UNIVERSITÀ DI PISA

BIOINSPIRED AND SOFT ROBOTICS

Antonio De Simone

Academic year	2022/23
Course	BIONICS ENGINEERING
Code	1078I
Credits	12

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES	ING-IND/34	LEZIONI	60	Antonio De Simone
SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES	ING-IND/34	LEZIONI	60	MATTEO CIANCHETTI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES
L'insegnamento ha l'obiettivo di far acquisire agli studenti strumenti e conoscenze di base della meccanica delle strutture elastiche e dei materiali smart in regime di grandi deformazioni. Queste conoscenze saranno applicate allo studio di prototipi di strutture di interesse in ambito robotico e bio-medicale.
SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES
L'insegnamento mira a fornire una conoscenza avanzata della soft robotics e delle tecnologie soft meccatroniche attraverso lo studio e l'utilizzo di materiali morbidi/cedevoli/flessibili per lo sviluppo di dispositivi bionici/biorobotici. Lo studente verrà introdotto a strumenti (es. FEM) e principi di progettazione avanzata (es. bioispirazione e morphological computation) anche attraverso attività pratiche di laboratorio.

Modalità di verifica delle conoscenze

MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES
Risoluzione di esercizi numerici per verificare la padronanza di metodi e strumenti illustrati durante il corso.
SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES
L'accertamento delle conoscenze avverrà attraverso la prova orale prevista in ogni sessione d'esame. Non sono previste prove in itinere, ma durante le lezioni gli studenti verranno chiamati a rispondere a quesiti su tematiche già affrontate e inoltre nell'affrontare le sessioni pratiche, gli studenti dovranno dare prova di aver acquisito le conoscenze teoriche di base.

Capacità

MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES
Al termine del corso lo studente sarà in grado di impostare e risolvere problemi relativi alla determinazione di configurazioni di equilibrio di sistemi strutturali in regime di grandi deformazioni.
SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES
Il corso permetterà allo studente di saper svolgere un'analisi comparativa per scegliere le tecnologie attuative innovative più adatte per problemi tecnici specifici. Inoltre, grazie alle sessioni di laboratorio, gli studenti acquisiranno la manualità nell'utilizzo di alcuni strumenti di laboratorio (generatori di segnale, amplificatori di tensione, macchine di caratterizzazione meccanica, fornace) e materiali (siliconi, leghe metalliche a memoria di forma, parafilm). Infine, gli studenti sapranno progettare e simulare semplici problemi meccanici altamente non-lineari attraverso l'utilizzo di un software commerciale per l'analisi agli elementi finiti.

Modalità di verifica delle capacità

MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES
Discussione in aula durante lo svolgimento di esercizi e al termine delle lezioni. Esame finale basato sulla risoluzione di alcuni problemi ed esercizi
SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES
L'accertamento delle capacità avverrà durante l'implementazione pratica dei concetti acquisiti. Sono previste sia attività "hands-on" in cui gli studenti progetteranno e fabbricheranno con le loro mani dei piccoli dispositivi, sia esercitazioni al computer in cui gli studenti dovranno risolvere i problemi assegnati con l'uso del software di analisi dedicato.

Comportamenti

MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES
Nelle applicazioni tradizionali della meccanica strutturale (ingegneria civile, meccanica, navale, aeronautica, ecc.) il progetto richiede che le

configurazioni di equilibrio in esercizio siano poco distanti da quelle iniziali, e le strutture operino in un regime di piccoli spostamenti e deformazioni. Attraverso questo corso lo studente apprenderà le potenzialità che vengono aperte dalla possibilità di sfruttare in modo creativo e controllato il regime di grandi deformazioni, per realizzare strutture *deployable* che possono variare di molto le loro configurazioni tra la fase a riposo e quella di esercizio. Un esempio concreto di strutture di questo tipo è quello degli *stent* cardiovascolari.
SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES
Gli studenti acquisiranno il metodo corretto per affrontare la progettazione di strutture meccaniche altamente deformabili e verranno sensibilizzati sull'uso corretto di strumenti e materiali per la realizzazione di prototipi per la validazione sperimentale.

Modalità di verifica dei comportamenti
MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES
Discussioni in classe durante lo svolgimento delle lezioni. Risoluzione di alcuni problemi modello.
SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES
Gli studenti dimostreranno l'acquisizione di un corretto comportamento sia in aula attraverso le interazioni con il docente, sia durante le sessioni pratiche.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)
MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES
Per seguire il corso in modo proficuo, non sono richieste conoscenze specialistiche da parte degli studenti. Tuttavia, sono necessarie solide conoscenze di base di fisica, matematica, meccanica. Utili ma non necessarie conoscenze di fondamenti di automatica.
SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES
Per seguire il modulo in modo proficuo, non sono richieste conoscenze specialistiche da parte degli studenti. Tuttavia, sono necessarie conoscenze consolidate di fisica e matematica. Sono inoltre utili, anche se non strettamente necessarie, conoscenze di base di meccanica, chimica ed elettronica.

Indicazioni metodologiche
MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES
Il corso è basato su lezioni alla lavagna, con l'uso occasionale di materiale multimediale (proiezione di slide e filmati).
SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES
Le lezioni si svolgeranno in forma alternata alla lavagna e utilizzando slide proiettate, con l'ausilio anche di animazioni, video e piccole demo. Le esercitazioni in laboratorio si svolgeranno in piccoli gruppi (di massimo 6 persone), e ogni studente verrà chiamato a collaborare attivamente nell'uso degli strumenti necessari al completamento del compito assegnato. Nelle esercitazioni di laboratorio ogni studente avrà a disposizione tutti gli opportuni dispositivi di protezione individuale (camici, occhiali e guanti). Nelle esercitazioni in aula multimediale gli studenti avranno a disposizione computer per portare a termine individualmente gli esercizi proposti. Gli studenti potranno istallare sul loro PC personale (se lo desiderano) lo stesso software in forma gratuita per esercitarsi al di fuori delle lezioni. Le lezioni saranno disponibili in formato elettronico (file pdf) sul sito del corso di studi, accessibile dagli studenti. L'interazione tra studente e docente avverrà mediante scambi e-mail o fissando degli appuntamenti su richiesta, per ricevimenti e richieste di chiarimenti sui temi trattati a lezione. La lingua utilizzata nel corso delle lezioni e delle attività di laboratorio sarà sempre l'inglese.

Programma (contenuti dell'insegnamento)
MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES
Rotazioni finite e infinitesime:
-Rappresentaizone esponenziale delle rotazioni
-Applicazioni a sistemi bio-robotici
Meccanica di travi nel piano:
-Cinematica
-Equazioni di equilibrio
-Equazioni costitutive
-Principio delle potenze virtuali e metodi variazionali
Applicazioni:
-sistemi articolati
-meccanica di fili
-stabilità dell'equilibrio di sistemi a numero finito di gradi di libertà

SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES
Il modulo prevede i seguenti argomenti:
- Principi di progettazione
- Tecnologie attuative soft (Attuatori piezoelettrici, Leghe a memoria di forma, Polimeri elettro-attivi, Attuatori fluidici flessibili, Fluidi elettro-magneto-reologici, Attuatori basati su transizione "jamming")
- Implementazione dell'analisi agli elementi finiti sul software ANSYS

Bibliografia e materiale didattico
MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES
1. R. Murray, Z. Li, S. Sastry
(A mathematical introduction to) Robotic Manipulation
CRC Press, 1994

https://www.cds.caltech.edu/~murray/books/MLS/pdf/mls94-complete.pdf
2. Appunti dalle lezioni

SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES
Il software ANSYS è disponibile online sul sito ansys.com (student edition, gratuito e completamente funzionante per 6 mesi) e su tutti i computer dell'aula multimediale in cui si svolge metà del corso.
La bibliografia di riferimento include:

- Rolf Pfeifer and Josh Bongard, 2006 "How the Body Shapes the Way We Think: A New View of Intelligence", MIT press, ISBN: 9780262162395
- Josè L. Pons, 2005 "Emerging Actuator Technologies: A Micromechatronic Approach", Wiley, ISBN-13: 978-0470091975, ISBN-10: 0470091975
- Panagiotis Polygerinos, Nikolaus Correll, Stephen A. Morin, Bobak Mosadegh, Cagdas D. Onal, Kirstin Petersen, Matteo Cianchetti, Michael T. Tolley and Robert F. Shepherd (2017) "Soft Robotics: Review of Fluid-Driven Intrinsically Soft Devices; Manufacturing, Sensing, Control, and Applications in Human-Robot Interaction" Advanced Engineering Materials, 1700016.
- De Greef, P. Lambert, A. Delchambre "Towards flexible medical instruments: review of flexible fluidic actuators" (2009), Precis. Eng., 33, 311.
- Manti M, Cacucciolo V, Cianchetti M (2016) "Stiffening in Soft Robotics: a review", IEEE Robotics and Automation Magazine, 23(3), 93-106.
- Shaw, J.; Churchill, C. & Iadicola, M. TIPS AND TRICKS FOR CHARACTERIZING SHAPE MEMORY ALLOY WIRE: PART 1 DIFFERENTIAL SCANNING CALORIMETRY AND BASIC PHENOMENA Experimental Techniques, Blackwell Publishing Inc, 2008, 32, 55-62
- Churchill, C.; Shaw, J. & Iadicola, M. TIPS AND TRICKS FOR CHARACTERIZING SHAPE MEMORY ALLOY WIRE: PART 2 FUNDAMENTAL ISOTHERMAL RESPONSES Experimental Techniques, Blackwell Publishing Inc, 2009, 33, 51-62
- Paulo Silva Lobo, João Almeida, Lú?s Guerreiro, "Shape Memory Alloys Behaviour: A Review", Procedia Engineering, Volume 114, 2015, Pages 776-783
- Jaronie Mohd Jani, Martin Leary, Aleksandar Subic, Mark A. Gibson, "A review of shape memory alloy research, applications and opportunities", Materials & Design (1980-2015), Volume 56, April 2014, Pages 1078-1113
- Biggs, J., Danielmeier, K., Hitzbleck, J., Krause, J., Kridl, T., Nowak, S., Orselli, E., Quan, X., Schapeler, D., Sutherland, W. and Wagner, J. (2013), Electroactive Polymers: Developments of and Perspectives for Dielectric Elastomers. Angew. Chem. Int. Ed., 52: 9409–9421

Inoltre, tutto il materiale incluso nelle slide del corso è debitamente citato e disponibile online.

Indicazioni per non frequentanti

MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES
Non ci sono variazioni per studenti non frequentanti.
SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES
Non ci sono variazioni per studenti non frequentanti.

Modalità d'esame

MECHANICS OF SMART MATERIALS AND STRUCTURES
Esame orale basato sulla risoulzione di alcuni problemi
SOFT ROBOTICS TECHNOLOGIES
L'accertamento delle conoscenze avviene attraverso una prova orale in cui vengono poste domande per valutare la conoscenza dei principi di design e tecnologici esposti e testati durante il corso e la capacità di saper scegliere la tecnologia più adatta per specifiche applicazioni. Dopo questa parte teorica, allo studente viene chiesto di risolvere un problema FEM preimpostato con l'utilizzo del computer messo a disposizione dal docente per capire il livello di abilità acquisita nell'utilizzo del software ANSYS studiato durante il corso.

Ultimo aggiornamento 11/09/2022 11:45