UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria		
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2022/2023		
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2023/2024		
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	INGEGNERIA BIOMEDICA		
INSEGNAMENTO	BIOMECCANICA DEI SISTEMI BIOLOGICI C.I.		
CODICE INSEGNAMENTO	22189		
MODULI	Si		
NUMERO DI MODULI	2		
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ICAR/01, ICAR/08		
DOCENTE RESPONSABILE	ZINGALES MASSIMILIANO	Professore Ordinario	Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	NAPOLI ENRICO ZINGALES MASSIMILIANO	Professore Ordinario Professore Ordinario	Univ. di PALERMO Univ. di PALERMO
CFU	12		
PROPEDEUTICITA'			
MUTUAZIONI			
ANNO DI CORSO	2		
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre		
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa		
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi		
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	**NAPOLI ENRICO** Giovedì 12:00 13:30 Ufficio Enrico Napoli - Secondo piano Venerdì 12:00 13:30 Ufficio Enrico Napoli - Secondo piano **ZINGALES MASSIMILIANO** Martedì 14:00 15:00 Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, Aerospaziale, dei Materiali-Sezione strutture- Viale delle Scienze, Edificio n.8, secondo piano.		

DOCENTE: Prof. MASSIMILIANO ZINGALES

PREREQUISITI	Lo studente che frequenta il corso conosce i fondamenti del calcolo differenziale, dell'algebra lineare, della geometria e ha conoscenze di base di meccanica del continuo, dei solidi e della meccanica dei fluidi
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	Conoscenza e capacita' di comprensione • Lo studente al termine del Corso avra' conoscenze approfondite del comportamento meccanico dei tessuti biologicii. In particolare si focalizzerà l'attenzione sul comportamento non-lineare dei tessuti biologici sia con riferimento all'elasticità che all'ereditarietà sia per tessuti in ambito muscolo-scheletrico che in ambito cardiovascolare. Sono inoltre compresi i mezzi bifase che caratterizzano i materiali e le strutture biologiche. Inoltre verranno trattati i problemi computazionali di accoppiamento tra la meccanica in grandi deformazioni del tessuto vascolare con la presenza del tessuto ematico in vasi di grande e medio diametro. Capacita' di applicare conoscenza e comprensione • Lo studente dovra' essere in grado di impostare le equazioni di governo di problemi elastici non lineari. ereditari, e poromeccanici. Inoltre una particolare attenzione dovrà essere rivolta ai problemi di valutazione sperimentale del comportamento del materiale. Autonomia di giudizio • Lo studente sara' messo nelle condizioni di valutare in modo critico ed autonomo: - la validita' ed i limiti di approssimazione dei modelli meccanici ai tessuti biologici - livelli di accuratezza e correlato grado di difficolta' analitica legato alla modellazione. Abilita' comunicative • Lo studente sara' stimolato ad acquisire la capacita' di comunicare ed esprimere tematiche inerenti l'oggetto del corso. Sara' in grado di sostenere conversazioni legate alla caratterizzazione di tessuti biologici inclusa la determinazione ingegneristica dei parametri dei materiali coinvolti. Capacita' d'apprendimento • Lo studente avra' appreso i fondamenti della meccanica dei solidi applicata ai problemi di natura biomeccanica. Un particolare riferimento verrà mostrato nei confronti dell'accoppiamento fluido-struttura in vasi di grande e medio lume in cui è necessario considerare l'insieme del tessuto ematico trofico con il comportamento dei solidi. Queste conoscenze contribuiranno alla formazione del suo bagaglio di conoscenze di meccanica applicata ai materiali ed alle strutture biologiche e rappresenta una formazione avanzata ingegneristica che gli consentira' autonomia e discernimento nella scelta della moderazione matematica dei tessuti biologici.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	La verifica dell'apprendimento avviene attraverso un esame orale finale per accertare l'acquisizione delle conoscenze e delle abilita' attese. Il colloquio consiste in una discussione che permetta di accertare la conoscenza da parte dello studente degli argomenti teorici ed applicativi trattati nelle lezione e nelle esercitazioni. Il punteggio della prova d'esame e attribuito mediante un voto espresso in trentesimi. Per superare l'esame, ottenere quindi un voto non inferiore a 18/30, lo studente deve dimostrare un raggiungimento elementare degli obiettivi. Gli obiettivi raggiunti si considerano elementari quando lo studente dimostra di avere acquisito una conoscenza di base degli argomenti descritti nel programma, e' in grado di operare minimi collegamenti fra di loro, dimostra di avere acquisito una limitata autonomia di giudizio; il suo linguaggio e' sufficiente a comunicare con gli esaminatori. Per conseguire un punteggio pari a 30/30 e lode, lo studente deve invece dimostrare di aver raggiunto in maniera ottima gli obiettivi previsti. Gli obiettivi raggiunti si considerano ottimi quando l'esaminando/a ha acquisito la piena conoscenza degli argomenti del programma, dimostra di saper applicare la conoscenza acquisita anche in contesti differenti /nuovi/avanzati rispetto a quelli propri dell'insegnamento, si esprime con competenza lessicale anche nell'ambito del linguaggio specifico di riferimento ed e in grado di elaborare ed esprimere giudizi autonomi fondati sulle conoscenze acquisite. Per verificare l'apprendimento il corso prevede una prova in itinere con votazione che fa media con il voto dell'esame finale. La valutazione prevede un voto in trentesimi secondo i criteri sotto riportati: 30- 30 e lode: ottima conoscenza degli argomenti, ottima proprieta' di linguaggio, buona capacita' analitica, lo studente e' in grado di applicare le

	conoscenze per risolvere i problemi proposti; 26-29: Buona padronanza degli argomenti, piena proprieta' di linguaggio, lo studente e' in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti 20-25: conoscenza di base dei principali argomenti, discreta proprieta' di linguaggio, con limitata capacita' di applicare autonomamente le conoscenze alla soluzione dei problemi proposti 12-19: ha padronanza di alcuni argomenti principali dell'insegnamento accettabile proprieta' di linguaggio, non accettabili capacità analitiche 0-11: non accettabile conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento limitatissima conoscenza del linguaggio tecnico, mancanza di capacità analitiche. La prova non sara' superata nel caso in cui l'esaminando dimostri di non possedere una conoscenza accettabile dei contenuti degli argomenti trattati nell'insegnamento. Le modalità di prova e la relativa valutazione saranno le medesime per gli studenti non frequentanti.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Il programma del corso viene svolto durante le ore di lezione frontale che sono integrate da applicazioni in aula, con lo scopo di illustrare agli studenti il comportamento e gli ordini di grandezza dei parametri che caratterizzano i modelli fisico-matematici dei tessuti biologici

MODULO
BIOFLUIDODINAMICA NUMERICA

Prof. ENRICO NAPOLI

TESTI CONSIGLIATI

Biofluid Mechanics: The Human Circulation, Second Edition (Inglese), 2012, di Krishnan B. Chandran, Stanley E. Rittgers, Ajit P. Yoganathan. CRC Groups, Taylor and Francis. ISBN-10 : 1439845166
Fluid Mechanics (Sixth Edition). Chapter 16 - Introduction to Biofluid Mechanics, Portonovo S.Ayyaswamy. Academic Press. Fifth Edition, 2012. ISBN: 978-0-12-382100-3
Dispense a cura del docente.

TIPO DI ATTIVITA'	C
AMBITO	20909-Attivit Formative Affini o Integrative
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	96
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE	54

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

L'insegnamento si pone l'obiettivo di fornire agli studenti competenze avanzate nel campo della Meccanica dei fluidi fisiologici, con particolare riferimento ai metodi numerici utili per l'analisi dei più rilevanti fenomeni che interessano l'apparato cardiovascolare. In particolare, si intendono fornire le competenze necessarie per la modellazione numerica dei flussi sanguigni nelle arterie cerebrali e nelle quattro camere cardiache e delle interazioni fluido-struttura all'interno del sistema arterioso.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
8	Equazioni fondamentali della meccanica dei fluidi incomprimibili
4	Fisiologia del sistema cardio-vascolare
4	Aspetti reologici del sangue e meccanica del sistema caridovascolare
4	Interazioni delle valvole cardiache con la circolazione sanguigna
12	Metodi numerici per l'analisi dei flussi nel sistema cardiovascolare
4	Interazioni fluido-struttura

ORE	Esercitazioni
6	Simulazione numerica del flusso in prossimità di un aneurisma cerebrale
6	Simulazione numerica del flusso sanguigno in una biforcazione del sistema arterioso
6	Modellazione numerica dell'interazione fluido-struttura nel sistema arterioso

MODULO
BIOMECCANICA DEI TESSUTI

Prof. MASSIMILIANO ZINGALES

TESTI CONSIGLIATI

Cowin, S C., Doty, S B., "Tissue Mechanics", Springer, 2001, ISBN 978-0-387-36825-2
Holzapfel G.A. Ogden R., "Mechanics of Biological Tissues", Springer, 2006, ISBN 978-3-540-25194-1
Y.C. Fung "Biomechanics:II", 1991, ISBN 978-0-387-97947-2
Martin B. R., Burr D. B., Sharkey N. A., Fyhrie D. P., "Skeletal Tissue Mechanics",2015, ISBN 978-1-4939-3001-2

TIPO DI ATTIVITA'	C
AMBITO	20909-Attivit Formative Affini o Integrative
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	96
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE	54

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Il corso mira a fornire gli strumenti di base per lo studio dei tessuti biologici in termini del loro comportamento meccanico. In particolare verranno forniti i fondamenti della teoria non lineare dell'elasticità, della teoria lineare e non lineare della viscoelasticità, della teoria della poromeccanica classica e frazionaria. Verranno trattati tessuti sia muscolo-scheletrici che cardio-vascolari.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
5	Richiami di meccanica dei solidi: La configurazione spaziale e materiale, la misura della deformazione, la decomposizione polare, tensori destro e sinistro di Cauchy-Green, deformazioni e stretch principali, La misura di deformazione di Green-Lagrange. La teoria linearizzata della deformazione.
3	Richiami di meccanica dei solidi: Il tensore degli sforzi di Cauchy, Le tensioni principali, La formula di Nanson, Il primo tensore di Piola-Kirchoff, il secondo tensore di Piola-Kirchooff. Il principio delle potenze virtuali.
3	Il comportamento elastico lineare dei tessuti biologici: Il comportamento elastico dell'osso compatto, isotropia, trasversa isotropia, ortotropia, anisotropia.
10	Il comportamento elastico nonlineare dei tessuti biologici: Energia libera, energia interna, isotropia, isotropia trasversa. la meccanica di tendini, legamenti, vasi arteriosi, valvole cardiache,
11	Meccanica dei materiali con memoria, Integrale di Boltzmann-Volterra, Modulo di accumulo e modulo di perdita, Modelli reologici classici, differintegrali frazionari. Il comportamento triassiale dei materiali con memoria, Meccanica del tessuto osseo spugnoso.
10	La viscoelasticità non lineare dei materiali, La legge di Nutting, Le relazioni tra creep e rilassamento, L'ereditarietà quasi-lineare. Il comportamento meccanico di vasi sanguigni, tendini e legamenti.
10	La diffusione nei tessuti biologici, la legge di Fick, Teoria della poroelasticità, Principio dell delle tensioni efficaci, le equazioni costitutive della poroelasticità le equazioni di Navier.
2	La diffusione anomala, la legge di fick generalizzata, La poromeccanica frazionaria, La funzione Mittag-Leffler, Stima dei parametri in un problema di diffusione 1D confinata per tessuto meniscale.