizzare gli strumenti software di ausilio alla simulazione e alla modellazione in ambito protesico e di interfacciamento con il sistema nervoso centrale o periferico.

Autonomia di giudizio:

Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di esercizi su tematiche trattate in aula e di attività pratiche di analisi, simulazione e modellazione.

Capacità di apprendimento:

Il corso persegue un approccio di coinvolgimento attivo dello studente nel proprio percorso formativo, stimolando la rivisitazione e l'approfondimento di competenze acquisite negli studi precedenti, e l'applicazione dei concetti appresi ad ambiti specifici.

Abilità comunicative e soft skill:

L'insegnamento si propone inoltre di sviluppare abilità relative alla sfera delle abilità comunicative e delle soft-skill per operare in team e in contesti multidisciplinari. Tale obiettivo sarà perseguito cercando di promuovere il coinvolgimento proattivo degli studenti durante le ore di didattica frontale e attraverso la conduzione di esercitazioni in aula che richiedono la messa in pratica delle nozioni teoriche apprese.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
-------------------	--------------------------------------	-----------------	----------------	---------------

Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Biorobotica e Ergonomia	6	ING-IND/34
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Nanotecnologie e Sistemi Bioartificiali	6	ING-IND/34

*Stampa del 13/10/2023*

# **Biorobotics [ 2201220 ]**

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** EUGENIO GUGLIELMELLI

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## **Obiettivi formativi**

Il corso si propone di fornire allo studente le seguenti conoscenze nell'ambito della Biorobotica:

- Principali definizioni, tassonomie e campi applicativi della biorobotica;
- Concetti principali riguardanti lo stato dell'arte della biorobotica e la progettazione e sviluppo di sistemi biorobotici.

## **Prerequisiti**

Nessuno.

Esami consigliati: Meccatronica per i Sistemi Biomedicali, Robotica Industriale e Medica

## **Contenuti del corso**

- Introduzione alla biorobotica: definizioni e schemi concettuali (1.0 CFU);
- Analisi del background storico e dello stato dell'arte della biorobotica (1.0 CFU);
- Analogie e differenze tra i sistemi biologici e robotici (1.0 CFU);
- Sistemi robotici bioispirati: principi di progettazione, metodi e casi studio (0.5 CFU);
- Tecnologie abilitanti nella biorobotica: sensori, attuatori ed architetture di controllo (2.0 CFU);
- Sviluppi futuri della biorobotica (0.5 CFU).

## **Metodi didattici**

Lezioni frontali (4.5 CFU), in cui i docenti presentano gli argomenti del corso.

Esercitazioni (1.0 CFU) che mostrano l'applicazione degli argomenti trattati a problemi specifici.

Seminari (0.5 CFU) a cura di esperti del settore provenienti dal mondo accademico e/o industriale.

## **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

L'esame è composto da una prova orale.

Durante la prova orale, i docenti faranno tre domande volte a verificare la conoscenza da parte dello studente degli argomenti trattati durante le lezioni e le esercitazioni.

Le tre domande sono valutate con uguale peso (11 punti)

E' prevista una durata massima della prova di 45 minuti.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

L'esame è considerato superato se il candidato raggiunge almeno i 18/30.

La lode viene concessa agli studenti che abbiano i) risposto correttamente a tutte le domande poste dai docenti e ii) conseguito una valutazione finale superiore ai 30/30.

## **Testi di riferimento**

Materiale didattico utilizzato:

- Fumiya Lida and Auke Jan Ijspeert. "Biologically inspired robotics." Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. 2015-2034;
- Kortenkamp, D., Simmons, R., & Brugali, D. (2016). Robotic systems architectures and programming. In Springer Handbook of Robotics (pp. 283-306). Springer, Cham;
- Jean-Arcady Meyer and Agnes Guillot. "Biologically inspired robots" Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. 1395-1422;
- Stefano Nolfi, Josh Bongard, Phil Husbands and Dario Floreano. "Evolutionary robotics" Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. 1395-1422;
- Braitenberg, Valentino. Vehicles: Experiments in synthetic psychology. MIT press, 1986;
- Laprie, Jean-Claude. "Dependability: Basic concepts and terminology."
- Copia delle presentazioni usate nelle lezioni frontali, articoli scientifici e dispense fornite dal docente

I materiali saranno condivisi nella pagina del corso sulla piattaforma UCBM di e-Learning.

Materiale didattico consigliato:

Ulteriori articoli scientifici di approfondimento di temi e/o casi studio forniti dai docenti e dai tutor.  
I materiali saranno condivisi nella pagina del corso sulla piattaforma UCBM di e-Learning.

### **Altre informazioni**

Risultati di apprendimento specifici:

Conoscenza e capacità di comprensione

- Abilità e conoscenze teoriche sui metodi e strumenti per l'ideazione, la progettazione e lo sviluppo di sistemi biorobotici;

- Abilità e conoscenze teoriche nella modellazione di sistemi biologici e per la simulazione, progettazione, realizzazione e applicazione in vari contesti di sistemi robotici bioispirati.

Capacità di applicare conoscenze e comprensione

- Saper utilizzare strumenti operativi e metodiche avanzate per l'ideazione e la progettazione di sistemi biorobotici.

Autonomia di giudizio

Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di i) esempi e applicazioni riguardanti i temi introdotti durante le lezioni frontali a ii) casi studio di sistemi bioispirati utilizzati per la validazione di ipotesi scientifiche su specie naturali oppure per risolvere problemi pratici da un punto di vista ingegneristico.

Capacità di apprendere:

Lo studente sarà coinvolto in maniera attiva durante le lezioni frontali e le esercitazioni. Saranno affrontati esempi applicativi nell'ambito della biorobotica per stimolare l'approfondimento dei temi teorici affrontati a lezione. Durante le esercitazioni saranno trattati esempi per mostrare l'applicazione dei concetti appresi a problemi specifici.

Abilità comunicative:

Nell'ambito dell'insegnamento particolare attenzione sarà dedicata allo sviluppo delle abilità comunicative con il coinvolgimento attivo degli studenti durante le ore di lezione frontale e di esercitazione.

**L'attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Biorobotica e Ergonomia6		ING-IND/34

*Stampa del 13/10/2023*



# **Collaudi e verifiche funzionali di apparecchiature elettromedicali [ 2201215 ]**

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** CARLO MASSARONI

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## **Obiettivi formativi**

L'insegnamento si propone di fornire agli allievi la conoscenza e la comprensione dei criteri di verifica delle prestazioni delle apparecchiature elettromedicali ed i fondamenti e l'impostazione metodologica per la realizzazione del collaudo in opera. A tal fine si approfondiscono i concetti e le normative relative al collaudo di una apparecchiatura elettromedicale, alla esecuzione delle prove di collaudo, alla individuazione delle criticità, alla valutazione del rischio ed alla presentazione ed interpretazione dei risultati.

## **Prerequisiti**

Nessuno

## **Contenuti del corso**

Parte I – Elementi introduttivi di base

Definizione di apparecchiatura elettromedicale.

Legislazione di riferimento ed analisi dei contenuti. Dati nazionali ed internazionali.

Il mantenimento delle prestazioni: la manutenzione. Tipologie di manutenzione e strategie manutentive.

Analisi del rischio.

Razionalizzazione degli acquisti.

Analisi di fattibilità.

Metodologie per il calcolo del ritorno di investimento.

Procedure di evidenza pubblica: il capitolato tecnico.

Parte II – Il collaudo di accettazione e le verifiche delle prestazioni

Il collaudo di un contratto: aspetti tecnici ed amministrativi.

Direttiva europea 93/42 sui dispositivi medici.

Classificazioni di collaudo.

Il collaudo di accettazione delle apparecchiature biomediche. Il certificato di collaudo. La redazione del verbale di collaudo.

Individuazione delle criticità di un'apparecchiatura attraverso un approccio sistemico: impianti, apparecchiatura, paziente ed utente.

Analisi del rischio e delle non-conformità.

Parte III – I fondamenti della verifica sperimentale

Il metodo sperimentale e l'ideazione dell'esperimento.

Presentazione dei dati sperimentali.

Regole generali, incertezza di misura, cifre significative, arrotondamento.

Sistema internazionale di unità di misura.

Stima dell'incertezza di misura: concetti generali, stima dell'incertezza di tipo B e di tipo A. Indici di posizione e di dispersione. Distribuzione Gaussiana e di Student.

Propagazione della incertezza e confronto tra dati sperimentali.

Parte IV – Sicurezza delle apparecchiature elettromedicali

La sicurezza delle apparecchiature elettromedicali.

Norme CEI 62-5, CEI 62-51, CEI 62-122 e CEI 62-128.

Classificazioni delle apparecchiature elettromedicali secondo il grado di protezione dai contatti diretti ed indiretti e secondo il grado di protezione delle parti applicate.

Verifiche di sicurezza elettrica.

Parte V – Collaudi e verifiche di apparecchiature critiche

Grandezze che caratterizzano il funzionamento di ventilatori polmonari e macchine per anestesia.

Norme CEI 62-141 e ISO 5367.

Apparecchi per elettrochirurgia ad alta frequenza.

Norma CEI 62-11.

Grandezze che caratterizzano il funzionamento dei defibrillatori.

Norma CEI 62-13.

Verifiche strumentali per l'esecuzione del collaudo di accettazione.

## **Metodi didattici**

Lezioni ed esercitazioni integrate.

Ore di lezione: 38

Ore di esercitazione: 10

Il corso prevede tre esercitazioni. La prima mira a far apprendere l'uso di software e algoritmi per la corretta rappresentazione di dati sperimentali ottenuti in contesti di verifiche elettriche e/o collaudi di apparecchiature. In questo caso agli studenti è richiesto l'uso di MATLAB/Excel. Le altre due esercitazioni – di tipo pratico - sono dedicate alla verifica elettrica e al collaudo di uno/due dispositivi elettromedicali presenti all'interno del Policlinico Universitario Campus Bio-Medico di Roma. Per lo svolgimento di tali esercitazioni gli studenti sono suddivisi in gruppi (massimo 6 membri). Al termine delle esercitazioni pratiche è richiesta la stesura di un rapporto, oggetto di discussione in sede di esame finale.

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

L'apprendimento sarà valutato mediante una presentazione del rapporto di collaudo ed una prova orale. La presentazione mira ad accertare oltre alle proprietà di linguaggio nella stesura di rapporti e relazioni e nella comunicazione verbale:

- le capacità di applicare i concetti relativi alle normative sulla sicurezza elettrica, sulle prestazioni e sul collaudo a casi pratici di accettazione e verifica di un elettromedicale
- le capacità di applicare metodi statistici e di analisi per presentare e interpretare dati prelevati durante un collaudo o una verifica di un elettromedicale
- le capacità di valutare e discutere in autonomia i dati prelevati durante la verifica di un dispositivo elettromedicale per determinare la accettabilità del dispositivo stesso

All'interno della presentazione i membri del gruppo di lavoro saranno chiamati ad esporre i passi fondamentali ed i risultati ottenuti durante un collaudo di un elettromedicale. Ciascuna presentazione avrà durata massima di 15 minuti.

Il colloquio orale è utile a valutare le basi teoriche e mira ad accertare:

- Conoscenza della legislazione e delle verifiche strumentali di riferimento relative al collaudo di un elettromedicale e al mantenimento delle prestazioni;
- Conoscenza delle norme relative alla sicurezza elettrica, prove di verifica e classificazione delle apparecchiature elettromedicali;
- Capacità di applicare le conoscenze acquisite, nonché capacità di comprensione e abilità nel risolvere problemi a tematiche nuove o non familiari, inserite in contesti più ampi nel settore dei collaudi e delle verifiche funzionali
- Capacità di integrare le conoscenze e gestire la complessità, nonché di formulare giudizi sulla base di informazioni limitate o incomplete

La prova consisterà di almeno 2 domande a complessità crescente e sarà valutata positivamente la capacità di saper comunicare in modo chiaro e privo di ambiguità le proprie conoscenze. È prevista una durata della prova orale di circa 30 minuti.

### **Testi di riferimento**

Materiale didattico di supporto all'apprendimento

Dispense e materiali didattici forniti dal docente tramite la piattaforma di e-learning: <http://elearning.unicampus.it>.

Estratti di Norme CEI riguardanti apparecchiature elettromedicali, requisiti di sicurezza e prestazioni che devono rispettare alcune apparecchiature elettromedicali.

Testi di consultazione

F.P. Branca, "Fondamenti di Ingegneria Clinica" Vol. I e II, Springer, Milano 2008.

### **Altre informazioni**

- Conoscenza della legislazione e delle verifiche strumentali di riferimento relative al collaudo di un elettromedicale e al mantenimento delle prestazioni;
- Conoscenza delle norme relative alla sicurezza elettrica, prove di verifica e classificazione delle apparecchiature elettromedicali;
- Conoscenza dei principali metodi per presentare ed interpretare dati sperimentali.
- Capacità di applicare i concetti relativi alle normative sulla sicurezza elettrica, sulle prestazioni e sul collaudo a casi pratici di accettazione e verifica di un elettromedicale
- Capacità di applicare metodi statistici e di analisi per presentare e interpretare dati prelevati durante un collaudo o una verifica di un elettromedicale
- Capacità di valutare e discutere in autonomia i dati prelevati durante la verifica di un dispositivo elettromedicale per determinare la accettabilità del dispositivo stesso.
- Capacità di applicare le conoscenze acquisite, nonché capacità di comprensione e abilità nel risolvere problemi a tematiche nuove o non familiari, inserite in contesti più ampi nel settore dei collaudi e delle verifiche funzionali
- Capacità di integrare le conoscenze e gestire la complessità, nonché di formulare giudizi sulla base di informazioni limitate o incomplete
- Saper comunicare in modo chiaro e privo di ambiguità le proprie conoscenze a interlocutori specialisti e non specialisti; capacità di analisi, sintesi, chiarezza esposita e proprietà di linguaggio nella stesura di rapporti e relazioni e nella comunicazione verbale.

### **L'attività didattica è offerta in:**

**Università CAMPUS BIO-MEDICO di Roma** - Via Alvaro del Portillo, 21 - 00128 ROMA

## Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Ingegneria Clinica	6	ING-IND/12

*Stampa del 13/10/2023*

# Cyber Security per Operational Technologies [ 2201233 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** LUCA FARAMONDI

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso si prefigge di fornire al discente i principali concetti di cybersecurity al fine di consentirgli di introdurre tali elementi in fase di progetto, gestione, manutenzione e dismissione di un sistema cyber-fisico. Inoltre, il corso si propone di fornire le conoscenze di base di sicurezza delle reti informatiche e del software nel mondo delle Operational Technologies con particolare attenzione alla definizione di strategie di mitigazione delle minacce cyber. Il corso prevede la possibilità di ottenere la certificazione Microsoft Security, Compliance, and Identity Fundamentals (SC-900).

## Prerequisiti

Nozioni di programmazione di base.

## Contenuti del corso

Parte I – Introduzione alle Operational Technologies (15% delle lezioni)

Richiami di automazione

Sistemi di controllo (richiami). Sensori ed attuatori (richiami). Sistemi SCADA. Controllori industriali.

Mezzi trasmissivi.

Operational Technology ed Information Technology

Architetture ed elementi caratteristici degli impianti. Gestione degli aggiornamenti. Dispositivi IoT ed IIoT.

Sicurezza dei processi e caratteristiche di integrità, disponibilità e confidenzialità dei dati.

Parte II – La Sicurezza delle reti informatiche. (40% delle lezioni)

Architetture di rete

Dispositivi di rete. Topologie di rete. Tecniche di commutazione. Gestione della comunicazione.

Protocolli di comunicazione

Protocolli della suite TCP-IP. Protocollo ModBUS. Standard OPC UA. Tecniche di Crittografia. Protocolli per l'invio delle email, SMTP e phishing.

Vulnerabilità delle reti e dei protocolli

Vulnerabilità dei protocolli industriali. Vulnerabilità delle reti wireless. Tecniche di attacco (ARP Spoofing, Man in the Middle, Denial of Service, Distributed Denial of Service).

Strumenti per Penetration Testing e Vulnerability Assessment

La distribuzione Kali Linux. Strumenti per simulazioni hardware in the loop. Mini net.

Soluzioni per il monitoraggio della rete

Firewalls, Intrusion detection Systems, Intrusion Prevention Systems. DMZ. Snort. Soluzioni Anomaly Based e Signature Based per l'identificazione delle minacce.

Parte III – La sicurezza del software (30% delle lezioni)

Vulnerabilità e minacce software. Security by Design. Approcci Design by Contract e Defensive programming. Code Injection. SQL Injection. Buffer Overflow. Privilege Escalation. Cross-Site Scripting. Vulnerabilità su piattaforme web.

Parte IV – Analisi delle Fonti Aperte (15% delle lezioni)

Social Engineering. Strumenti per indagini OSINT. Shodan.IO

## Metodi didattici

Lezioni frontali sugli argomenti del corso (50%)

Esercitazioni in aula ed in laboratorio (40%)

Seminari con esperti (10%)

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

Prova scritta e progetto di gruppo.

La prova scritta, della durata di 2 ore, ha come obiettivo l'implementazione di soluzioni per incrementare il livello di

protezione di una rete informatica che presenta vulnerabilità. La prova prevede un esercizio orientato alla verifica dell'apprendimento del corretto funzionamento di una rete IT o OT con particolare riferimento al routing, al subnetting e al riconoscimento del traffico di rete. La prova scritta prevede inoltre due domande aperte circa gli effetti di una minaccia cyber in un particolare contesto informatico ed una analisi di possibili vantaggi e svantaggi circa l'applicazione di diverse soluzioni per la mitigazione di tale minaccia.

L'elaborato progettuale di gruppo (massimo 4 persone) consisterà nell'analisi del traffico di rete di una infrastruttura fornita agli studenti in ambiente emulato (Mini net). Ai discenti sarà richiesto di impostare le attività di penetration testing e vulnerability assessment al fine di identificare le problematiche presenti sulla rete e di proporre una soluzione basata su firewall o intrusion detection/prevention systems per la mitigazione del rischio cyber. Sarà richiesta infine una presentazione di gruppo che evidenzii le motivazioni che sono alla base delle scelte effettuate per la realizzazione del progetto. Le linee guida per il progetto di gruppo sono consegnate agli studenti un mese prima del termine delle lezioni.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Sia per la prova scritta che l'elaborato progettuale verrà attribuito un punteggio espresso in trentesimi in relazione alla correttezza, esaustività e complessità del lavoro presentato. Una valutazione positiva sia della prova scritta che del progetto (pari, almeno, a 18/30) è condizione necessaria per il superamento dell'esame. Il voto finale sarà calcolato come media ponderata del voto della prova scritta (40%) e della valutazione del progetto di gruppo (60%). L'attribuzione della lode è a discrezione della commissione.

### Testi di riferimento

Materiale didattico di supporto all'apprendimento

Dispense del docente

Articoli Scientifici

Testi di Consultazione

James F. Kurose, Keith W. Ross "Internet e Reti di Calcolatori" Pearson Education.

C. P. Pfleeger, S. L. Pfleeger, J. Margulies: "Security in Computing, 5th Edition", Prentice Hall, 2015

Charles J. Brooks, Christopher Grow, Philip Craig, Donald Short, "Cybersecurity Essentials", Sybex Inc, 2018

### Altre informazioni

- Conoscenza e comprensione delle similitudini e delle principali differenze tra il contesto OT ed IT e dei principali protocolli di comunicazione nelle reti industriali e loro vulnerabilità.

Conoscenza e comprensione dei legami funzionali tra processi fisici industriali e sicurezza dell'infrastruttura informatica che la caratterizza

Conoscenza e comprensione delle principali tecniche di penetration testing e vulnerability assessment

Conoscenza delle principali soluzioni per la realizzazione di software sicuro e reti resistenti ad attacchi informatici.

- Capacità di apprendimento dell'evoluzione delle minacce cyber nel contesto OT.

- Capacità di applicare conoscenza e comprensione relativa alla progettazione di infrastrutture di rete e software per applicazioni OT minimizzando il rischio cyber. Capacità di organizzare attività di penetration testing e vulnerability assessment su piccoli impianti industriali.

Capacità di applicare le conoscenze acquisite al fine di progettare soluzioni per l'identificazione e la mitigazione di minacce cyber.

**L'attività didattica è offerta in:**

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	6	ING-INF/04

Stampa del 13/10/2023

# Dinamica dei sistemi complessi [ 2201124 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** SIMONETTA FILIPPI

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

L'insegnamento si propone di fornire agli allievi la conoscenza e la comprensione dei criteri di modellazione fisico-matematica teorica e computazionale dei fenomeni chimico-fisici e biologici multi-fisica e multi-scala con particolare riferimento agli organi e alle funzioni del corpo umano. Inoltre, l'insegnamento si propone di introdurre l'allievo all'approccio interdisciplinare ai problemi complessi dell'Ingegneria e delle Bioscienze.

## Prerequisiti

Nessuna propedeuticità specifica. Sono fortemente consigliate le nozioni di base di Algebra, Analisi e Fisica (Meccanica, Termodinamica ed Elettromagnetismo). Conoscenza di base della lingua inglese.

## Contenuti del corso

Il corso è organizzato in un unico modulo articolato come segue.

Caos, Frattali e Dinamica dei Sistemi Complessi (2h):

- Introduzione storica alla dinamica.
- L'importanza della non linearità in Natura.

Flussi su una linea (2h):

- Interpretazione geometrica, punti fissi e stabilità, crescita di popolazioni.
- Biforcazioni di sella-nodo, transcritiche e a forchetta.
- Laser.

Oscillatori (4h):

- Oscillatore uniforme e non uniforme.
- Pendolo con attrito, oscillazioni supersmorzate.
- Sincronizzazione delle lucciole.

Sistemi lineari e non lineari (2h):

- Definizioni ed esempi.
- Classificazione e punti fissi.
- Spazio delle fasi, autovalori ed autovettori.
- Linearizzazione.

Cicli limite (2h):

- Teorema di Poincaré-Bendixon.
- Sistema di Van Der Pol.
- Biforcazioni di Hopf, oscillatori accoppiati e quasi periodicità.

Equazioni di Lorenz e Chaos deterministico (6h):

- Derivazione fluidodinamica delle equazioni di campo.
- Applicazione alla ruota ad acqua.

Mappe unidimensionali (2h):

- Mappa logistica
- Esponenti di Lyapunov, universalità.

Applicazioni (10h):

- Modello di Turing per la morfogenesi, Reazioni chimiche di Zhabotinsky-Belousov.
- Automi Cellulari, Modello di Hodgkin-Huxley della conduzione nervosa.
- Modello di Fitzhugh-Nagumo.
- Modelli di sistemi eccitabili.

Cardiologia computazionale (10h):

- Modello di tessuto cardiaco.
- Accoppiamento termo-elettrico.
- Modelli di aritmia.

Teoria delle PDE (2h).

Simulazioni numeriche (Comsol Multiphysics) (30h).

## Metodi didattici

Lezioni frontali (60%) in cui si introducono le evidenze sperimentali, i temi teorici e le relative dimostrazioni affrontate durante il corso in relazione alla Dinamica dei Sistemi Complessi.

Esercitazioni (40%) al computer in cui si introduce lo studente a software dedicati alla soluzione di ODE e PDE tramite metodo FEM ed alla loro rappresentazione grafica.

### Modalità di verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità apprese durante il corso saranno valutate mediante una prova scritta teorica e tramite prova pratica alla fine del corso.

La prova scritta teorica (valutata al massimo 20/30 che impegna lo studente per 1h) consisterà nell'argomentazione scritta di due temi (max 2 pagine) concernenti gli argomenti trattati durante il corso. Nella prova gli studenti dovranno applicare nozioni pregresse di fisica, nonché comprensione di un testo in inglese. Ci si attende che gli studenti applichino le nozioni ed i concetti acquisiti durante il corso e siano in grado di sviluppare in maniera critica gli argomenti di studio in modo da valutare la loro capacità di comprensione teorica, capacità di apprendere ed autonomia di giudizio. La relativa discussione con il docente delle domande permetterà inoltre la valutazione delle abilità comunicative acquisite dallo studente.

La prova pratica (valutata al massimo 10/30 che impegna lo studente per 1h) verificherà il grado e l'apprendimento delle capacità pratiche acquisite in termini di utilizzo di implementazione di un modello dinamico all'interno di un software di simulazione multi-fisica ad elementi finiti, la creazione di un report con relativo post-processing.

Il risultato della prova teorica è valutato fino a 20 punti.

Il risultato della prova pratica in Comsol Multiphysics è valutato fino a 10 punti.

La valutazione finale consta del raggiungimento di almeno 18/30 quale somma delle due prove.

La lode è attribuita agli studenti che siano stati in grado di argomentare e rispondere adeguatamente a domande specifiche concernenti gli argomenti trattati durante il corso.

### Testi di riferimento

Testi di Riferimento:

- Strogatz, S. Nonlinear Dynamics and Chaos With applications to physics, biology, chemistry, and engineering. Perseus Books, Cambridge, Massachusetts, 1994

- Keener J., Sneyd J. Mathematical Physiology. Springer, 1998

Materiale didattico messo a disposizione dal docente.

Presentazioni da parte del docente e da parte di esperti internazionali invitati per seminari.

### Altre informazioni

Conoscenza e capacità di comprensione. Gli studenti acquisiranno le nozioni di base relative alla modellazione fisico-matematica di fenomeni complessi. Gli studenti acquisiranno capacità di analisi critica di modelli e simulazioni di sistemi biologici esistenti e loro utilizzo per la soluzione di problemi specifici dell'Ingegneria Biomedica.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate. Gli studenti acquisiranno le competenze necessarie dei principali metodi e strumenti per la modellazione teorica e numerica di sistemi non lineari e sistemi complessi. E' previsto un percorso di apprendimento pratico dei metodi e degli strumenti per la modellazione dei sistemi biologici e fisiologici. Grazie a modalità di didattica innovativa, quali flipped classroom e seminari avanzati, gli studenti esercitano le abilità di ragionamento logico che portano alla costruzione di un modello dinamico specifico.

Autonomia di giudizio. Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche, acquisendo le competenze necessarie alla valutazione della tipologia di modellazione dei sistemi dinamici utile in ambito biomedico.

Abilità comunicative. A valle del corso, gli studenti avranno sviluppato abilità comunicative tali da dialogare con esperti nazionali e internazionali della pratica e della ricerca biomedica, utilizzando un lessico scientifico.

Capacità di apprendere. Gli studenti saranno in grado di reperire informazioni e approfondimenti, fruendo della letteratura scientifica di settore e del confronto tra colleghi e con i docenti e inoltre saranno in grado di costruire modelli dinamici di sistemi biologici specifici.

**L'attività didattica è offerta in:**

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	9	FIS/02

Stampa del 13/10/2023

# Elaborazione dei Segnali Digitali e delle Immagini [ 2201140 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:** LUCA VOLLERO

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso ha come scopo quello di fornire i modelli e gli strumenti analitici e computazionali necessari alla comprensione e soluzione di problemi inerenti all'elaborazione dei segnali a tempo discreto e delle immagini. Il corso si propone di introdurre gli studenti alle problematiche di Computer Vision: dall'estrazione delle feature, all'interpretazione delle immagini.

## Prerequisiti

-

## Contenuti del corso

A cura del Prof. Vollero:

- Cenni di Teoria della Probabilità.
- Rappresentazione dei segnali e delle immagini digitali.
- Classi di segnali e immagini digitali e proprietà.
- Digitalizzazione di segnali e immagini: campionamento e quantizzazione.
- Enhancement di segnali e immagini.
- Denoising e Restoration di segnali e immagini.
- Trasformazione di segnali e immagini.
- Compressione.
- Ricostruzione da proiezioni.

A cura dell'Ing. Merone:

- Introduzione alla Computer Vision.
- Segmentazione delle immagini.
- Elaborazione Morfologica.
- Elaborazione dei segnali e delle immagini digitali con MATLAB.
- Segmentazione
- Estrazione Feature
- Introduzione alle reti convolutive
- Applicazioni di Computer Vision Con MATLAB: Image Classification, Object Detection, Face Recognition

## Metodi didattici

Il corso si compone di lezioni frontali (36 ore), in cui vengono affrontati gli argomenti teorici, ed esercitazioni (12 ore) in cui vengono risolti insieme allo studente problemi pratici legati all'analisi di sistemi di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

La verifica dell'apprendimento è effettuata attraverso la valutazione di un homework e tramite una prova orale.

Tramite l'homework si mira ad accertare

1. conoscenze e capacità di comprensione applicate alla formulazione di soluzioni e alla soluzione di problemi di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.
2. autonomia di giudizio nella scelta delle soluzioni a problemi di elaborazione.

La prova orale mira ad accertare

3. conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
4. abilità comunicative nella descrizione formale di argomenti di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.
5. capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni originali a problemi di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.



Il voto finale, in trentesimi, è ottenuto come media (50% sui punti 1 e 2, 50% sui punti 3 e 4) degli esiti dell'homework e della prova orale espressi in trentesimi.

L'esame è superato se il candidato raggiunge almeno i 18/30.

L'attribuzione della lode è basata sul punto 5 e richiede, come condizione necessaria, il conseguimento di una votazione di 30/30.

### Testi di riferimento

- Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Elaborazioni delle immagini digitali, Prentice Hall
- Anil K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall
- dispense del docente

### Altre informazioni

Conoscenza e capacità di comprensione:

- Conoscenza del modello di segnale e di immagine digitale, delle loro forme di rappresentazione, dei sistemi e delle proprietà dei sistemi di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.
- Capacità di comprendere problemi che coinvolgono i segnali e le immagini digitali e i sistemi di elaborazione con particolare riferimento ad applicazioni biomediche.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate:

- Conoscenza pratica delle tecniche di caratterizzazione e di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.
- Capacità di risolvere problemi di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.

Autonomia di giudizio:

- Capacità di applicare in modo autonomo e critico le tecniche di elaborazione apprese per la soluzione di problemi di elaborazione di segnali e immagini.

Abilità comunicative:

- Capacità di descrivere in modo coerente e chiaro sistemi e processi di elaborazione dei segnali e delle immagini.
- Capacità di formalizzare e descrivere in modo coerente e chiaro problemi e soluzioni di elaborazione dei segnali e delle immagini.

Capacità di apprendere:

- Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo.

**L'attività didattica è offerta in:**

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	6	ING-INF/05

*Stampa del 13/10/2023*

# **Elettronica e sensori per applicazioni biomediche [ 2201047 ]**

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** MARCO SANTONICO

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## **Obiettivi formativi**

Il corso fornirà le competenze e le conoscenze necessarie sui sensori per grandezze fisiche chimiche e biologiche e sul loro interfacciamento elettronico per un'ottimizzazione del segnale di uscita.

## **Prerequisiti**

Conoscenze di base dell'elettronica

## **Contenuti del corso**

Parte I (14 ore)

Grandezze fondamentali caratterizzanti la risposta, la sensibilità, il rumore, la risoluzione, la selettività e la specificità.

Segnali transitanti attraverso i sensori. Circuiti equivalenti dei sensori.

Trasduttori per sensori. Tecnologia dei sensori: microsensori e nanosensori.

Tecniche di recupero del segnale quando il rapporto segnale/rumore è minore di uno. Interfacce.

Teoremi delle reti applicati a semplici interfacce tra sensori e sistemi di elaborazione.

Partitori generalizzati e loro comportamento nel dominio del tempo e della frequenza.

Parte II (24 ore)

Studio approfondito dell'amplificatore operazionale nel campo dei filtri e dell'amplificazione differenziale.

Procedimenti di ottimizzazione delle interfacce. Picoammeter. Elettrometro. Configurazioni basate su opamp.

Regolatori serie e parallelo. Generatori di corrente e di tensione.

Sensori chimici e fisici. Teoria degli oscillatori.

Esperienze di laboratorio al fine di acquisire abilità sperimentali nella progettazione e trattamento dell'elettronica di interfaccia (10 ore).

## **Metodi didattici**

Lezioni frontali (38 ore), in cui verranno presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.

Sviluppo di un progetto (10 ore) dove lo studente potrà avvalersi delle conoscenze acquisite durante il corso. Il progetto, realizzato da piccoli gruppi di 3-5 studenti, riguarderà lo studio e la realizzazione pratica di un dispositivo elettronico atto alla rilevazione di grandezze chimiche o fisiche.

## **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Esame orale.

Lo studente dovrà dimostrare una adeguata conoscenza e capacità di comprensione degli aspetti teorico pratici che sono alla base dei sensori e del loro interfacciamento elettronico. Dovrà essere in grado di applicare le conoscenze acquisite in particolari contesti applicativi inerenti il campo biomedico. Durante la prova orale lo studente esporrà il progetto sviluppato durante il corso per valutare le sue abilità comunicative e di giudizio su un contesto applicativo specifico. Inoltre, le capacità progettuali acquisite durante il corso verranno verificate chiedendo allo studente di dimensionare, adattare o combinare soluzioni circuitali su richieste specifiche proposte in sede di esame.

Criteria di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Nel calcolo del voto d'esame la valutazione del progetto avrà a disposizione fino ad un massimo di 10 punti, assegnati dopo la sua discussione durante la prova orale. I restanti 21 punti saranno assegnati in base alle

domande sul materiale del corso che verranno proposte allo studente nel proseguo della prova orale. La lode verrà attribuita agli studenti che avranno conseguito una votazione superiore a 30.

### **Testi di riferimento**

Materiale a cura del docente

Arnaldo D'Amico, Corrado Di Natale, Introduzione ai sensori, Ed. Aracne, 2008

Bibliografia aggiuntiva:

Paul Horowitz/Winfield Hill-'L'arte dell'elettronica'-Zanichelli

Sergio Franco – 'Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits' – McGraw Hill Higher Education; 3rd edition.

Sedra/Smith- 'Circuiti per la microelettronica'-Edises

### **Altre informazioni**

Conoscenza e capacità di comprensione

Il corso fornirà allo studente le conoscenze dei fondamenti, riconosciuti a livello internazionale, che attengono i sensori per grandezze chimiche, biologiche e fisiche, con l'intendimento di inferire una profonda comprensione dei meccanismi che stanno alla base del loro funzionamento.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate

L'allievo dovrà conoscere gli aspetti teorico-scientifici della disciplina trattata nel corso e, attraverso questi, essere in grado di identificare e risolvere, con contributi progettuali originali, problemi complessi.

Autonomia di giudizio

L'allievo dovrà confrontarsi con le problematiche relative a particolari contesti applicativi reali, diversificati ed inerenti il campo biomedico

Abilità comunicative

Lo studente dovrà sviluppare l'abilità di comunicare, in maniera chiara e sintetica, il funzionamento di un sensore ed il suo interfacciamento elettronico.

Capacità di apprendere

L'allievo acquisterà l'abilità di estrarre dai sensori in modo ottimale tutte le possibili informazioni mantenendo un rapporto segnale/rumore favorevole tramite lo studio e la progettazione di interfacce elettroniche

**L'attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Sistemi di eHealth	6	ING-INF/01

*Stampa del 13/10/2023*

# Impianti Ospedalieri [ 2201216 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:** FABIO FIAMINGO

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso fornisce una panoramica sulla corretta realizzazione ed esercizio sicuro ed efficiente degli impianti a servizio di un ospedale e in particolare del sistema elettrico utilizzatore.

L'obiettivo principale è quello di sviluppare la conoscenza delle tipologie di sistema elettrici utilizzatori, tipicamente in esercizio in una struttura ospedaliera, focalizzando l'attenzione sulle criticità che occorre gestire (i.e. alimentazione di emergenza, gestione del guasto, etc.).

Una parte del corso è dedicata a cenni riguardanti gli impianti meccanici (i.e. ventilazione e climatizzazione; idrico sanitario, antincendio.)

## Prerequisiti

Elettrotecnica – Impianti Elettrici

## Contenuti del corso

Cenni sulla normativa di riferimento norme CEI e norme UNI (4 ore)

Richiami relativi agli effetti della corrente elettrica sul corpo umano: effetti termici; contrazioni muscolari; fibrillazione cardiache. Curve di pericolosità; valore dell'impedenza del corpo umano. Cenni di primo soccorso. (2 ore)

Protezione dal rischio elettrico: contatti diretti. Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla tensione nominale di esercizio; sistemi SELV, PELV e FELV. Sistemi di distribuzione TT, TN ed IT. Misure di protezione dai contatti diretti; gradi di protezione degli involucri. (4 ore)

Protezione dal rischio dei contatti indiretti. Definizione di Massa e Massa estranea; classificazione dei componenti. Misure di protezione dai contatti indiretti che non prevedono l'interruzione automatica dell'alimentazione in caso di guasto; misure di protezione dai contatti indiretti che prevedono l'interruzione automatica dell'alimentazione: sistemi di protezione nei sistemi TT, TN, IT. Protezione combinata contro contatti diretti e indiretti. (4 ore)

Le condutture elettriche di bassa tensione: i cavi in PVC ed EPR; concetti di dimensionamento. (4 ore)

La sicurezza elettrica del paziente in ospedale: microshock. Sicurezza degli apparecchi elettrici elettromedicali: correnti di dispersione. Pericoli per il paziente ed il personale medico; il sistema IT-M. (8 ore)

Richiami di Psicrometria –Grandezze caratteristiche dell'aria umida, umidità specifica, grado igrometrico e umidità relativa, entalpia specifica, diagrammi psicrometrici, equazioni di bilancio per la trasformazione dell'aria, riscaldamento dell'aria umida, raffreddamento dell'aria umida, umidificazione adiabatica dell'aria umida, umidificazione e vapore dell'aria umida, miscelazione adiabatica di due portate di aria umida, recupero di calore, ciclo invernale e ciclo estivo dei trattamenti dell'aria umida. (6 ore)

Impianti di ventilazione e climatizzazione - Sistemi a portata d'aria costante, sistemi VAV, sistemi climatizzazione sala operatoria, ricambia d'aria, centrali trattamento aria. (4 ore)

Sistema di supervisione BMS (4 ore)

Impianto idrico sanitario (4 ore)

Impianto antincendio (4 ore)

## Metodi didattici

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.

Durante il corso il docente si avvarrà anche di strumenti di realtà immersiva per "visitare" locali tecnici e locali medici.

Ore lezioni 40

Ore esercitazioni 8

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Le conoscenze vengono verificate mediante una prova orale in cui viene chiesto di illustrare gli argomenti trattati durante il corso.

Durante la prova si vuole verificare la conoscenza di quanto studiato; oggetto di valutazione sono la capacità di comprensione e la capacità di comprensione applicate, l'autonomia di giudizio e, non ultimo, l'abilità comunicativa

secondo quanto indicato negli obiettivi formativi a cui si rinvia per maggiore dettaglio.

La prova, in generale, è effettuata, normalmente, su tre domande;

Il docente si riserva la possibilità di effettuare una prova alternativa con domande a risposta multipla a tempo finito; in questo caso le domande saranno 30 e il tempo della prova 45 min.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi.

Ogni domanda è valutata con un punteggio da 0 a 10; la somma dei voti ottenuti è il voto finale. Il candidato per essere approvato deve raggiungere la sufficienza in tutte e tre le domande.

### Testi di riferimento

Impianti elettrici nei locali medici: verifiche ed INAIL autore F.Fiamingo - GL Amicucci

Appunti a cura del docente

### Altre informazioni

- Conoscenza e comprensione dei criteri di progettazione degli impianti elettrici e meccanici (cenni)
- Capacità di comprensione e di applicazione di norme tecniche con specifico riferimento alle norme per la progettazione degli impianti elettrici e meccanici.
- Consapevolezza delle problematiche relative alla sicurezza e rischi connessi con l'esercizio degli impianti .

Al fine di un proficuo apprendimento è necessaria la conoscenza di argomenti riguardanti l'elettrotecnica di base, il sistema elettrico trifase, macchine elettriche.

Conoscenze e capacità di comprensione

Lo studente acquisirà la conoscenza e la capacità di comprensione delle nozioni fondamentali riguardanti il sistema elettrico utilizzatore, con particolare attenzione relativamente ai tipi di sistemi di distribuzione realizzabili, i componenti principali che li costituiscono e, non ultimo le criticità che possono presentarsi durante l'esercizio degli stessi.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate

Lo studente sarà in grado d'individuare e descrivere i componenti elettrici presenti nei locali medici (quadri, condutture, nodi equipotenziali etc.), inoltre riuscirà a comprendere operativamente i dettami tecnici definiti dalla normativa tecnica vigente.

Sarà inoltre in grado d'interpretare lo schema elettrico unifilare di un sistema medio/grande d'impianto elettrico a servizio di una struttura ospedaliera.

Autonomia di giudizio

Lo studente sarà in grado d'individuare autonomamente sul campo eventuali difformità dalla regola dell'arte del sistema elettrico utilizzatore.

Abilità comunicative

Lo studente sarà in grado d'interfacciarsi con un professionista del settore impianti (ingegnere progettista o installatore) e trasferire o raccogliere informazioni riguardanti il sistema elettrico in esame

Capacità di apprendere

Lo studente acquisirà la capacità di leggere e interpretare correttamente la normativa tecnica del settore elettrico emanata dal Comitato Elettrotecnico Italiano; in particolare durante il corso sarà oggetto di studio la norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e 1.500 V in corrente continua"

**L'attività didattica è offerta in:**

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Ingegneria Clinica	6	ING-IND/10, ING-IND/33

Stampa del 13/10/2023

# Informatica per Sistemi Embedded [ 2201228 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** LUCA VOLLERO

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso ha come scopo quello di fornire strumenti avanzati per la comprensione della struttura dei microcontrollori, la loro programmazione di basso livello e le problematiche di progettazione e sviluppo di sistemi edge IoT.

## Prerequisiti

-

## Contenuti del corso

A cura del Prof. Vollero:

- L'Architettura dei Sistemi di Calcolo.
- La memoria centrale e modi di indirizzamento.
- Il Sistema di Input/Output.
- Il sistema delle interruzioni.
- Sincronizzazione CPU-periferica: I/O programmato, I/O con interruzioni. DMA. Processori di I/O.
- Il linguaggio macchina e introduzione al linguaggio assembly.
- Gestione dei sottoprogrammi in linguaggio macchina: problema del collegamento e del passaggio dei parametri.
- Uso dello stack per il collegamento e per l'allocazione del record di attivazione.

A cura dell'Ing. Sabatini

- Progettazione di firmware su sistemi embedded
- Scheduler su sistemi embedded e RTOS
- Interfacciamento sensori
- Gestione task in parallelo su sistemi embedded
- Comunicazione dati

## Metodi didattici

Il corso si compone di lezioni frontali (36 ore), in cui vengono affrontati gli argomenti teorici, ed esercitazioni (12 ore) in cui vengono risolti insieme allo studente problemi pratici legati alla progettazione e sviluppo di componenti di sistemi IoT edge.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

La verifica dell'apprendimento è effettuata per mezzo della valutazione di un homework e di una prova orale.

L'homework mira ad accertare

1. conoscenze e capacità di comprensione applicate all'analisi di problemi di progettazione di sistemi IoT edge.
2. autonomia di giudizio nella valutazione e scelta delle soluzioni a problemi di progettazione di sistemi di IoT edge.

La prova orale mira ad accertare

3. conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
4. abilità comunicative nella descrizione formale di argomenti di progettazione di sistemi IoT edge.
5. capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni originali a problemi di progettazione di sistemi IoT edge.

Il voto finale, in trentesimi, è ottenuto mediante una media (50% sui punti 1 e 2, 50% sui punti 3 e 4) degli esiti dell'homework e della prova orale espressi in trentesimi.

L'esame è superato se il candidato raggiunge almeno i 18/30.

L'attribuzione della lode è basata sul punto 5 e richiede, come condizione necessaria, il conseguimento di una votazione di 30/30

## Testi di riferimento

- David A. Patterson, John L. Hennessy, Struttura e progetto dei calcolatori, progettare con RISC-V, Zanichelli

- C. Hamacher, Z. Vranesic, S. Zaky, Introduzione all'architettura dei calcolatori 3/ed, McGraw-Hill
- Tannenbaum, T. Austin. Structured Computer Organization (6th Edition). Prentice Hall. Morgan Kaufmann
- Dispense del docente

### Altre informazioni

Conoscenza e capacità di comprensione:

- Conoscenza dei modelli principali di sistema di calcolo programmabile, dei modelli di programmazione e di interfacciamento I/O, dei protocolli di networking e della progettazione di sistemi edge IoT.
- Capacità di comprendere il funzionamento di sistemi di calcolo programmabile, di software di controllo, interfacciamento e networking.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate:

- Conoscenza di tecniche di analisi e progettazione di software per la gestione di sistemi a microcontrollore.
- Capacità di progettare il software di gestione e interfacciamento di un sistema a microcontrollore.

Autonomia di giudizio:

- Capacità di applicare in modo autonomo e critico le tecniche di progettazione apprese per la soluzione di problemi di progettazione di sistemi edge IoT.

Abilità comunicative:

- Capacità di descrivere in modo coerente e chiaro i modelli e i sistemi appresi nel corso.
- Capacità di formalizzare e descrivere in modo coerente e chiaro problemi e soluzioni relative a sistemi edge IoT.

Capacità di apprendere:

- Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo.

**L'attività didattica è offerta in:**

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Sistemi di eHealth	6	ING-INF/05

*Stampa del 13/10/2023*

# Ingegneria chimica degli organi artificiali [ 2201045 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** VINCENZO PIEMONTE

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Scopo del corso è quello di fornire agli allievi la conoscenza dei principi di funzionamento e i criteri di calcolo e dimensionamento degli organi artificiali e bioartificiali.

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione sui principi di progettazione di organi artificiali

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari.

Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

## Prerequisiti

nessuno

## Contenuti del corso

Introduzione all'ingegneria degli organi artificiali (2h)

Trasferimento di materia negli organi artificiali. Diffusione e convezione. Diffusione e reazione. Numeri adimensionali (10h di cui 5h per esercitazioni).

Cinetiche enzimatiche, enzimi liberi ed intrappolati (5h di cui 1,5h per esercitazioni).

Cinetiche cellulari (3h).

Bioreattori cellulari (3h di cui 1,5h per esercitazioni).

Gli elementi degli organi artificiali: membrane, colonne di adsorbimento, criteri per il calcolo delle principali apparecchiature (5h di cui 2h per esercitazioni).

Il rene artificiale: dialisi, proprietà delle membrane, clearance, modelli farmacocinetici paziente-dispositivo (6h di cui 2h per esercitazioni);

Il fegato artificiale e bioartificiale: detossificazione del sangue, adsorbimento; funzioni di sintesi e bioreattori (6h di cui 2h per esercitazioni).

Polmone artificiale: ossigenatori, problemi di trasporto e scambio (4h).

Sistema Gastro-intestinale artificiale per biodisponibilità di farmaci (2h)

Pancreas Artificiale (2h)

## Metodi didattici

Le lezioni si svolgeranno attraverso una didattica frontale tesa a fornire gli elementi per l'analisi e la progettazione dei processi e attraverso esercitazioni di gruppo per sviluppare le capacità di lavorare in team e confrontarsi con la risoluzione di problemi reali.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le capacità relative all'ingegneria degli organi artificiali sono verificate mediante una prova orale, basata su 2 diversi argomenti, della durata complessiva di circa 50'. La prima domanda vertirà su argomenti di base e mirerà alla valutazione delle capacità applicative e di giudizio, mentre la seconda sarà dedicata ad aspetti più progettuali dell'ingegneria degli organi artificiali, con lo scopo di valutare le capacità di apprendimento e di comunicazione.

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Le due domande contribuiranno con un peso paritario alla composizione del voto finale. Il candidato potrà aspirare alla lode, rispondendo perfettamente alle due domande dimostrando un notevole capacità di rielaborazione dei contenuti del corso. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi di riferimento

Dispense del docente.

Annesini M.C., Marrelli L., Piemonte V., Turchetti L., Artificial Organ Engineering, Springer, 2017, ISBN 978-1-4471-6442-5, ISBN 978-1-4471-6443-2.



### **Altre informazioni**

Al termine del corso, lo studente è in grado di progettare e ottimizzare organi artificiali quali fegato artificiale, rene artificiale, polmone artificiale, pancreas e sistema gastro-intestinale artificiale.

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

### **L'attività didattica è offerta in:**

#### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	6	ING-IND/24

*Stampa del 13/10/2023*

# Ingegneria Tissutale [ 2201241 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:** ALBERTO RAINER

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso fornisce gli elementi necessari alla comprensione delle basi teoriche e applicative dell'ingegneria tissutale, che ha come obiettivo la produzione di tessuti biologici ottenuti combinando cellule e strutture di supporto in biomateriali, allo scopo di favorire la rigenerazione di tessuti e organi.

## Prerequisiti

Conoscenze di base nell'ambito della chimica e della scienza dei materiali sono considerate utili.

## Contenuti del corso

(12h): Introduzione all'ingegneria tissutale; fenomeni di trasporto all'interno dei tessuti; aspetti generali della coltura cellulare in 2D e 3D; interazione cellula-cellula e cellula-matrice; adesione e migrazione cellulare.

Parte II (8h): lo scaffold; biomateriali per l'ingegneria tissutale; utilizzo di fattori di crescita e cellule staminali nell'ingegneria tissutale.

Parte III (8h): esempi applicativi: osso, cartilagine, cute, vasi sanguigni; bioreattori e device microfluidici per l'ingegneria tissutale; cenni di meccanobiologia.

Parte IV (20h): metodologie di laboratorio di ingegneria tissutale.

## Metodi didattici

Il corso avrà un taglio fortemente applicativo e fornirà le competenze di base dell'ingegneria tissutale, integrando lezioni frontali (16h) con esercitazioni di laboratorio a gruppi (32h), che si avvarranno della strumentazione disponibile presso il Laboratorio Didattico di Chimica e il Laboratorio di Ingegneria Tissutale.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

L'apprendimento sarà valutato mediante una prova scritta a stimolo chiuso (3 domande) con risposta aperta della durata di 2 ore, che comprenderanno gli aspetti teorici e pratico/applicativi del programma.

La prova scritta mira ad accertare

1. Conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
2. Capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni (anche originali) a problemi inerenti l'ingegneria dei tessuti.
3. Abilità comunicative nella descrizione formale degli argomenti del corso, esprimendo chiaramente e senza ambiguità le proprie conclusioni, e le conoscenze e le considerazioni che le sottendono, a interlocutori specialisti e non specialisti
4. autonomia di giudizio nella scelta di approcci di ingegneria tissutale.
5. la capacità di impegnarsi in modo autonomo nell'apprendimento permanente.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Per superare l'esame con un voto prossimo a 18/30, lo studente deve dimostrare di aver acquisito una conoscenza sufficiente dei principi fondamentali dell'ingegneria tissutale, e di saper relazionare con sufficiente dettaglio le esperienze di laboratorio.

Per conseguire un punteggio pari o superiore a 27/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccordare in maniera logica e coerente le nozioni teoriche con le esperienze di laboratorio. La lode sarà riservata agli elaborati che, oltre ad aver ottenuto il punteggio massimo in tutte le domande, dimostreranno una eccellente capacità espositiva e saranno corredati da grafici e schemi a supporto delle risposte.

## Testi di riferimento

Dispense distribuite dal docente e pubblicazioni scientifiche, disponibili sul sito <http://elearning.unicampus.it>

I seguenti testi sono consigliati come approfondimento:

- Current protocols in molecular biology. Wiley NY
- Bruce Alberts, Molecular Biology of the cell, Garland publishing
- Kate Wilson & John Walker, Biochimica e biologia molecolare: principi e tecniche. Cortina Ed.

- Benjamin Lewin, Il gene, Zanichelli
- Robert A. Brown, Extreme Tissue Engineering: Concepts and Strategies for Tissue Fabrication, Wiley-Blackwell

### **Altre informazioni**

Conoscenza e capacità di comprensione:

- Conoscenza dei principi dell'ingegneria tissutale
- Conoscenza delle principali tecniche di caratterizzazione chimico-fisica e biologica applicati nell'ingegneria tissutale

Conoscenza e capacità di comprensione applicate:

- Capacità di progettare e realizzare costrutti di ingegneria tissutale

Autonomia di giudizio:

- Capacità di effettuare in modo autonomo scelte inerenti l'analisi dei requisiti e la progettazione di prodotti di ingegneria tissutale

Abilità comunicative:

- Capacità di dialogare con professionisti del settore utilizzando un lessico specifico

Capacità di apprendere:

- Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo fruendo della letteratura scientifica di settore.

**L'attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	6	ING-IND/34

*Stampa del 13/10/2023*

# Inglese Generale [ 22011C1 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:**

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso è finalizzato al raggiungimento del livello B2 CEFR. Le attività didattiche sono impartite da docenti madrelingua che collaborano con il Centro linguistico di Ateneo.

## Prerequisiti

Ogni studente è tenuto a sostenere un test di posizionamento per individuare il livello iniziale di conoscenza della lingua inglese. Gli studenti con un livello iniziale uguale o superiore al livello B2 CEFR sono esonerati dal corso e dall'esame di idoneità dopo una verifica orale. Gli studenti in possesso di certificazioni linguistiche di livello B2 o superiore possono ottenere l'esonero previa domanda all'attenzione del Centro Linguistico d'Ateneo (cla@unicampus.it).

## Contenuti del corso

Nel corso curricolare semestrale da 3 CFU si approfondiscono le strutture logico-grammaticali e il vocabolario della lingua inglese al fine di consentire il raggiungimento del livello B2 CEFR.

## Metodi didattici

Il corso viene erogato in aula attraverso lezioni frontali ed esercitazioni e organizzato per livello di conoscenza della lingua inglese. È assicurata la presenza di docenti madrelingua.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Esame di idoneità

La verifica dell'apprendimento viene effettuata attraverso una prova scritta composta da esercizi di grammatica, comprensione del testo, scrittura e ascolto.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

Le conoscenze lessicali e grammaticali e le abilità relative alla comprensione e alla produzione scritta sono verificate mediante una prova scritta e una di ascolto con rispettivo test di comprensione a risposta aperta di livello associato all'obiettivo del corso. Le abilità comunicative (speaking) vengono valutate dal docente durante il corso attraverso attività interattive. Il risultato della prova è espresso come giudizio di idoneità. Per conseguire l'idoneità lo studente dovrà ottenere un punteggio totale uguale o maggiore al 60%.

## Testi di riferimento

Libro di testo: Life

Editore:  National Geographic Learning; 2° edizione

Moduli e unità del libro verranno indicati dal docente durante la prima lezione del corso.

## Altre informazioni

Ogni studente è tenuto a sostenere un test di posizionamento per individuare il livello iniziale di conoscenza della lingua inglese. Alla fine del corso, lo studente dovrà aver acquisito un livello di inglese B2 CEFR.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al termine del corso, lo studente dovrà essere in grado di:

- dialogare, leggere e scrivere brani in lingua inglese, rispondere a domande di comprensione del testo;
- produrre un testo scritto di argomento generale.

Autonomia di giudizio

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla propria capacità di comprensione del testo ascoltato e sulla elaborazione di un testo in inglese usando gli strumenti che l'insegnante proporrà con gradualità durante il corso. Gli studenti saranno sollecitati alla verifica autonoma sia attraverso la correzione di propri elaborati

che di verifica sul livello di comprensione dei testi analizzati durante le lezioni frontali.

**Abilità nella comunicazione**

Lo studente dovrà essere in grado di comunicare in modo chiaro e grammaticalmente corretto.

**Capacità di apprendere**

Lo studente dovrà dimostrare una partecipazione attiva interagendo in lingua inglese con l'insegnante e con l'aula.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	3	L-LIN/12

*Stampa del 13/10/2023*

# IoT Systems Design [ 2201219 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** LUCA VOLLERO, GIUSEPPE CINQUE

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

L'obiettivo del corso è quello di fornire allo studente le conoscenze teoriche e pratiche necessarie alla progettazione e allo sviluppo di sistemi IoT.

## Prerequisiti

-

## Contenuti del corso

A cura del Docente:

- Architettura di uno Smart Object (SO)
- Interconnessione di SO
- Introduzione al concetto di "pila" protocollare
- Internet Protocol e suo uso nella costruzione di applicazioni IoT
- Protocolli di livello applicazione per l'IoT
- Analisi dati per sistemi IoT
- Security in sistemi IoT

## Metodi didattici

Il corso si compone di lezioni frontali (50%), in cui vengono affrontati gli argomenti teorici, e videolezioni (50%) in cui lo studente lavora individualmente su argomenti specifici successivamente discussi e approfonditi col docente.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

La verifica dell'apprendimento è effettuata per mezzo di due test intracorso, un homework e una prova orale.

L'homework mira ad accertare

1. conoscenze e capacità di comprensione applicate alla formulazione di soluzioni e alla soluzione di problemi di progettazione di sistemi IoT.
2. autonomia di giudizio nella valutazione e nella scelta delle soluzioni a problemi di progettazione di sistemi IoT.

La prova orale e le prove intracorso mirano ad accertare

1. conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
2. abilità comunicative nella descrizione formale di argomenti del corso.
3. capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni originali a problemi di progettazione di sistemi IoT.

Il voto finale, in trentesimi, è ottenuto mediante una media pesata (50% sui punti 1 e 2, 50% sui punti 3 e 4) degli esiti delle prove espressi in trentesimi.

L'esame è superato se il candidato raggiunge almeno i 18/30.

L'attribuzione della lode è basata sul punto 5 e richiede, come condizione necessaria, il conseguimento di una votazione di 30/30.

## Testi di riferimento

- David Hanes, Gonzalo Salgueiro, Patrick Grossetete, Rob Barton, Jerome Henry, "IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things", CISCO Press

## Altre informazioni

Conoscenza e capacità di comprensione:

- Conoscenza dei protocolli e dei sistemi di rete, dei componenti un'architettura IoT, dei loro ruoli e delle loro interazioni.
- Capacità di comprendere l'architettura di un sistema IoT e il funzionamento dei suoi componenti.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate:

- Conoscenza pratica di progettazione e implementazione di sistemi IoT.
- Capacità di comprendere e risolvere problemi relativi lo sviluppo e il mantenimento di sistemi IoT.

Autonomia di giudizio:

- Capacità di applicare in modo autonomo scelte inerenti la progettazione di sistemi IoT.

Abilità comunicative:

- Capacità di descrivere in modo coerente e chiaro l'architettura e il funzionamento di un sistema IoT e dei suoi componenti.
- Capacità di formalizzare e descrivere in modo coerente e chiaro problemi e soluzioni inerenti la progettazione di sistemi IoT.

Capacità di apprendere:

- Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo.

**L'attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Sistemi di eHealth	6	ING-INF/05

*Stampa del 13/10/2023*

# Machine Learning & Big Data Analytics [ 2201235 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:** PAOLO SODA

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il Corso di Machine Learning & Big Data Analytics (ML) ha come principale obiettivo che gli studenti acquisiscano i concetti di base del Machine Learning, ovvero il settore della Computer Science che si occupa della realizzazione di sistemi e algoritmi, reti neurali eventualmente profonde incluse, che si basano su osservazioni come dati per la sintesi di nuova conoscenza. Ad esempio, l'apprendimento può avvenire catturando caratteristiche di interesse provenienti da esempi, strutture dati o sensori, per analizzarne e valutarne le relazioni tra le variabili osservate.

## Prerequisiti

Nessuna

## Contenuti del corso

- Introduzione, definizione del concetto di learning e del pattern recognition, definizioni varie, metodologia e processo di analisi, concetto di descrittore o feature (~1 ora);
- Modello del processo di analisi dei dati, semplice esempio di cosa significhi classificare sulla base dell'esperienza, esempio del riconoscimento ittico, overfitting, underfitting (~1 ora);
- Tipi di classificatori, classificazione supervisionata, non supervisionata, semi-supervisionata, regressione (~1 ora);
- Metodi di valutazione delle prestazioni, metodologie sperimentali, cross-validation, matrice di confusione, metriche derivate dalla matrice di confusione, la curva ROC (~2 ore);
- Il teorema di Bayes e il classificatore bayesiano (~2 ore);
- Classificatore non parametrico: Nearest Neighbor (NN) e sua estensione (kNN), affidabilità delle decisioni del kNN, considerazioni computazionali (~1 ora);
- Support Vector Machine (SVM): algoritmo di apprendimento, i tipi di kernel, il problema dello XOR; affidabilità delle decisioni (~1 ora);
- Alberi decisionali (~2 ore);
- Feature selection e PCA (~2 ore);
- Metodi di classificazione basati sulla decomposizione binaria di problemi multiclasse (~2 ore);
- Sistemi Multi-Esperto: bagging e boosting, AdaBoost; random forest (~2 ore)
- Unsupervised learning, clustering (~3 ore);
- Metodi per la regressione (lineare, logistica, kNN, alberi, SVR) (~2 ore);
- Introduzione alle reti neurali: modello del neurone, funzioni di trasferimento, il perceptrone, LMS (~3 ore);
- Deep learning: gradiente discendente stocastico, introduzione MLP, il problema della saturazione, Error-Backpropagation, cross-entropy, Softmax, ReLU, Tecniche per combattere overfitting (ad es. regolarizzazione L1 e L2, dropout), il problema del gradiente evanescente o esplosivo (~4 ore);
- Deep learning: Reti convolutive, adattamento di Error-Backpropagation (~3 ore);
- Deep learning: autoencoders (~2 ore);
- Deep learning: U-Net e YOLO Net (~2 ore);
- Laboratorio: crash course in Python e PyTorch (~3 ore);
- Laboratorio: uso Python e PyTorch per applicazioni di quanto esposto nel programma (~9 ore);

## Metodi didattici

L'insegnamento si basa su lezioni frontali ed esercitazioni al computer, utilizzando pacchetti open-source o proprietari. La suddivisione tra didattica frontale e le esercitazioni al computer è pari a 70%-30%, rispettivamente, salvo necessità specifiche che possono emergere durante l'insegnamento.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

Le conoscenze e le abilità relative al corso sono verificate mediante due prove. La prima consiste in un lavoro sperimentale da svolgersi in piccoli gruppi e da presentare in aula o in sede di colloquio orale. Lo scopo di questa prova è verificare che lo studente abbia acquisito la capacità di utilizzare i modelli computazionali per la soluzione problemi di classificazione, clustering e regressione, attraverso l'uso di strumenti software disponibili per l'applicazione di metodi di Machine learning e deep learning.

Agli studenti verrà fornito un dataset reale con la specifica del problema da risolvere; ad esempio, si può fornire un



insieme di dati su un segnale biomedico acquisito con una certa metodica, richiedendo agli studenti di sviluppare un algoritmo in grado di predire il valore futuro del segnale stesso.

Nel lavoro sperimentale gli elementi presi in considerazione sono quelli descritti nei risultati di apprendimento specifici, come ad esempio la logica adottata nella risoluzione del problema, la correttezza della procedura individuata, l'uso degli strumenti software presentati a lezione.

La seconda prova consiste in un colloquio orale, che vuole verificare che lo studente abbia acquisito un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche dei principali modelli computazionali per il ML. Durante la prova orale gli elementi presi in considerazione sono quelli descritti nei risultati di apprendimento specifici, come ad esempio la logica seguita dallo studente nella formulazione della risposta al quesito, la correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito, l'impiego di un linguaggio appropriato.

Un esempio di domanda potrebbe essere: "esporre il modello decisionale ad albero".

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

La definizione del voto finale è determinata principalmente dal colloquio orale, che pesa al 75%, e che ha una durata massima di 60 minuti.

In relazione alla valutazione del lavoro sperimentale e del colloquio orale, ciascuno degli elementi descritti in precedenza pesa in modo paritario nella valutazione della prova di laboratorio, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

Inoltre, il gruppo che otterrà i migliori risultati nel lavoro sperimentale, comunque superiori ad una certa soglia minima determinata sulla base della complessità del problema, avrà diritto ad +1/+2 punti sulla valutazione finale.

Per conseguire un punteggio pari o superiore a 30/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccoriarli in modo logico e coerente.

La lode si consegue dimostrando un alto grado di conoscenza degli argomenti e degli strumenti di simulazione, dimostrando un alto grado di autonomia e di giudizio, e mostrando un'alta qualità di esposizione.

## Testi di riferimento

Materiale didattico utilizzato

- Duda, et al. Pattern classification. John Wiley & Sons, 2012 (capitoli 1,2,4,8)
- Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani - An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer Texts in Statistics (capitoli 3 e 4)
- Dispense e slides fornite dal docente

Materiale didattico consigliato

- Charu C. Aggarwal - Data Mining the Textbook. Springer 2015.
- Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. "Deep learning book." MIT Press 521.7553 (2016)

## Altre informazioni

Conoscenza e capacità di comprensione

Principi alla base dell'apprendimento supervisionato e non supervisionato.

Metodi e strumenti del machine learning e del deep learning, nonché dell'elaborazione di grandi quantità di dati.

Metodi di validazione.

Criteri di progettazione di un sistema di classificazione, per l'apprendimento supervisionato, e di clusterizzazione nell'apprendimento non supervisionato. Criteri di progettazione di una procedura di validazione sperimentale sulla base delle caratteristiche dell'insieme di dati a disposizione.

Strumenti software per lo sviluppo di sistemi di apprendimento.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate

Lo studente dovrà acquisire delle competenze specifiche:

- Saper interpretare in modo appropriato i principali passi degli algoritmi per il Machine e Deep Learning;
- Acquisire la capacità di utilizzare i modelli computazionali per la soluzione di classici problemi di classificazione, clustering e regressione;
- Saper affrontare un problema (semplice) di analisi dei dati per sintetizzare nuova conoscenza realizzando semplici sistemi decisionali (ad es. per prendere delle decisioni a seguito dell'elaborazione di un segnale, immagine o video);
- Saper utilizzare strumenti software disponibili per l'applicazione di metodi di Machine learning, Deep Learning e Big Data analytics.

Autonomia di giudizio

Lo studente dovrà:

- Sapere giudicare quali siano le scelte adeguate da intraprendere per la risoluzione di casi applicativi reali.
- sapere giudicare le principali caratteristiche dei modelli computazionali presentati
- sapere valutare l'adeguatezza di una procedura sperimentale.

Abilità comunicative

Lo studente dovrà saper redigere, presentare ed esporre delle possibili soluzioni progettuali a casi applicativi reali.

Dovrà inoltre saper esporre con adeguato linguaggio tecnico i contenuti dell'insegnamento.

### Capacità di apprendere

Lo studente dovrà sviluppare quelle capacità di apprendimento necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia. In particolare, lo studente dovrà:

- Acquisire un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche dei principali modelli computazionali per l'apprendimento (ad es. teoria bayesiana della decisione, reti neurali, deep learning, classificatori lineari e kernel, metodi di combinazione dei classificatori, feature extraction e feature selection, etc.);
- Comprendere i metodi per la sintesi di nuova conoscenza;
- Comprendere i fondamenti dei metodi per la definizione di una procedura sperimentale e per la valutazione delle prestazioni;
- Comprendere la potenzialità del Machine e Deep Learning per lo sviluppo di applicazioni mediche, per la visione artificiale, per l'analisi dei dati;
- Apprendere l'uso di opportuni ambienti di sviluppo per l'applicazione dei metodi di Machine e Deep Learning.

### L'attività didattica è offerta in:

#### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	6	ING-INF/05

*Stampa del 13/10/2023*

# Meccatronica per i Sistemi Biomedicali [ 2201144 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:** FABRIZIO TAFFONI

**Periodo:** Ciclo Annuale Unico

## Obiettivi formativi

Il corso mira a rendere lo studente in grado di: (i) analizzare criticamente dispositivi, macchine e sistemi biomedicali per ricostruire l'architettura funzionale e la logica delle scelte progettuali, (ii) valutare lo stato dell'arte relativo a problemi tecnici specifici e riutilizzarlo (iii) progettare sistemi che integrano meccanica, elettronica e informatica, con una ripartizione ottimale delle funzioni; (iv) gestire l'acquisizione e l'elaborazione di flussi dati multimodali. Accanto alle conoscenze teoriche di cui sopra, lo studente svilupperà competenze nell'uso di strumenti software per: l'analisi di dati e simulazione di sistemi meccatronici; la programmazione di microcontrollori; la progettazione di schede elettroniche.

## Prerequisiti

Prerequisiti:

Elettronica analogica e digitale (livello elementare): componenti passive e porte logiche. Meccanica delle trasmissioni e delle attuazioni: componenti e modelli. Elementi di automazione Linguaggio C/C++ e Matlab.

## Contenuti del corso

MODULO 1: Introduzione alla meccatronica; richiami teorici, basi di progettazione meccatronica, modellazione dei sistemi (circa 20 ore).

Introduzione alla biomeccatronica; richiami di teoria dei sistemi: classificazione e sistemi di ordine 0,1,2; funzione di trasferimento e modo proprio di un sistema; risposta armonica e diagramma di Bode. Modellazione dei sistemi fisici principi generali di modellazione; principi di modellazione (equivalenze/esempi). Esempi di modellazione di sistemi meccatronici.

MODULO 2: Elettronica per sistemi embedded (circa 30 ore).

Microcontrollori per la meccatronica e progettazione elettronica; principi di progettazione PCB; introduzione ai microcontrollori e criteri di scelta; principali periferiche dei microcontrollori per sistemi embedded: il microcontrollore PIC16F887A; introduzione all'ambiente di sviluppo CCS; esempi di programmazione; esercitazioni di laboratorio sull'ambiente di programmazione CCS.

MODULO 3: Percezione artificiale nei sistemi meccatronici (circa 24 ore).

Definizione di sensore e di trasduttore, classificazione dei trasduttori, proprietà principali dei sensori. Funzione dei sensori nei sistemi meccatronici e classificazione dei sensori artificiali. Sensori di posizione: switch, encoders, potenziometri, sensori a effetto Hall. Misurazione della distanza: triangolazione, tempo di volo. Sensori di prossimità: sensori a ultrasuoni e a infrarossi. Sensori di forza: strain gauge, sensori di forza/coppia. Accelerometri e giroscopi, applicazioni in meccatronica e robotica. Sensori Magnetici. Esempio di sistema vestibolare artificiale.

MODULO 4 Attuatori convenzionali e non per sistemi meccatronici e controllo di basso livello; principi di progettazione meccanica ed esempi (circa 20 ore).

Classificazione e principi di funzionamento degli attuatori per macchine biomeccatroniche. Criteri di scelta e dimensionamento dei sistemi di attuazione. Motori elettrici: motori DC, brushless e stepper. Architetture di controllo, controllo a retroazione, implementazione del controllore. Sorgenti di energia per sistemi meccatronici. Descrizione delle principali componenti meccaniche per sistemi meccatronici. Tecnologie di fabbricazione.

MODULO 5: Navigazione e controllo di piattaforme meccatroniche mobili (circa 24 ore)

Vincoli olonomi e non olonomi. Classificazione delle piattaforme meccatroniche mobili e definizione del modello cinematico e dinamico. Tecniche di pianificazione del movimento; Strategie di controllo ed esempi di algoritmi di navigazione autonoma.

MODULO 6 Progetto in Laboratorio (circa 26 ore).

Progetto sperimentale svolto dallo studente come parte integrante del corso. Il progetto è svolto presso il Laboratorio Didattico e presso il Laboratorio di Robotica Avanzata e Tecnologie Centrate sulla Persona dell'Università Campus Bio-Medico di Roma con le attrezzature sperimentali, i componenti e i sistemi meccatronici e robotici disponibili presso tali laboratori.

## Metodi didattici

Lezioni frontali in cui si affrontano i principali elementi teorici oggetto del corso; queste lezioni occuperanno circa 90 ore di didattica frontale.

Esercitazioni in aula o in laboratorio per trasferire competenze pratiche legate alla progettazione di sistemi meccatronici e biomeccatronici (30 ore)

Agli studenti verrà assegnato un progetto pratico da svolgere in gruppo. Ai gruppi verrà chiesto di progettare e sviluppare un sistema per risolvere un problema specifico che verrà presentato all'inizio del secondo semestre (24 ore)

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità relative alle nozioni del corso di meccatronica vengono verificate mediante un esame che si suddivide in una prova pratica/progettuale di gruppo ed in una prova orale individuale.

La prova di gruppo consta nell'integrazione di una piattaforma meccatronica in grado di assolvere uno specifico task di prova. La prova si considera superata quando il task viene eseguito. In caso di fallimento del task verrà assegnato un voto di gruppo pari a 18. In caso di esecuzione del task, verrà stilata una graduatoria tenendo in considerazione parametri multipli (a titolo di esempio: tempo impiegato, consumo energetico, etc.).

Nella prova orale individuale ciascuno studente sarà esaminato da almeno due membri della commissione d'esame in maniera indipendente. Uno dei due membri verificherà l'acquisizione delle conoscenze teoriche oggetto del corso, l'altro verificherà la capacità dello studente di applicare le competenze apprese attraverso la discussione del progetto realizzato. Ogni membro assegnerà un voto massimo di 33 e alla fine dell'interrogazione il voto complessivo della prova orale sarà dato dalla media aritmetica delle votazioni assegnate dai due membri della commissione d'esame.

### **Testi di riferimento**

Dispense e materiali didattici forniti dal docente tramite la piattaforma di e-learning del campus:  
<http://elearning.unicampus.it>.

### **Altre informazioni**

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscenza delle principali caratteristiche e componenti dei dispositivi meccatronici per applicazioni biomedicali; conoscenza delle principali tecniche di progettazione di dispositivi meccatronici e delle principali tecnologie di fabbricazione degli stessi.
- Conoscenza e capacità di comprensione applicate: capacità di definire i requisiti e le specifiche tecniche di un sistema meccatronico; capacità di selezionare i componenti commerciali più appropriati per l'applicazione richiesta e di progettare i componenti meccanici ed elettronici non disponibili sul mercato.
- Autonomia di giudizio: capacità di valutare e discutere in autonomia le diverse soluzioni progettuali che si hanno a disposizione durante la progettazione di un sistema meccatronico, valutando i pro e i contro delle diverse soluzioni proposte; capacità di valutare le funzionalità e le performance di un sistema meccatronico rispetto ai requisiti richiesti.
- Abilità comunicative: capacità di spiegare con chiarezza, utilizzando i termini tecnico-scientifici appropriati, le caratteristiche delle componenti principali di un sistema meccatronico (sensori, attuatori, microcontrollori, firmware); capacità di presentare in maniera chiara ed esaustiva le scelte progettuali fatte durante lo svolgimento del progetto di laboratorio.
- Capacità di apprendere: la metodologia fornita durante le lezioni frontali e soprattutto durante le esercitazioni di laboratorio dovrebbero consentire allo studente di utilizzare in autonomia nuovi componenti elettronici e meccanici anche al di fuori di quelli presentati a lezione, e di progettare autonomamente parti di un sistema meccatronico secondo le specifiche richieste.

**L'attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	18	ING-IND/34

*Stampa del 13/10/2023*

# Mechanics of Biological Systems [ 2201232 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** ALESSIO GIZZI

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

L'insegnamento si propone di fornire agli allievi la conoscenza e la comprensione dei criteri di modellazione biomeccanica teorica e computazionale (tessuti soffici fibro-rinforzati, elettromeccanica muscolare e cardiaca) e le metodologie e gli strumenti per l'analisi critica della letteratura scientifica in ambito biomeccanico. Inoltre, l'insegnamento si propone di introdurre l'allievo alla relazione di un report scientifico.

## Prerequisiti

Nessuna propedeuticità specifica.

Fortemente consigliate nozioni di meccanica dei continui, materiali, anatomia e fisiologia.

## Contenuti del corso

Il corso è organizzato in un unico modulo articolato su:

- Concetti introduttivi alla meccanica dei continui in deformazioni finite (10h): cinematica generalizzata e decomposizione moltiplicativa; derivazione delle equazioni costitutive a partire da un potenziale termodinamico; materiali iperelastici e comportamenti fuori dall'equilibrio.
- Modelli biomeccanici multifisici e multiscale di sistemi biologici (30h): formulazioni multifisiche (elettro-meccanica, termo-meccanica, plasticità, frattura) tramite decomposizione moltiplicativa del gradiente di deformazione e decomposizione additiva del potenziale di energia; modellazione multiscale omogeneizzata della microstruttura di cellule, tessuti ed organi (fibre di collagene, fibre muscolari); descrizione statistica delle proprietà biomeccaniche dei tessuti tramite tensori di struttura medi; stato dell'arte in meccanobiologia e sfide future.
- Metodi risolutivi di modelli biomeccanici di sistemi biologici (20h): ricostruzione e discretizzazione del dominio fisico da immagini biomedicali; formulazione variazionale per implementazione ad elementi finiti.

## Metodi didattici

Lezioni frontali (4 CFU) che introducono gli argomenti del corso e presentano e discutono casi di studio estratti dalla letteratura scientifica di riferimento.

Flipped classroom (1 CFU) che affrontano argomenti specifici in campo biomeccanico.

Seminari avanzati (1 CFU) a cura di esperti nel campo della ricerca e dell'industria.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità apprese durante il corso saranno valutate tramite una prova progettuale sviluppata durante il corso e tramite una prova orale alla fine del corso.

La prova progettuale (valutata al massimo 15/30 che impegna lo studente durante il corso con studio proprio e ricevimenti costanti con il docente) verterà sulla redazione di un report scientifico (max 10 pagine) concernente uno specifico tema dell'attuale ricerca biomeccanica. Nel report gli studenti dovranno applicare nozioni pregresse di meccanica, anatomia e fisiologia nonché comprensione di un testo in inglese. Ci si attende che gli studenti applichino le nozioni acquisite durante il corso e siano in grado di sviluppare in maniera critica gli argomenti di studio in modo da valutare la loro capacità di comprensione teorica ed applicata, capacità di apprendere ed autonomia di giudizio.

La prova orale (valutata al massimo 15/30 che impegna lo studente per 10 minuti a cui seguono circa 10 minuti di domande e discussione dei temi presentati) verificherà il grado e l'apprendimento delle conoscenze fornite allo studente in termini di biomeccanica di tessuti ed organi, elasticità finita, modellazione teorico-computazionale e prevede che lo studente illustri oralmente il report scientifico sulla base di slide di supporto proiettate durante la prova utilizzando il linguaggio tecnico scientifico acquisito durante il corso. Ci si aspetta che lo studente acquisisca abilità comunicative in lingua inglese.

La valutazione complessiva della prova progettuale e della prova orale è espressa in trentesimi come media aritmetica delle due prove con votazione minima di 18/30. La lode è concessa agli studenti che abbiano prodotto un report scientifico di livello pregevole e che siano stati in grado di argomentare e rispondere a domande mirate concernenti gli argomenti trattati durante il corso.

## Testi di riferimento

- 1) Nonlinear Solid Mechanics: A Continuum Approach for Engineering, G.A. Holzapfel, ISBN: 978-0-471-82319-3, 2000.
  - 2) Nonlinear Theory of Elasticity: Applications in Biomechanics, L.A. Taber ISBN-10: 9812387358
  - 3) An Introduction to Biomechanics: Solids and Fluids, Analysis and Design, J.D. Humphrey ISBN-10: 1493926225
- Dispense da parte del docente.  
Presentazioni da parte del docente e da parte di esperti internazionali.

### **Altre informazioni**

Risultati di apprendimento specifici:

Conoscenza e capacità di comprensione. Il corso fornirà gli elementi necessari alla comprensione dei fondamenti teorico-scientifici della modellazione biomeccanica dei materiali e sistemi biologici dalla scala micrometrica alla scala macroscopica, con specifico riferimento alle loro applicazioni biomediche.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate. A valle del corso, gli studenti avranno acquisito le competenze necessarie per la comprensione di trattati scientifici e la loro trasposizione in modelli matematici biomeccanici per la simulazione numerica del comportamento fisiologico e patologico di tessuti, organi e sistemi biologici. Grazie a modalità di didattica innovativa, quali flipped classroom e seminari avanzati, gli studenti acquisiranno abilità di ragionamento logico che hanno portato alla costruzione di un modello biomeccanico.

Autonomia di giudizio. Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche, acquisendo le competenze necessarie alla valutazione della modellazione biomeccanica in ambito biomedico.

Abilità comunicative. A valle del corso, gli studenti avranno sviluppato abilità comunicative tali da dialogare con esperti internazionali in ricerca biomeccanica utilizzando un lessico scientifico.

Capacità di apprendere. Gli studenti saranno in grado di reperire informazioni fruendo della letteratura scientifica di settore ed in grado di costruire modelli biomeccanici di sistemi biologici.

**L'attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Nanotecnologie e Sistemi Bioartificiali	6	ICAR/08

*Stampa del 13/10/2023*

# Misure e Strumentazione per la Diagnostica Clinica (c.i.) [ 2201139 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** SERGIO SILVESTRI, VALERIO CUSIMANO

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Scopo del corso è quello di fornire allo studente le informazioni necessarie per la conoscenza dei principi su cui è fondata la strumentazione biomedica maggiormente utilizzata in ambito clinico. L'aspetto formativo sui fondamenti viene integrato dalla analisi delle principali tecnologie e dall'approfondimento di quanto attiene la struttura progettuale dell'apparecchiatura ai fini dell'assolvimento della funzione diagnostica o di supporto terapeutico. I fenomeni di interazione paziente-apparecchiatura ed apparecchiatura-impianto vengono analizzati con particolare riguardo a quanto inerente alla qualità diagnostica e la sicurezza.

Inoltre, consente di aumentare la capacità di identificare problemi reali (esperienza del factum rationis) e risolverli con la competenza professionale. Permette allo studente di esercitarsi a gerarchizzare i problemi osservati (mettere a prova il proprio sistema assiologico) e di sperimentare cosa voglia dire mettere il finis operis a servizio del finis operantis (unita di vita nell'esercizio della professione).

## Prerequisiti

Nessuna

## Contenuti del corso

Misure e Strumentazione Biomedica

Introduzione (3 ore lezione)

La strumentazione biomedica: finalità, progettazione ed impiego. L'ingegnere clinico e la sua formazione. Il sistema ospedale: modi di operare delle diverse professionalità. Compiti dell'ingegnere clinico: valutazioni tecnico-economiche della strumentazione biomedica, sicurezza di esercizio, gestione della manutenzione.

Avanzamento tecnologico. Interfaccia uomo-macchina e macchina-impianto.

Misure dei parametri caratteristici della meccanica polmonare (6 ore lezione)

Comportamento meccanico dei polmoni. Modellistica. Grandezze fondamentali della meccanica polmonare.

Spirometria. Pneumotacografia. Pletismografia.

Macchine per anestesia (5 ore lezione, 1 ora esercitazione)

Introduzione e principio di funzionamento. Schema di principio. Agenti anestetici principali. Vaporizzatore. Circuito paziente chiuso ed aperto.

Ventilatori polmonari (5 ore lezione, 1 ora esercitazione)

Schema di principio di un ventilatore polmonare. Metodi di rilevamento dei parametri respiratori. Modelli e tecniche di ventilazione. Ventilazione in alta frequenza. Ventilatori per anestesia e terapia intensiva. Analisi dei gas. Umidificazione.

La misura della pressione sanguigna (4 ore lezione)

Introduzione e fisiologia. Metodi non invasivi: metodo del polso, auscultatorio, oscillometrico. Considerazioni sulle cause di incertezza con metodi non invasivi. Metodi invasivi, cause di incertezza, analisi delle caratteristiche metrologiche del sistema di misura con catetere.

Elettrocardiografo ed elettroencefalografo (6 ore lezione)

Rilevamento dei potenziali cardiaci. Schema di principio di un elettrocardiografo. Prestazioni degli elettrocardiografi.

Elettrocardiografi policanali. L'elettroencefalogramma. EJB. Sistema 10-20. Potenziali evocati. Elettroencefalografi digitali.

Pacemaker (3 ore lezione)

Funzione del pacemaker e schema di principio. Pacemaker sincrono ed asincrono. Codice ICHD. Alimentazione.

Elettrocateri. Programmazione del pacemaker e controllo del paziente.

Defibrillatore (5 ore lezione)

Defibrillatore in corrente alternata e continua. Impiego sincronizzato. Defibrillatori impiantabili.

Pompe per infusione (3 ore lezione)

Introduzione e modalità di infusione. Metodo gravimetrico. Pompe peristaltiche lineari e rotatorie. Schema funzionale di una pompa a controllo gocce. Prestazioni delle pompe. Continuity Variance.

Elettrobisturi (6 ore lezione)

Effetti della corrente nel corpo umano. Tecniche di taglio, coagulo e miste. Classificazione degli elettrobisturi.

Elettrodo neutro. Schema di principio del circuito elettrobisturi-paziente. Rischi della corrente di dispersione.

Etica applicata:

Introduzione e Sistema assiologico per l'Ingegneria Biomedica (2 ore lezione)

Principio di collegamento dei fini (Finis Operis e Finis Operantis) (2 ore lezione)  
Training nei vari reparti dell'ospedale sotto la supervisione di un medico del policlinico (16 ore)  
Brainstorming (4 ore)

### **Metodi didattici**

Lezioni frontali in cui vengono descritti ed analizzati gli argomenti del corso con l'ausilio di esempi pratici che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici (50 ore). Esercitazioni dimostrative di tipo applicativo in laboratorio (2 ore). Training nei vari reparti dell'ospedale sotto la supervisione di un medico del policlinico (16 ore). Brainstorming (4 ore).

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

Lo studente dovrà gerarchizzare gli argomenti che espone con proprietà di linguaggio e dovrà mostrare di possedere un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti del programma del corso, dovrà esporre gli argomenti in modo chiaro, appropriato, sintetico ed efficace.

Misure e Strumentazione Biomedica: Le conoscenze, la comprensione e le capacità acquisite vengono verificate mediante una prova orale in cui viene richiesto di esporre argomenti specifici, riguardanti la strumentazione biomedica di uso clinico, la conoscenza dei principi di funzionamento e di alcuni dettagli tecnologici della strumentazione biomedica, nonché di saper applicare i concetti appresi a casi concreti.

Etica Applicata: Le conoscenze, la comprensione e le capacità acquisite vengono verificate mediante una prova orale in cui viene richiesto di esporre attraverso presentazione power point 1) il problema identificato durante il periodo trascorso presso i reparti del policlinico, 2) le soluzioni trovate dallo studente per risolvere il problema identificato, 3) la valutazione etica della soluzione migliore mediante il Sistema Assiologico. Almeno due giorni prima della prova orale, lo studente dovrà inviare, al docente del modulo, una tesina in cui verrà riportato: il problema identificato e le soluzioni trovate. Un template della tesina verrà fornito agli studenti da utilizzare come esempio. È possibile sostenere la verifica del modulo di Misure e Strumentazione Biomedica solo dopo aver sostenuto positivamente la verifica del modulo di Etica Applicata.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Misure e Strumentazione Biomedica: sarà chiesto di esporre due argomenti dai docenti, per una durata massima pari ad 1 ora. Per ciascun argomento, sulla base di domande di difficoltà crescente poste dal docente, lo studente dovrà dimostrare conoscenza in merito all'argomento e la solidità delle conoscenze di base che ne sono il fondamento, può essere chiesto di dimostrare la competenza nell'applicazione delle conoscenze a casi concreti. A ciascun argomento i docenti assegneranno fino ad un massimo di 31 punti. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame è superato solo se si consegue una votazione maggiore o uguale a 18/30. Al termine dell'interrogazione la valutazione assegnata sarà la media dei punti ottenuti dallo studente per ciascun argomento.

Etica Applicata: I docenti assegneranno un punteggio fino ad un massimo di 26 punti alla presentazione ed un punteggio di massimo 5 punti alla tesina. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame è superato solo se si consegue una votazione maggiore o uguale a 18/30. La valutazione assegnata sarà la somma dei punti ottenuti dallo studente per quanto riguarda la presentazione e la tesina.

È possibile sostenere la verifica del modulo di Misure e Strumentazione Biomedica solo dopo aver sostenuto positivamente la verifica del modulo di Etica Applicata.

Sul voto finale la valutazione di Etica Applicata peserà 1/3 e la valutazione di Misure e Strumentazione Biomedica peserà 2/3. La lode sarà assegnata per un punteggio finale superiore a 30.

### **Testi di riferimento**

F.P. Branca, "Fondamenti di Ingegneria Clinica" Vol. I, Springer

J. G. Webster "Medical Instrumentation: Application and Design" Wiley

Etica Biomedica: Appunti delle lezioni

Ulteriore materiale didattico verrà comunicato dal docente all'inizio delle lezioni e/o caricato su e-learning

### **Altre informazioni**

#### **CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE**

Il corso si propone di fornire conoscenze in merito ai concetti di base riguardanti la strumentazione biomedica di uso clinico, la conoscenza dei principi di funzionamento e di alcuni dettagli tecnologici della strumentazione biomedica maggiormente diffusa ed utilizzata in ambito sanitario.

#### **CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE APPLICATE**

Lo studente dovrà essere in grado di descrivere il principio di funzionamento di una apparecchiatura biomedica anche in relazione alla fisiologia umana. Dovrà essere in grado di scegliere e valutare l'impiego di un sistema volto a soddisfare specifiche necessità di misura o monitoraggio, in ambito clinico.

Aumentare la capacità di identificare problemi reali (esperienza del factum rationis) e risolverli con la competenza professionale.

Esercitarsi a gerarchizzare i problemi osservati (mettere a prova il proprio sistema assiologico).

Sperimentare cosa voglia dire mettere il finis operis a servizio del finis operantis (unità di vita nell'esercizio della professione).

#### **AUTONOMIA DI GIUDIZIO**



Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti del programma del corso.

#### ABILITÀ COMUNICATIVE

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro, appropriato, sintetico ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo logico a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

#### CAPACITÀ DI APPRENDERE

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

**L'attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	9	ING-IND/12, MED/43

*Stampa del 13/10/2023*

# Principi di Progettazione Ergonomica [ 2201141 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:** LOREDANA ZOLLO

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso si propone di introdurre al settore della Ergonomia e fornire allo Studente:

- 1) solide conoscenze teoriche per analizzare, valutare e progettare ambienti di lavoro attraverso un approccio di tipo "user-centred", che guarda alla salvaguardia del benessere e della salute dell'uomo con un'azione di tipo preventivo;
- 2) abilità che si possono riassumere in:
  - (i) basi pratiche per l'analisi, la valutazione e la progettazione ergonomica dello spazio di lavoro, con particolare riferimento alle linee di produzione industriale e agli ambienti d'ufficio;
  - (ii) competenze sugli strumenti di modellazione e progettazione.

## Prerequisiti

-

## Contenuti del corso

- Introduzione (4 ore) – Definizioni; Obiettivi dell'ergonomia; Descrizione dei suoi ambiti di intervento (fisica, cognitiva, organizzativa).
- Modulo sui fondamenti dell'ergonomia (10 ore):  
Elementi di Antropometria: dati antropometrici statici e funzionali, database e tecniche di scaling, aree e volumi di raggiungibilità; – Richiami di biomeccanica: movimenti, attività muscolare statica e dinamica, forza muscolare, postura eretta e postura assisa; elementi di fisiologia del lavoro: costo metabolico delle attività, ambienti termici, illuminamento, rumore; – Azione umana e errore.
- Modulo di progettazione dello spazio di lavoro (30 ore):  
Progettazione centrata sull'utente; Progettazione di linee di produzione industriale; Progettazione di ambienti di ufficio; Work measurement e speed accuracy trade-off; Norme e standard di valutazione delle attività di movimentazione manuale dei carichi, delle attività che comportano movimenti ripetuti dell'arto superiore, e delle posture statiche (ISO 11228-1, 11228-2, 11228-3, 11226).
- Modulo sull'interazione uomo-macchina (4 ore):  
Principi dell'interazione uomo-macchina; Valutazione "human-oriented" dei robot collaborativi e degli esoscheletri.

## Metodi didattici

Lezioni frontali (32 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso e casi di studio sull'applicazione a problemi specifici.

Seminari (4 ore) su alcune applicazioni dell'ergonomia, per esempio sull'ottimizzazione delle linee di produzione industriale e sulla progettazione degli ambienti d'ufficio.

Esercitazioni in aula (12 ore) per insegnare l'uso di alcuni strumenti hardware e software per l'analisi, la valutazione e la progettazione ergonomica.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Le conoscenze relative al corso sono verificate mediante prova orale a stimolo chiuso e stimolo aperto e con risposta aperta.

La valutazione delle conoscenze acquisite verrà effettuata da una commissione costituita dai docenti del corso, che verificheranno l'apprendimento delle conoscenze teoriche oggetto del corso, e dai tutor del corso, ai quali gli studenti dovranno mostrare la loro capacità di applicare le conoscenze teoriche ad un problema pratico.

La prova orale mira ad accertare:

1. Conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
2. Capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni (anche originali) a problemi di progettazione ergonomica.
3. Capacità di applicare i metodi e gli strumenti presentati durante il corso per la risoluzione di problemi di valutazione e progettazione ergonomica
4. abilità comunicative nella descrizione formale degli argomenti del corso, esprimendo chiaramente e senza ambiguità le proprie conclusioni, e le conoscenze e le considerazioni che le sottendono, a interlocutori specialisti e non specialisti in contesti nazionali e internazionali

5. autonomia di giudizio nella scelta delle soluzioni a problemi di progettazione ergonomica e capacità di gestire attività o progetti tecnici o professionali complessi nel loro campo di studio e di assumersi la responsabilità di prendere decisioni

6. la capacità di impegnarsi in modo autonomo nell'apprendimento permanente

E' prevista una durata massima della prova orale di 45 minuti.

Durante la prova orale la commissione esaminatrice farà tre domande volte ad accertare la conoscenza da parte dello studente degli argomenti trattati a lezione. Le tre domande sono valutate con uguale peso (11 punti per ciascuna domanda).

L'esame è superato se il candidato raggiunge almeno i 18/30.

La valutazione finale viene formulata come somma delle valutazioni sulle tre domande. La lode viene attribuita agli studenti che abbiano conseguito il punteggio massimo su tutte le domande raggiungendo un punteggio finale superiore a 30/30.

### Testi di riferimento

MS Sanders, EJ McCormick "Human Factors In Engineering and Design"- Mc Graw Hill.

D Meister, TP Enderwick "Human factors in system design, development and testing" – Taylor & Francis

Dispense e materiali didattici forniti dal docente.

Bibliografia aggiuntiva:

Donald A. Norman, La caffettiera del Masochista, Editore: Giunti, Anno edizione: 1997, ISBN: 88-09-21027-1.

### Altre informazioni

Conoscenza e capacità di comprensione

- Principi alla base della progettazione degli ambienti di lavoro con un approccio di tipo "user-centred".
- Metodi e strumenti di valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico, direttive e standard ergonomici, principi di riduzione del rischio in ambiente lavorativo
- Criteri di progettazione ergonomica del lavoro e di gestione del rischio e sicurezza sul lavoro

Conoscenze e capacità di comprensione applicate:

- Capacità di impostare con approccio "user-centred" il progetto di macchine, sistemi e ambienti pensati per l'interazione, la cooperazione o l'interfacciamento con l'uomo in contesti lavorativi
- Capacità di applicare i metodi e gli strumenti più usati per la valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico, le direttive e gli standard ergonomici, e i principi di riduzione del rischio in contesti lavorativi
- Capacità di progettare postazioni di lavoro secondo gli standard ergonomici e di gestire il rischio e la sicurezza sul lavoro con metodi aggiornati.

Autonomia di giudizio:

Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di esercizi su tematiche trattate in aula e di attività pratiche di analisi e valutazione ergonomica attraverso strumenti di analisi comportamentale e strumenti di modellazione.

Capacità di apprendimento:

Il corso persegue un approccio di coinvolgimento attivo dello studente nel proprio percorso formativo, stimolando la rivisitazione e l'approfondimento di competenze acquisite negli studi precedenti, e l'applicazione dei concetti appresi ad ambiti specifici.

Abilità comunicative e soft skill:

L'insegnamento si propone inoltre di sviluppare abilità relative alla sfera delle abilità comunicative e delle soft-skill per operare in team e in contesti multidisciplinari. Tale obiettivo sarà perseguito cercando di promuovere il coinvolgimento proattivo degli studenti durante le ore di didattica frontale e attraverso la conduzione di esercitazioni in aula che richiedono la messa in pratica delle nozioni teoriche apprese.

**L'attività didattica è offerta in:**

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Biorobotica e Ergonomia6		ING-IND/34

Stampa del 13/10/2023

# Robotica Industriale e Medica [ 2201142 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** LOREDANA ZOLLO

**Periodo:** Ciclo Annuale Unico

## Obiettivi formativi

Il corso si propone di introdurre al settore della Robotica Medica e Industriale e fornire allo Studente:

- 1) solide conoscenze teoriche per l'analisi, la modellazione, la progettazione e lo sviluppo di sistemi robotici per applicazioni mediche ed industriali;
- 2) abilità che si possono riassumere in:
  - (i) basi pratiche per l'analisi, lo sviluppo ed il controllo di sistemi robotici;
  - (ii) competenze sugli strumenti di modellazione e progettazione di sistemi robotici.

## Prerequisiti

Fondamenti di Matlab

## Contenuti del corso

- Introduzione (2 ore) - definizione di robotica industriale e biomedica; principali strutture di manipolatori e componenti base.
- Modulo di fondamenti di Robotica (64 ore):
  - Cinematica dei robot – Richiami di algebra matriciale; Coppie cinematiche e cinematismi; Vincoli olonomi e anolonomi; Cenni di analisi e sintesi di cinematismi; Richiami di cinematica del corpo rigido; Posizione ed orientamento di un corpo rigido; Matrici di Rotazione; Angoli di Eulero; Asse/angolo e quaternione; Cinematica diretta.
  - Cinematica differenziale e statica – Cinematica differenziale; Jacobiano geometrico e jacobiano analitico; Singolarità cinematiche; Ridondanza; Cinematica inversa e algoritmi di inversione cinematica; Statica; Ellissoidi di manipolabilità.
  - Dinamica dei robot – Tecniche di calcolo del modello dinamico; Formulazione di Lagrange; Dinamica diretta e inversa; Proprietà del modello dinamico; Modello dinamico nello spazio operativo; Tecniche di identificazione parametrica ed estrazione dei parametri dinamici da CAD.
  - Pianificazione di traiettoria – Traiettorie nello spazio dei giunti; traiettorie nello spazio operativo.
  - Sistemi di controllo dei robot – Sistemi di controllo in tensione; Sistemi di controllo in coppia; Controllo nello spazio dei giunti e nello spazio operativo; Controllo PID; Controllo PD più compensazione di gravità; Controllo a dinamica inversa.
  - Sistemi di controllo di interazione – Schemi di controllo diretto ed indiretto dell'interazione: classificazione e formulazione matematica; Controllo di cedevolezza; controllo di impedenza; controlli di forza.
  - Asservimento visuale – Principali tecniche di asservimento visuale con enfasi sull'approccio cinematico 'image-based visual servoing'.
- Reti Neurali (2 ore) – Concetto di neurone (struttura e funzionamento) e neurone artificiale; Reti neurali artificiali (caratteristiche generali, funzionamento, classificazione delle architetture e degli algoritmi di apprendimento, applicazioni, esempi applicativi nelle neuroscienze e nella robotica); Central Pattern Generator (esempi negli animali, esempi di applicazioni nella robotica, metodologie di progettazione); Esempio applicativo delle reti neurali e dei CPG: manipolazione ciclica.
- Robotica riabilitativa (2 ore) – Definizione e applicazioni (neuro-riabilitazione e assistenza); cenni generali.
- Modulo di Robotica per diagnosi e chirurgia (24 ore) – Definizione e applicazioni (MIS, MIT, CAS); chirurgia e telechirurgia; Classificazione dei robot per chirurgia; Feedback aptico ed interfacce aptiche; Sistemi Master-Slave; Casi di studio di robot per applicazioni chirurgiche (robot Da Vinci, Zeus, KUKA/LWR, Phantom, Novint Falcon): cinematica, dinamica e controllo; Architetture di controllo per sistemi teleoperati.

## Metodi didattici

Lezioni frontali (80 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.

Seminari (10 ore) su specifiche applicazioni biomediche della robotica, per esempio su protesica di arto superiore o inferiore, chirurgia robotica, riabilitazione robot-mediata.

Esercitazioni in aula e laboratori didattici (25 ore) per insegnare l'uso degli strumenti hardware e software necessari per lo sviluppo ed il controllo dei robot (MATLAB, Simulink, Lego Mindstorm EV3). Esercitazioni in aula (5 ore) per fornire agli studenti gli strumenti necessari per lo svolgimento della prova intercorso programmata a fine primo semestre.

Progetti di gruppo nei quali gli studenti metteranno in pratica gli insegnamenti appresi durante le lezioni frontali. I gruppi saranno composti da un massimo di 7 studenti e dovranno occuparsi dello sviluppo di un sistema robotico per l'esecuzione di un compito specifico definito all'inizio del corso attraverso la costruzione di un manipolatore robotico con Lego Mindstorm EV3 e lo sviluppo dei moduli di controllo e di pianificazione in ambiente MATLAB/Simulink.

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze relative al corso sono verificate mediante prova orale e presentazione dei progettini che prevedono l'uso congiunto del kit Lego Mindstorm EV3 e dei pacchetti software MATLAB e Simulink.

A fine primo semestre sarà inoltre possibile sostenere una prova intercorso per la valutazione dei seguenti argomenti: cinematica diretta ed inversa, cinematica differenziale, statica e pianificazione di traiettoria. Consiste in una prova scritta in parte a stimolo chiuso e risposta chiusa e in parte a stimolo chiuso con risposta aperta.

La valutazione delle conoscenze acquisite verrà effettuata dal docente, che verificherà l'apprendimento delle conoscenze teoriche oggetto del corso, e dai tutor del corso, ai quali gli studenti dovranno mostrare, tramite la discussione del progetto realizzato, la loro capacità di applicare le conoscenze teoriche ad un problema pratico.

La prova orale è sia a stimolo chiuso che a stimolo aperto e con risposta aperta. Durante la prova orale il docente farà tre domande volte ad accertare la conoscenza teorica da parte dello studente degli argomenti trattati a lezione. Due domande faranno riferimento al modulo di fondamenti di robotica ed una domanda farà riferimento agli argomenti degli altri moduli. Le tre domande sono valutate con uguale peso (11 punti).

La presentazione del progetto consiste in una demo del sistema robotico realizzato con il kit Lego Mindstorm EV3 ed una illustrazione dei metodi applicati e dei risultati raggiunti tramite l'utilizzo di slide. Tutti i progettini verranno presentati e discussi alla fine del corso o comunque prima del primo appello d'esame. In sede di discussione dei progettini verranno poste domande specifiche a ciascuno studente per valutare l'apporto individuale al lavoro complessivo.

La prova orale e la discussione dei progetti mirano ad accertare:

1. Conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
2. Capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni (anche originali) a problemi di progettazione e sviluppo di robot.
3. Capacità di applicare i metodi e gli strumenti presentati durante il corso per la risoluzione di problemi di modellazione e controllo dei robot.
4. Abilità comunicative nella descrizione formale degli argomenti del corso, esprimendo chiaramente e senza ambiguità le proprie conclusioni, e le conoscenze e le considerazioni che le sottendono, a interlocutori specialisti e non specialisti in contesti nazionali e internazionali
5. Autonomia di giudizio nella scelta delle soluzioni a problemi di progettazione e sviluppo di robot e capacità di gestire attività o progetti tecnici o professionali complessi nel loro campo di studio e di assumersi la responsabilità di prendere decisioni
6. Capacità di impegnarsi in modo autonomo nell'apprendimento permanente

E' prevista una durata massima della prova orale di 45 minuti e una durata massima della presentazione dei progettini di 30 minuti.

La valutazione finale viene formulata secondo la seguente regola:

- 13/15 del voto finale assegnato mediante la prova orale;
- 2/15 del voto finale assegnato mediante la presentazione dei progettini.

Nel caso di superamento della prova intercorso:

- 10/15 del voto finale assegnato mediante la prova orale;
- 3/15 del voto finale assegnato mediante la prova intercorso;
- 2/15 del voto finale assegnato mediante la presentazione dei progettini.

L'esame è superato se il candidato raggiunge almeno i 18/30.

La lode viene attribuita agli studenti che abbiano conseguito il punteggio massimo su tutte le prove raggiungendo un punteggio finale superiore a 30/30.

### **Testi di riferimento**

B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo, Robotics - Modelling, Planning and Control, Springer 2010.

M. Tavakoli, R.V. Patel, M. Moallem, A. Aziminejad, Haptics for Teleoperated Surgical Robotic Systems, New Frontiers in Robotics series, World Scientific, 2008.

Dispense e materiali didattici forniti dal docente.

Bibliografia aggiuntiva:

R. M. Murray, Z. Li and S. S. Sastry, A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation, CRC Press, 1994.

B. Siciliano, L. Villani, Robot force control, Kluwer, Academic Publishers, Boston, 1999.

D.M. Gorinevsky, A.M. Formalsky, A. Yu. Schneider, Force control of robotics systems, CRC Press, Boca Raton, 1997.

J. J. Craig, Introduction to Robotics - Mechanics and Control, Pearson Prentice-Hall, 2005.

B. Siciliano and O. Khatib Eds., Handbook of Robotics, Springer 2008

### **Altre informazioni**

Conoscenza e capacità di comprensione

- Principi alla base dei sistemi robotici, degli schemi di funzionamento e delle metodiche di analisi, modellazione, progettazione e sviluppo
- Strumenti software di ausilio alla modellazione e progettazione dei sistemi robotici

Conoscenze e capacità di comprensione applicate:

- Capacità di applicare metodi e strumenti di elettronica, informatica, automatica e meccanica all'analisi di sistemi complessi quali quelli robotici per applicazioni industriali e mediche.
- Sviluppare, con metodiche avanzate, sistemi robotici che integrino la componente umana, proponendo anche soluzioni innovative per singoli componenti o per il sistema integrato.
- Capacità di utilizzare gli strumenti software di ausilio alla simulazione, modellazione, e programmazione dei sistemi robotici, per applicazioni in ambito biomedico e in contesti di interazione con l'uomo.

Autonomia di giudizio:

Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di esercizi su tematiche trattate in aula e di attività di progettazione e sviluppo di una struttura robotica semplice attraverso l'uso di kit didattici.

Capacità di apprendimento:

Il corso persegue un approccio di coinvolgimento attivo dello studente nel proprio percorso formativo, stimolando la rivisitazione e l'approfondimento di competenze acquisite negli studi precedenti, e l'applicazione dei concetti appresi ad ambiti specifici.

Abilità comunicative e soft skill:

L'insegnamento si propone inoltre di sviluppare abilità relative alla sfera delle abilità comunicative e delle soft-skill per operare in team e in contesti multidisciplinari. Tale obiettivo sarà perseguito cercando di promuovere il coinvolgimento proattivo degli studenti durante le ore di didattica frontale e attraverso la conduzione di attività di gruppo tese allo svolgimento di attività progettuali semplici che richiedono la messa in pratica delle nozioni teoriche apprese.

**L'attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	15	ING-IND/34

*Stampa del 13/10/2023*

# Strumentazione Diagnostica di Medicina Nucleare e Imaging Ibrido [ 2201234 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:** PAOLO DE FELICE

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

L'insegnamento si propone di fornire conoscenze relative alle tecniche di produzione ed impiego dei più comuni radiofarmaci, alle tecnologie dei sistemi e degli impianti per ottenere immagini anatomico-funzionali con la metodica medico-nucleare, TC, Risonanza Magnetica ed Imaging ibrido.

## Prerequisiti

Nessun prerequisito, oltre a quelli richiesti per l'accesso al corso di Laurea Magistrale

## Contenuti del corso

Radionuclidi e radiofarmaci per diagnostica: produzione ed impiego in Medicina Nucleare per gli esami anatomico-funzionali. Dosimetria dell'attività nucleare. Organizzazione e progetto di un reparto di Medicina Nucleare. Principio di funzionamento della Gamma Camera, tubo fotomoltiplicatore e cristallo a scintillazione, count rate. Gamma Camera Dual Head, Single Head. Principi di SPECT e PET: acquisizione e ricostruzione dell'immagine. Tecnologia e caratteristiche di una PET e di una TC. Tecnologia e caratteristiche di una Risonanza Magnetica. I vantaggi dell'imaging ibrido, la tecnologia dei sistemi SPECT-CT, PET-CT, PET-MR.

## Metodi didattici

Lezioni frontali per 48 ore e visite guidate presso una importante azienda del settore e presso un reparto di medicina nucleare

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Prova scritta ed esame orale.

La prova scritta consisterà nella progettazione preliminare di un reparto di Medicina Nucleare, nella opportuna collocazione delle apparecchiature o nella acquisizione di una nuova tecnologia partendo dalle richieste di un utilizzatore. Gli studenti dovranno dimostrare la capacità di impostare il progetto individuando la soluzione più idonea alle necessità di un ipotetico reparto. Una valutazione positiva della prova scritta (pari al 60% ovvero 9/15) è condizione necessaria per accedere alla prova orale.

La prova orale consisterà nella discussione della prova scritta, che gli studenti dovranno presentare con appropriatezza di linguaggio dimostrando così di avere acquisito le necessarie conoscenze in merito alle tecnologie oggetto della prova scritta.

Successivamente gli studenti dovranno rispondere ad altre due domande relative ad argomenti oggetto del programma e non inclusi nella prova scritta. Con tali domande gli studenti dovranno mostrare la conoscenza e la comprensione delle tecnologie oggetto di programma.

La durata della prova orale è stimata in 30 minuti

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

La valutazione dell'apprendimento prevede un voto finale espresso in trentesimi così suddivisi:

Prova scritta 15 punti che saranno attribuiti sulla base della corretta impostazione del progetto, dell'analisi e delle conclusioni cui gli studenti dovranno arrivare. Sarà valutata inoltre la chiarezza espositiva e la capacità di sintesi.

Prova orale 15 punti attribuiti secondo il seguente criterio: 3 punti relativi alla discussione della prova scritta e 12 punti per la valutazione relativa alle altre due domande di cui fino a due punti saranno attribuiti in funzione della chiarezza espositiva e della proprietà di linguaggio dimostrate.

## Testi di riferimento

Powsner: Essential Nuclear Medicine Physics; Blackwell Publishing Ltd

Donald R. Bernier, Paul Christian (CNMT.), James K. Langan: Nuclear medicine: technology and techniques; Mosby, 1997

Sul sito <http://moodle.unicampus.it/> sono disponibili le slide usate durante il corso, esempi, esercizi svolti, esercizi di esame e dispense fornite dai docenti.

**Altre informazioni**

Conoscenza e comprensione delle tecnologie associate alle metodiche di imaging in Medicina Nucleare  
Capacità di analisi tecnico-qualitativa di apparecchiature per imaging in Medicina Nucleare ed Imaging Ibrido  
Capacità di effettuare la corretta scelta di impianti e tecnologie sulla base di analisi tecnico-qualitative basate sulle caratteristiche di apparecchiature  
Capacità di analisi e valutazione in merito alla collocazione di tecnologie in un reparto di Medicina Nucleare  
Capacità di elaborazione di idee originali per una corretta gestione tecnica degli impianti e delle aree di interesse (reparto di medicina nucleare).

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	6	ING-INF/05

*Stampa del 13/10/2023*



# Strumentazione diagnostica per immagini [ 2201130 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:** SERGIO SILVESTRI

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Scopo del corso è quello di fornire allo studente la conoscenza dei principi su cui è fondata la strumentazione diagnostica per immagini maggiormente utilizzata nelle strutture ospedaliere. L'aspetto formativo sui fondamenti viene integrato dalla analisi delle principali tecnologie e dall'approfondimento di quanto attiene la struttura progettuale dell'apparecchiatura ai fini dell'assolvimento della funzione diagnostica.

## Prerequisiti

Nessuna

## Contenuti del corso

La fisica della radiazione X ed il danno biologico (10 h)

Introduzione. Descrizione di un impianto radiologico. La radiazione elettromagnetica X. Spettro di emissione. Assorbimento. Coefficiente di attenuazione. Contrasto, risoluzione e SNR. Grandezze dosimetriche. Azioni biologiche delle radiazioni ionizzanti.

La generazione dei raggi X ed il tubo radiogeno (4 h)

Costituzione del tubo radiogeno. Anodo rotante. Diagrammi di carico. Macchia focale e sua misura.

L'alimentazione del tubo radiogeno e la formazione dell'immagine radiografica (8 h)

L'alimentazione del tubo radiogeno. Raddrizzatori e controllo della potenza elettrica. La pellicola radiografica. Sviluppo e curva sensitometrica. Caratteristiche di qualità dell'immagine radiografica. FTM. Intensificatori di brillantezza.

La tecnologia dell'apparecchio radiologico (3 h)

Schema di principio di un apparecchio radiologico tradizionale. Accoppiamento trasformatore-tubo. Tempi di esposizione. Alimentazione in alta frequenza.

La radiologia analogica e digitale (5 h)

La catena televisiva. Il segnale video - risoluzione. Radiologia digitale. Confronto fra i sistemi digitali ed analogici. Elaborazione, memorizzazione e presentazione delle immagini.

Principi di tomografia (2 h)

Principi generali di tomografia. La stratigrafia. Apparecchiature speciali. La stereotassi.

Tomografia assiale computerizzata (6 h)

I principi fisici alla base della formazione dell'immagine ricostruita. Attenuazione e unità HU. Il sinogramma. Detettori. La ricostruzione tomografica.

Tomografia ad ultrasuoni (4 h)

La fisica degli ultrasuoni. Grandezze acustiche caratteristiche. La propagazione degli ultrasuoni, diffusione e trasmissione della radiazione. Sonde ecografiche. Risoluzione assiale e laterale. La formazione dell'immagine ecografica. Eco-Doppler. Color e Power Doppler.

Tomografia a Risonanza Magnetica (4 h)

Il fenomeno della Risonanza Magnetica. Tempi di rilassamento. Gradienti. La formazione dell'immagine, il k-space. Sequenze. Tomografo a risonanza magnetica.

## Metodi didattici

Lezioni frontali in cui vengono descritti ed analizzati gli argomenti del corso con l'ausilio di esempi pratici che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici (46 ore). Esercitazione dimostrativa su impianto radiologico (2 ore).

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

Le conoscenze, la comprensione e le capacità acquisite vengono verificate mediante una prova orale in cui viene richiesto di esporre argomenti specifici e di saper applicare i concetti appresi a casi concreti. Lo studente dovrà gerarchizzare gli argomenti che espone con proprietà di linguaggio e dovrà mostrare di possedere un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti del programma del corso. Lo studente dovrà esporre gli argomenti in modo chiaro, appropriato, sintetico ed efficace. L'argomento Tomografia a Risonanza Magnetica è escluso dalla verifica dell'apprendimento.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Al fine di valutare le conoscenze, la comprensione e le competenze acquisite, a ciascuno studente sarà chiesto di esporre due argomenti dai docenti per una durata massima di 1 ora. Per ciascun argomento, sulla base di domande di difficoltà crescente poste dal docente, lo studente dovrà dimostrare la conoscenza e la comprensione dell'argomento nonché la solidità delle conoscenze di base che ne sono il fondamento, eventualmente può essere chiesto di dimostrare la competenza nell'applicazione delle conoscenze a casi concreti. Per ciascun argomento i docenti assegneranno fino ad un massimo di 31 punti. Al termine dell'interrogazione il voto assegnato sarà la media dei punti ottenuti dallo studente per ciascun argomento. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame è superato solo se si consegue una votazione maggiore o uguale a 18/30. La lode sarà assegnata per un punteggio finale superiore a 30.

### Testi di riferimento

F.P. Branca, "Fondamenti di Ingegneria Clinica" Vol. I, Springer.  
J.T. Bushberg et al. "The Essential Physics of Medical Imaging" LWW  
A.B. Wolbarst, G. Cook "Physics of Radiology"

### Altre informazioni

#### CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE

Il corso si propone di fornire conoscenze in merito ai concetti di base riguardanti la strumentazione diagnostica per immagini, la conoscenza dei principi di funzionamento e di alcuni dettagli tecnologici della strumentazione maggiormente diffusa ed utilizzata in ambito sanitario.

#### CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE APPLICATE

Lo studente dovrà essere in grado di descrivere il principio di funzionamento di uno strumento di diagnostica clinica per immagini anche in relazione alla anatomia e fisiologia umana. Dovrà essere in grado di scegliere e valutare l'impiego di un sistema volto a soddisfare specifiche necessità di misura in ambito clinico.

#### AUTONOMIA DI GIUDIZIO

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti del programma del corso.

#### ABILITÀ COMUNICATIVE

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro, appropriato, sintetico ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo logico a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

#### CAPACITÀ DI APPRENDERE

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

**L'attività didattica è offerta in:**

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Ingegneria Clinica	6	ING-IND/12

Stampa del 13/10/2023

# Telematic Applications [ 2201221 ]

Offerta didattica a.a. 2023/2024

**Docenti:** PAOLO SODA

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il Corso di Applicazioni Telematiche ha come principale obiettivo quello di fornire agli studenti: i) i fondamenti delle tecnologie e dei protocolli di comunicazione di una moderna rete di calcolatori, sia a livello infrastrutturale che applicativo, ii) i concetti di base per la progettazione concettuale di una rete e dell'infrastruttura sottostante, iii) le necessarie conoscenze per affrontare l'analisi e lo studio di una rete distribuita di calcolatori.

## Prerequisiti

Nessuna

## Contenuti del corso

Le reti di calcolatori (in parentesi la frazione di ore assegnate a ciascun argomento):

1. Introduzione (~3%)
2. Modello ISO/OSI e TCP/IP (~3%)
3. Livello Fisico, Data Link, Switch, MAC Table (~8%)
4. Livello Network, Router, Routing Table (~9%)
5. Il progetto di reti IP, piano di indirizzamento e dimensionamento, subnetting, routing statico e dinamico (distance vector, rip, ripv2, igrp, ospf) (~9%)
6. VLAN (~5%)
7. Il livello di trasporto (TCP, UDP) (~8%)
8. Application, Presentation, Session Layer (HTTP, HTTPS, DNS, SMTP, POP, IMAP, Peer2Peer) (~9%)
9. Sicurezza: ACL, tipologia di attacchi, vulnerabilità, strategie di mitigazione (~3%)
10. Laboratorio: configurazione, test e risoluzione di problemi in contesti reali o in ambienti di progettazione/simulazione (~35%)
11. Attività esterna: visita ad una sala CED (centro elaborazione dati), sala POP (Point of presence), sala switch (~4%)
12. Analisi delle principali Iniziative Italiane nel E-health: la rete dei medici di base, Telemedicina, il fascicolo sanitario elettronico, CUP, ePrescription, Flussi (~4%)

## Metodi didattici

L'insegnamento si basa su lezioni frontali ed esercitazioni al computer, utilizzando pacchetti open-source o proprietari ed opportuni strumenti di simulazione. La suddivisione tra didattica frontale e le esercitazioni al computer è pari a 60%-40%, rispettivamente, salvo necessità specifiche che possono emergere durante l'insegnamento.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

Le conoscenze e le abilità relative al corso sono verificate mediante due prove. La prima consiste in un lavoro sperimentale da svolgersi individualmente in sede di esame sotto forma di prova al computer utilizzando l'ambiente di simulazione di una rete di calcolatori, che sarà poi discussa in sede di colloquio orale. Lo scopo di questa prova è verificare che lo studente abbia acquisito i criteri di progettazione di una rete di calcolatori, e gli strumenti software per la simulazione e l'analisi delle reti di calcolatori.

La seconda prova consiste in un colloquio orale, che vuole verificare che lo studente abbia acquisito un adeguato livello di conoscenza dei protocolli di rete, dei criteri di progettazione di una rete di calcolatori.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Nella prova pratica, di durata massima di 2 ore, gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella risoluzione del quesito, la correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova di laboratorio, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra

elencati, in proporzione crescente.

Durante la prova orale, di durata massima di 45 minuti, gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella formulazione della risposta al quesito, la correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento, l'impiego di un linguaggio appropriato. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova orale, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

La prova di laboratorio pesa il 30% nella definizione del voto finale.

Per conseguire un punteggio pari o superiore a 30/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccordarli in modo logico e coerente.

### Testi di riferimento

Materiale didattico utilizzato

- Slide del docente
- Introduction to Networks, Cisco

Materiale didattico consigliato

- Reti di calcolatori e Internet. Un approccio top-down. (7a ed.), J. Kurose, K. Ross Pearson, 2017

### Altre informazioni

Risultati di apprendimento specifici:

Conoscenza e capacità di comprensione

Principi alla base dei protocolli di rete, metodi e strumenti di una rete distribuita di calcolatori.

Criteri di progettazione di una rete di calcolatori. Strumenti software per la simulazione e l'analisi delle reti di calcolatori.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate

Lo studente dovrà acquisire le competenze specifiche:

- Saper progettare e analizzare una rete distribuita di calcolatori, con particolare riferimento alla topologia, all'architettura ed ai principali protocolli utilizzati per la trasmissione delle informazioni tra calcolatori.
- Saper utilizzare i componenti fondamentali di una rete, utilizzando un opportuno ambiente di simulazione.

Autonomia di giudizio

Lo studente dovrà saper giudicare quali siano gli elementi fondamentali di una rete di calcolatori da utilizzare per risolvere casi applicativi reali.

Abilità comunicative

Lo studente dovrà saper progettare una rete di calcolatori in un opportuno ambiente di simulazione, e saper esporre con adeguato linguaggio tecnico i contenuti dell'insegnamento.

Capacità di apprendere

Lo studente dovrà saper sviluppare quelle capacità di apprendimento necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia.

**L'attività didattica è offerta in:**

### Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	Ingegneria Clinica	6	ING-INF/05

Stampa del 13/10/2023

# Valutazione del rischio ed elementi di diritto [ 2201037 ]

**Offerta didattica a.a. 2023/2024**

**Docenti:** LEO POGGI, SILVANO BARI

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti gli strumenti essenziali per comprendere come vengono preparate e recepite leggi e normative tecniche di interesse per un ingegnere biomedico, quali sono i principali termini e gli standard utilizzati nella valutazione ed analisi del rischio, quali sono le modalità con cui effettuare una corretta gestione del rischio con specifico riferimento al mondo della sanità e dei dispositivi medici, quali sono le normative sulla protezione dei dati personali e sanitari e come applicarle per assicurarne la protezione.

## Prerequisiti

Nessuna

## Contenuti del corso

Trattasi di corso multidisciplinare con forti interconnessioni tra le materie.

Una parte del corso è focalizzata sulla conoscenza degli elementi di diritto necessari per comprendere le problematiche giuridiche relative alla fornitura ed utilizzo dei dispositivi medici e sulle responsabilità civili e penali connesse.

Un'altra parte del corso è dedicata agli standard e alle metodologie di valutazione e gestione del rischio, alla conoscenza e applicazione della normativa sulla protezione dei dati personali, con specifico riferimento alle strutture che erogano prestazioni sanitarie, alla comprensione e prevenzione dei rischi che si possono presentare nel trattamento dei dati in sanità elettronica (e-health).

La parte centrale del corso, integrata da analisi critica di alcuni casi reali, fornisce gli elementi per comprendere i principali termini utilizzati nella analisi di rischio, il loro corretto utilizzo e stima in alcuni casi elementari; l'inquadramento generale, per il territorio italiano, dell'attività legislativa e normativa attinente la sicurezza sul lavoro (safety); la conoscenza delle leggi e normative di sicurezza che regolamentano i diversi ambiti di alcune specifiche attività ospedaliere.

I contenuti del corso sono dettagliati come segue.

Introduzione al corso (Leo Poggi e Silvano Bari)

Oggetto, fonti, metodo e definizioni fondamentali – Argomenti - Orari e metodiche di svolgimento delle lezioni - Domande e risposte

Modulo A: Valutazione e gestione del rischio e protezione dei dati personali in sanità (Prof. Silvano Bari). Durata: 24 ore.

### 1. Il quadro normativo internazionale

Le norme - La norma giuridica e le fonti del diritto - La norma tecnica e gli standard

La valutazione della conformità e le certificazioni - Normativa tecnica e legislazione -

La normazione europea

### 2. Responsabilità penali e civili nella gestione della sicurezza e nei contratti

Elemento oggettivo del reato: la condotta, l'evento, il rapporto di causalità- Elemento soggettivo del reato: dolo, colpa, preterintenzione – Codice civile e sicurezza sul lavoro – Codice penale e sicurezza sul lavoro – L'appalto, il contratto d'opera, il contratto di prestazione intellettuale – Elementi essenziali del contratto, rescissione e risoluzione – I documenti contrattuali, il capitolato generale e speciale

### 3. Introduzione alla sicurezza e alla valutazione del rischio

L'approccio alla sicurezza - Sicurezza e Safety - Rischio, gestione del rischio e norma tecnica UNI ISO 31000 - Fasi del risk management - Esempi di risk management in campo clinico

### 4. L'analisi post incidente

La ricerca delle cause - Metodiche di analisi reattiva - La Root Cause Analysis - Esempi di Root Cause Analysis in campo clinico - I fattori che incidono sulla sicurezza - Le competenze non tecniche - I fattori umani nella percezione del rischio

### 5. La protezione dei dati personali e la "privacy" – elementi generali

Evoluzione della legislazione sulla protezione dei dati personali e la "privacy" - Il nuovo Regolamento Europeo (GDPR) - Ambiti di applicazione - L'Autorità Garante per la protezione dei dati personali - Definizioni, tipologie ed

esempi di dati personali: dati comuni, dati particolari

6. Il Regolamento Europeo sulla protezione dei dati personali – Aspetti principali

Le figure di riferimento: Titolare, Responsabile, Incaricato, Data Protection Officer - Privacy by default e Privacy by design - I principali adempimenti del Titolare - Informativa e consenso - La gestione dei diritti dell'interessato

7. La protezione dei dati personali – Misure di sicurezza, conformità e responsabilità

Misure idonee di sicurezza - Valutazione del rischio e analisi di impatto - Anonimizzazione e pseudonimizzazione -

Esempi pratici di misure di sicurezza - La responsabilità per i danni causati: l'inversione dell'onere della prova -

Come evitare (o limitare) le responsabilità - Sanzioni

8. La protezione dei dati personali in ambito sanitario

Il trattamento di dati relativi alla salute - Particolarità dell'ambito sanitario - Informativa e consenso - Comunicazione

dei dati all'interessato - Obblighi delle figure sanitarie per la protezione dei dati - Le prescrizioni del Garante per il

rispetto della dignità degli assistiti nelle strutture sanitarie - Alcune pronunce del Garante su questioni sanitarie

9. La sanità elettronica e la protezione dei dati

Cenni sulla sanità elettronica: obiettivi - Le principali attività di sanità elettronica - Le Linee Guida in tema di referti

on-line - Cartella clinica, Fascicolo Sanitario Elettronico e Dossier Sanitario - La telemedicina

10. La sicurezza dei dati in ambito clinico

Mondo ospedaliero e smart hospital - Internet of things (IoT) e Internet of Medical Things (IoMT) - I dispositivi

medici: problemi emergenti di sicurezza e privacy dei dati - Come prevenire il rischio di perdita/sottrazione/blocco

dei dati sanitari - Operatività quotidiana

11. Imparare dagli incidenti: lavoro di gruppo su casi reali (I)

12. Imparare dagli incidenti: lavoro di gruppo su casi reali (II)

Modulo B: Valutazione del rischio e sicurezza sul lavoro in ambito sanitario (Prof. Leo Poggi). Durata 24 ore

1. Il primo esempio di regolamentazione: il rischio industriale

2. Atti legislativi di armonizzazione europea di interesse ingegneristico

La normativa europea per i prodotti – Atti legislativi di armonizzazione orizzontale per i prodotti – Responsabilità

prodotti difettosi – Sicurezza generale prodotti – Nuove sfide in termini di sicurezza – Elenco atti legislativi di

armonizzazione verticale per i prodotti

3. Analisi del rischio

Analisi dei rischi – Identificazione dei pericoli – Evento, esposizione – Stima dei elementi del rischio – Imparare dagli incidenti

4. Valutazione ed accettabilità del rischio

Stima del rischio – Valutazione del rischio – Accettabilità del rischio – Il rischio affrontato a sistema: regolamenti

REACH e CPL

5. Valutazione e riduzione del rischio per le macchine

La sicurezza integrata nel progetto per i prodotti – Il concetto di barriera – Il Regolamento UE 2023/1230 sulle

macchine – Tipologia di norme armonizzate con il Regolamento macchine – Strategia per la valutazione del rischio

nelle macchine – Introduzione alla FMEA

6. Valutazione del rischio in ambiente di lavoro

Cultura della prevenzione – Principi della salute e sicurezza sul lavoro SSL – I considerando della 89/391/CEE – Il

decreto legislativo 81/08 – Le misure generali di tutela – Rischio macchine sul luogo di lavoro

7. L'ospedale edificio complesso

L'edificio: per i componenti regolamento UE 305, per la struttura cenni sulla sicurezza delle costruzioni – Gli

impianti: la sicurezza integrata nel progetto, la sicurezza intrinseca, la regola dell'arte, le figure di garanzia, il DPR

462/01, il DM 37/08, il D.Lgs 81/08 – Le forniture: aria, acqua, vettori energetici, gas medicinali.

8. L'ospedale ambiente di lavoro multirischi (I)

Descrizione del rischio, inquadramento europeo e nel D.Lgs 81/08, criteri di valutazione: rischio incendio,

esplosione, elettrico, meccanico, scoppio

9. L'ospedale ambiente di lavoro multirischi (II)

Descrizione del rischio, inquadramento europeo e nel D.Lgs 81/08, criteri di valutazione: rischio fisico, chimico,

biologico – Rischio da radiazioni ionizzanti sul luogo di lavoro, la direttiva 2013/59 EURATOM

10. Il regolamento europeo sui dispositivi medici

Il regolamento UE 2017/745 – In attesa di norme armonizzate con il nuovo regolamento

11, Valutazione dei rischi nei dispositivi medici

La norma tecnica ISO 14971 – Uso e caratteristiche di sicurezza del D.M. - Approfondimento del concetto di rischio

applicato ai D.M. - Le norme della serie ISO 110993 e la valutazione di biocompatibilità per i D.M.

12. Gestione del rischio e usabilità dei dispositivi medici

Gli elettromedicali e la norma base 60601 – Fattori umani, ergonomia, usabilità – Errore d'uso – Esame di alcuni

avvisi di sicurezza riportati dal Ministero della salute

## Metodi didattici

Lezioni frontali (con il supporto di presentazioni in Powerpoint) in cui si illustrano gli argomenti del corso di tipo teorico e pratico, con esempi in particolare di applicazione sui dispositivi biomedici (durata: 34 ore).

Esercitazioni in aula per esemplificare l'impiego degli strumenti teorici illustrati (durata 4 ore), con utilizzo di applicazioni informatiche.

Lavori di gruppo con utilizzo di tecniche di role playing (durata 4 ore).

Proiezione di filmati per illustrare l'applicazione pratica di quanto definito in aula (durata: 1 ora).

Possono essere effettuate visite in aziende del settore (durata: 3 ore).

Una lezione sarà dedicata ad interventi – in presenza e/o a distanza - di esponenti del mondo del lavoro nell'ambito del settore sanitario, di ex studenti impiegati in aziende del settore e di autorità del mondo ingegneristico, normativo e della certificazione (2 ore).

Verranno inoltre esaminati casi reali che integrano vari aspetti del corso, con la possibilità di una ampia esposizione come prova d'esame.

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

L'apprendimento di conoscenze e abilità è verificato tramite una prova orale della durata media di 30 minuti.

Il livello di apprendimento della materia è verificato ponendo allo studente almeno due domande su argomenti teorici inerenti i moduli del corso eventualmente partendo dall'esame e dalla discussione di un caso reale (affrontato in aula).

Le domande sono poste in modo che la risposta comprenda la trattazione di vari argomenti distinti e affrontati in momenti diversi del corso ma tra di loro collegati.

Ci si aspetta che lo studente, oltre a conoscere i vari argomenti del corso, dimostri di saper collegare tra di loro gli aspetti dei due moduli evidenziandone le interrelazioni e che sia in grado di esporli in modo corretto e con proprietà di linguaggio e di terminologia, anche tecnica e giuridica.

Con il colloquio si verifica anche che lo studente sappia applicare i concetti appresi – in particolare quelli relativi alla valutazione dei rischi - ai vari ambiti specifici trattati nel corso (lavorativo, sanitario, gestione dati personali) e che possieda capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio nella valutazione delle varie normative di settore.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Il voto finale è espresso in trentesimi.

L'esame è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 18/30.

L'aver studiato adeguatamente tutti gli argomenti affrontati a lezione e l'uso di una terminologia corretta e adeguata garantisce il voto di 24/30. Voti maggiori sono assegnati a fronte della verifica di un'adeguata capacità di saper collegare in modo adeguato i vari argomenti trattati nei diversi moduli. A discrezione della commissione si concede la lode agli studenti che non solo abbiano studiato tutti gli argomenti del corso ma che dimostrino pure una non comune abilità nel saper esporre le conoscenze acquisite e nel saper collegare correttamente le interconnessioni tra le materie dei vari moduli. Viceversa, l'esame non viene superato nel caso in cui lo studente non abbia adeguatamente studiato almeno uno degli argomenti fondamentali, segnalati come tali dai docenti durante lo svolgimento del corso.

### **Testi di riferimento**

Dispense fornite dai docenti. Inoltre verrà distribuito materiale relativo alla dottrina e alle decisioni giurisprudenziali più significative ed alle norme tecniche oggetto di studio

### **Altre informazioni**

- Conoscenza e capacità di comprensione: comprensione degli standard e delle norme internazionali di valutazione e gestione del rischio, delle norme sulla protezione dei dati personali e delle leggi applicabili nell'esercizio della professione di ingegnere biomedico;

- Conoscenza e capacità di comprensione applicate: capacità di effettuare una stima corretta del rischio in alcune situazioni pericolose comuni che possono presentarsi nell'ambiente di lavoro e consapevolezza delle problematiche e delle modalità con cui si verificano gli incidenti;

- conoscenza, comprensione e applicazione dei regolamenti nazionali e comunitari e delle best practices per ridurre al minimo i rischi legati alla gestione dei dati personali in particolare in ambiente sanitario;

- comprensione delle problematiche giuridiche relative al settore della fornitura ed utilizzo dei dispositivi medici, con riferimento particolare alle responsabilità civili e penali nell'ambito dei contratti per la produzione di beni o l'esecuzione di servizi.

- Capacità di apprendimento: approfondimento personale di argomenti segnalati dai docenti e applicazione ad ambiti specifici dei concetti appresi;

- Autonomia di giudizio: capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio nella valutazione delle normative di settore applicabili;

- Abilità comunicative: capacità di sviluppare ed esporre, con chiarezza espositiva e proprietà di linguaggio, le interrelazioni tra i diversi aspetti multidisciplinari.

**L'attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria	comune	6	ING-IND/33,

*Stampa del 13/10/2023*