



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## TECNOLOGIE BIOMEDICHE

### LUDOVICA CACOPARDO

Anno accademico	2023/24
CdS	INGEGNERIA BIOMEDICA
Codice	742II
CFU	12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
LABORATORIO DI TECNOLOGIE BIOMEDICHE	ING-INF/06	LEZIONI	60	IRENE CHIESA CARMELO DE MARIA
MATERIALI E SISTEMI INTELLIGENTI	ING-INF/06	LEZIONI	60	LUDOVICA CACOPARDO

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

###### **Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche**

Il modulo di Laboratorio di Tecnologie Biomediche ha lo scopo di abilitare lo studente nella realizzazione di prototipi elettromeccanici per applicazioni biomediche, tenendo in considerazione i vincoli progettuali dati dalle normative vigenti e dagli standard internazionali di riferimento.

###### **Modulo: Materiali e Sistemi Intelligenti**

Il modulo di Materiali e Sistemi Intelligenti ha lo scopo di fornire allo studente conoscenze e competenze nell'ambito della progettazione di dispositivi biomedici basati su materiali e sistemi avanzati.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

###### **Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche**

La verifica delle conoscenze sarà oggetto della valutazione di un progetto preparato dallo studente che attesti la padronanza delle competenze obiettivo dell'esame.

###### **Modulo: Materiali e Sistemi Intelligenti**

Le conoscenze e le capacità di progettazione e ragionamento acquisite verranno valutate tramite esame scritto e tramite la consegna di un report tecnico, eventualmente completato da un orale su richiesta dello studente.

##### *Capacità*

###### **Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche**

Al termine del corso lo studente:

- saprà identificare la classe dei dispositivi medici e gli standard internazionali per la loro progettazione, e le procedure di certificazione;
- saprà utilizzare il software Fusion 360 per il design di componenti e assiemi meccanici, e per la gestione del processo di fresatura a controllo numerico;
- saprà utilizzare il framework Arduino (GUI e scheda, ed ambiente di simulazione Tinkercad) per la prototipazione rapida elettronica;
- sarà in grado di presentare in una relazione scritta i risultati dell'attività progettuale svolta applicando gli strumenti sopraelencati

###### **Modulo: Materiali e Sistemi Intelligenti**

Al termine del corso lo studente:

- saprà utilizzare le conoscenze acquisite per la progettazione di sensori, attuatori e smorzatori per dispositivi utilizzati in ambito biomedico;
- saprà utilizzare il ragionamento critico per valutare opportunamente i diversi approcci progettuali sulla base della loro performance in una data applicazione e sulla fattibilità dell'implementazione;
- saprà utilizzare software di progettazione elettronica (Eagle, Fritzing) per sviluppare circuiti in grado di interfacciarsi con i componenti progettati;
- sarà in grado di esporre una proposta progettuale grazie alla stesura di un report tecnico;
- sarà in grado di definire il set up sperimentale necessario per valutare la performance di un prototipo;
- sarà in grado di leggere e comprendere articoli scientifici nell'ambito bioingegneristico e datasheet tecnici.

##### *Modalità di verifica delle capacità*



## UNIVERSITÀ DI PISA

### Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche

- Durante le sessioni di laboratorio informatico saranno svolti piccoli progetti tesi al comprendere l'utilizzo dei software Fusion 360, Arduino, Tinkercad;
- saranno svolte attività pratiche per la ricerca delle fonti attraverso l'utilizzo di database (e.g. Standard ISO), e cataloghi on-line di rivenditori di componenti elettromeccanici;
- lo studente dovrà preparare e presentare una relazione scritta che riporti i risultati dell'attività di progetto.

### Modulo: Materiali e Sistemi Intelligenti

Le abilità acquisite verranno valutate in sede d'esame con esercizi mirati alla soluzione di problematiche ingegneristiche e con la stesura di un report tecnico dove lo studente presenterà una proposta progettuale per un componente di un dispositivo biomedico e svilupperà un semplice circuito elettronico per controllarlo. Inoltre, durante le lezioni saranno svolte diverse esercitazioni teoriche e sperimentali per verificare le abilità di ragionamento e soluzione di problemi ingegneristici e le abilità pratiche acquisite con i software di progettazione elettronica.

### Comportamenti

#### Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche

- Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare sensibilità alle problematiche di progettazione di dispositivi biomedicale, tenendo in considerazione le tecnologie di fabbricazione impiegate ed la natura del contatto con il corpo umano (paziente, operatore) e con l'ambiente
- Lo studente potrà saper gestire responsabilità di conduzione di un team di progetto

#### Modulo: Materiali e Sistemi Intelligenti

- Lo studente svilupperà skills di problem solving e team working
- Lo studente potrà sviluppare soluzioni progettuali in ambito biomedico basate su materiali e tecnologie avanzate
- Lo studente potrà presentare in maniera efficace il lavoro ingegneristico svolto in autonomia o in team.

### Modalità di verifica dei comportamenti

#### Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche

- Durante le sessioni di laboratorio saranno valutati il grado di accuratezza e precisione delle attività svolte
- Durante il lavoro di gruppo sono verificate le modalità di definizione delle responsabilità, di gestione e organizzazione delle fasi progettuali

#### Modulo: Materiali e Sistemi Intelligenti

- Durante le esercitazioni si verificherà l'attitudine dello studente al ragionamento ed alla capacità di risolvere problemi ingegneristici in autonomia e in team.
- Grazie alla consegna del report tecnico di valuterà l'efficacia della comunicazione tecnica acquisita dallo studente

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

#### Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche/Materiali e Sistemi Intelligenti

- Conoscenze teoriche: Fondamenti di matematica, statistica, fisica, chimica, scienza dei materiali, meccanica, elettronica e programmazione
- Abilità informatiche: utilizzo di un foglio di calcolo, e preparazione di un documento di testo e di una presentazione

### Indicazioni metodologiche

#### Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche

Il corso verrà portato avanti secondo le seguenti metodologie:

- Le lezioni frontali verranno svolte con l'ausilio di slide e filmati, e proiettando lo schermo del docente durante la spiegazione sull'utilizzo di software specifici. Ove possibile inoltre si utilizzeranno lavagne con gesso e/o pennarelli
- Le esercitazioni in aula informatica verranno svolte singolarmente o in gruppo a seconda del numero di computer e di schede elettroniche di prototipazione disponibili
- Le ricerche sulle normative vigenti, sugli standard di progettazione e sulle componenti elettromeccaniche dei dispositivi medici verranno eseguiti su database ufficiali della Comunità Europea, della ISO e sui cataloghi online dei vari rivenditori;
- La piattaforma open source UBORA verrà utilizzata come guida nella progettazione dei dispositivi medici
- Se possibile verranno organizzati seminari con professionalità provenienti dal mondo dell'industria
- Il materiale didattico digitale verrà messo a disposizione dal docente tramite i canali web dell'ateneo
- Le comunicazioni generali tra docente e studenti avverranno tramite mail, ed una opportuna mailing list della classe verrà creata durante i primi giorni di lezione
- Il docente è disponibile per ricevimenti (anche collettivi), che sono incentivati per portare avanti al meglio il progetto da presentare durante lo svolgimento dell'esame

#### Modulo: Materiali e Sistemi Intelligenti

Il corso verrà prevederà:



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- Lezioni frontali teoriche e svolgimento di esercizi per mostrare l'applicazione delle nozioni presentate. Le lezioni verranno svolte con l'ausilio di slide per la parte teorica e con lavagna (digitale e/o convenzionale) per la dimostrazione di formule e lo svolgimento di esercizi.
- Esercitazioni legate allo svolgimento degli esercizi da parte dello studente, seguiti in maniera attiva dal docente.
- Attività di laboratorio dove il docente mostrerà passo passo tramite condivisione dello schermo del proprio PC l'utilizzo di software di progettazione elettronica.
- Esercitazioni pratiche in cui lo studente si applicherà, seguito dal docente, nella progettazione di circuiti con i software presentati.
- Esercitazioni sperimentali dove lo studente potrà osservare e/o toccare con mano alcuni dei materiali/sistemi visti nel corso. In particolare, verranno misurati alcuni parametri caratteristici e analizzati i dati risultanti.
- Attività di lettura e comprensione di articoli scientifici e datasheet.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### **Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche**

##### Introduzione

- prototipo, prototipo e prodotto nel settore biomedicale
- classificazione dei dispositivi medici, standard internazionali di progettazione e procedure di certificazione

##### Parte 1: fondamenti di disegno tecnico

- il ruolo del disegno in ingegneria: dagli sketch manuali al CAD
- introduzione all'uso di un software CAD (Fusion 360): disegno di una parte e di un assieme
- quotatura e tolleranze
- introduzione di elementi di macchine (cuscinetti, ingranaggi, viti, ...)

##### Parte 2: fondamenti di tecnologia meccanica

- tecnologie sottrattive: tecnologie convenzionali (fresatura, tornitura, ...) e non convenzionali (taglio laser, taglio ad acqua, ...)
- fabbricazione per formatura: stampaggio
- fabbricazione additiva

##### Parte 3: prototipazione rapida elettronica

- Schede per la prototipazione rapida in ambito elettronico
- acquisizione di segnali da sensori
- comunicazione tra schede, verso l'utente e verso un computer
- Introduzione all'utilizzo dell'ambiente di simulazione Tinkercad

##### Parte 4: prototipazione in ambito elettromeccanico

- Motori e driver
- Controllo di attuatori elettromeccanici
- Dimensionamento di motori e batterie

##### Parte 5: esempi pratici di design di dispositivi medici

#### **Modulo: Materiali e Sistemi Intelligenti**

##### Contenuti teorici:

- Definizione e proprietà di materiali intelligenti ed il loro utilizzo nella progettazione di sensori, attuatori, smorzatori, etc. Definizione e progettazione di sistemi intelligenti.
- Principi generali, equazioni costitutive ed applicazioni di materiali intelligenti piezoelettrici, magnetostrittivi, magnetoreologici, ferrofluidi, leghe a memoria di forma.
- Polimeri ed hydrogel in bioingegneria: principi generali, tecniche per modularne le proprietà, equazioni descrittive.
- Principi generali, equazioni costitutive ed applicazioni di polimeri ed hydrogel intelligenti: termoresponsivi, pH-sensibili, conduttori, elettroattivi, ferrogel, fotosensibili, cromici, bioluminescenti, elastomeri a cristalli liquidi.
- Materiali biomimetici e bioibridi.
- Ingegneria genetica per progettare materiali intelligenti ed engineered living materials.
- Nanomateriali e metamateriali in ambito biomedico.

##### Attività di laboratorio:

- Introduzione alla stesura di un report tecnico
- Introduzione all'eCAD. Introduzione ai software Eagle/Fritzing mostrando la realizzazione di semplici circuiti
- Esercitazioni guidate sul dimensionamento di componenti basate su materiali intelligenti e progettazione di circuiti.
- Esercitazioni sperimentali relative a materiali/sistemi visti nel corso. In particolare, verranno misurati alcuni parametri caratteristici (ad esempio tramite analisi di immagini, app per misura del campo magnetico) e analizzati i dati risultanti.

### Bibliografia e materiale didattico

#### **Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche**

- Materiale didattico fornito dal docente e disponibile sul sito di ateneo
- Pretotype it, 2a edizione, Alberto Savoia (pretotyping.org)



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- Lezioni di disegno di macchine, 3a edizione, Sergio Barsali, Gian Carlo Barsotti, Umberto Rosa, Editrice S. Marco - Lucca
- Tecnologia meccanica e studi di fabbricazione, 2a edizione, Marco Santochi e Francesco Giusti, Casa editrice ambrosiana. ISBN 88-408-1028-5
- WHO compendium 2013 ([www.who.int](http://www.who.int))
- Ahluwalia, A., De Maria, C., & Lantada, A. D. (Eds.). (2021). Engineering Open-Source Medical Devices: A Reliable Approach for Safe, Sustainable and Accessible Healthcare. Springer Nature.

### **Modulo: Materiali e Sistemi Intelligenti**

- Slide delle lezioni con svolgimento degli esercizi/dimostrazioni
- Articoli scientifici e datasheet forniti dal docente
- Testi di riferimento suggeriti: 'Engineering Analysis of Smart Material Systems' – Donald Leo, 'Smart Structure Theory' – Chopra & Sihori, 'Smart Polymers and their applications' - Aguilar & Roman

### Indicazioni per non frequentanti

#### **Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche**

La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni è fortemente consigliata. Non sono previste variazioni nella modalità d'esame per gli studenti non frequentanti.

#### **Modulo: Materiali e Sistemi Intelligenti**

La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni è fortemente consigliata. Lo studente non frequentante sarà comunque in grado di acquisire le nozioni e capacità facendo riferimento al materiale didattico.

### Modalità d'esame

#### **Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche**

L'esame consiste in una prova orale in cui lo studente discuterà il progetto di un dispositivo medico da lui/lei realizzato e precedentemente concordato con il docente. La progettazione riguarderà tutti gli aspetti presi in considerazione nel programma d'esame, che dovranno essere in evidenza durante lo svolgimento dell'esame stesso. Il docente potrà effettuare domande sulle scelte progettuali e sulla loro implementazione per verificare la preparazione dello studente.

#### **Modulo: Materiali e Sistemi Intelligenti**

L'esame consiste in una prova scritta contenente domande teoriche a risposta aperta e a risposta multipla ed esercizi. Lo studente potrà richiedere un eventuale integrazione con esame orale. L'esame prevede anche la consegna di un report tecnico, con del dimensionamento di un componente basato su materiali intelligenti e la presentazione di un circuito sviluppato con uno dei software di design elettronico visto in classe.

### Altri riferimenti web

#### **Modulo: Laboratorio di tecnologie biomediche**

- <http://www.centropiaggio.unipi.it/course/laboratorio-di-tecnologie-biomediche>
- Link a Team <https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a18650f9a256b4c4aa173efddc5fca3a5%40thread.tacv2/conversations?groupId=0a970677-6eac-476a-9991-f5949491108f&tenantId=c7456b31-a220-47f5-be52-473828670aa1>

#### **Modulo: Materiali e Sistemi Intelligenti**

- [https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a9XjPBl4hIT4svQFo911ntolxkdi5HOYe2Z3\\_ptkdqYY1%40thread.tacv2/conversations?groupId=803cc548-34ff-4a26-91d3-1c4af2e7834b&tenantId=c7456b31-a220-47f5-be52-473828670aa1](https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a9XjPBl4hIT4svQFo911ntolxkdi5HOYe2Z3_ptkdqYY1%40thread.tacv2/conversations?groupId=803cc548-34ff-4a26-91d3-1c4af2e7834b&tenantId=c7456b31-a220-47f5-be52-473828670aa1)

Ultimo aggiornamento 31/07/2023 11:12