# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

| | |
|---|---|
| **DIPARTIMENTO** | Ingegneria |
| **ANNO ACCADEMICO OFFERTA** | 2019/2020 |
| **ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE** | 2019/2020 |
| **CORSO DILAUREA MAGISTRALE** | INGEGNERIA BIOMEDICA |
| **INSEGNAMENTO** | ADVANCED BIOMECHANICAL MODELLING |
| **TIPO DI ATTIVITA'** | C |
| **AMBITO** | 20909-Attivit  Formative Affini o Integrative |
| **CODICE INSEGNAMENTO** | 20270 |
| **SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI** | ICAR/08 |
| **DOCENTE RESPONSABILE** | BORINO GUIDO  Professore Ordinario  Univ. di PALERMO |
| **ALTRI DOCENTI** | |
| **CFU** | 6 |
| **NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE** | 96 |
| **NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA** | 54 |
| **PROPEDEUTICITA'** | |
| **MUTUAZIONI** | |
| **ANNO DI CORSO** | 1 |
| **PERIODO DELLE LEZIONI** | 1° semestre |
| **MODALITA' DI FREQUENZA** | Facoltativa |
| **TIPO DI VALUTAZIONE** | Voto in trentesimi |
| **ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI** | **BORINO GUIDO**<br>Giovedì 11:00 12:00 Ufficio Dipartimento di Ingegneria. Sezione Strutture e Infrastrutture. Viale delle Scienze Ed. 8. I° Piano.Alternativamente sessioni on line nell'area dedicata al corso su Teams. Giorno ed orario concordato. |

**DOCENTE:** Prof. GUIDO BORINO

| | |
|---|---|
| **PREREQUISITI** | Lo studente che frequenta il corso conosce e sa utilizzare i concetti base dell'analisi matematica, dell'algebra lineare, della geometria e ha conoscenze di base di meccanica del continuo, dei solidi e delle strutture. |
| **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI** | RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI<br>Conoscenza e capacita' di comprensione<br>• Lo studente al termine del Corso avra' conoscenza supplementari a quelle impartite dai corsi di base di meccanica del continuo. In particolare conoscera' estensioni della teoria lineare al piu' generale contesto della meccanica nonlineare in grandi spostamenti e grandi defrmazioni. Si estenderanno le conoscenze a problemi di modellazione meccanica e termomeccanica, compresi i mezzi bifase che caratterizzano i materiali e le strutture biologiche.<br><br>Capacita' di applicare conoscenza e comprensione<br>• Lo studente dovra' essere in grado di impostare le equazioni di governo del problema di meccanica del continuo in grandi spostamenti e deformazioni. Comprendere i limiti delle tradizionali teorie lineari ed applicare teorie piu' avanzate quando necessario. Dovra' essere inoltre capace di impostare problemi relativi a materiali biologici in grandi deformazioni comprendendo il significato fisico della appropriata misura di deformazione e della associata misura di sforzo<br><br>Autonomia di giudizio<br>• Lo studente sara' messo nelle condizioni di valutare in modo critico ed autonomo:<br>- la validita' ed i limiti di approssimazione dei modelli meccanici piani e tridimensionali;<br>- le condizioni di applicabilita' dei modelli strutturali comunemente adottati per descrivere materiali e strutture biologiche;<br>- livelli di accuratezza e correlato grado di difficolta' analitica legato alla modellazione.<br><br>Abilita' comunicative<br>• Lo studente sara' stimolato con discussioni in aula ad acquisire la capacita' di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sara' in grado di sostenere conversazioni su tematiche relative agli aspetti legati alla meccanica avanzata di materiali e di strutture (misure di deformazione finita e condizioni di massima sollecitazione) facendo ricorso ad una terminologia scientifica adeguata, e agli strumenti della rappresentazione matematica dei principali fenomeni meccanici descritti.<br><br>Capacita' d'apprendimento<br>• Lo studente avra' appreso i principi fondamentali della meccanica del continuo e delle strutture.<br>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' di proseguire gli studi ingegneristici magistrali, approfondendo nei corsi successivi aspetti leagti alla mmeccanica computazionale e alla meccanica sperimentale, forte di un bagaglio di conoscenze di Meccanica del continuo avanzata che gli consentiranno autonomia e discernimento. |
| **VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO** | La verifica dell'apprendimento avviene attraverso un esame orale finale, che accerta l'acquisizione delle conoscenze e delle abilita' attese.<br>La prova orale consiste in due o tre domande che tendono ad accertare la conoscenza da parte dello studente degli argomenti teorici ed applicativi trattati nelle lezione e nelle esercitazioni.<br><br>Il punteggio della prova d'esame e attribuito mediante un voto espresso in trentesimi.<br>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.<br>Per conseguire un punteggio pari a 30/30 e lode, lo studente deve invece dimostrare di aver raggiunto in maniera eccellente gli obiettivi previsti. Gli obiettivi raggiunti si considerano eccellenti quando l'esaminando/a ha acquisito la piena conoscenza degli argomenti del programma, dimostra di saper applicare la conoscenza acquisita<br>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. |

| | |
|---|---|
| **OBIETTIVI FORMATIVI** | OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO<br>Obiettivo primario del corso e' fornire le cognizioni avanzate sulla bio-meccanica dei solidi e delle strutture estendendo ed approfondendo le conoscenze di base sviluppate nei corsi di laurea triennali. Il corso sviluppa rigorosamente i presupposti teorici della meccanica del continuo mettendo a fuoco le relazioni fondamentali: configurazioni, deformazioni, equilibrio, congruenza, principi energetici, equazioni di legame. Il corso inoltre intende formare lo studente alla modellazione biomeccanica appropriata del problema elastico, termoeleastico e di mezzi bifase in un regime di spostamenti e deformazioni finiti<br>Il corso si pone da un punto di vista metodologico come uno snodo essenziale per l'ingegnere che vuole possedere competenze avanzate di meccanica dei solidi prima di affrontare insegnamenti strettamente ingegneristici relativi a fenomeni a complessi problemi biomeccanici accoppiati da affrontare con l'ausinio di tecniche numeriche |
| **ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA** | Il programma del corso viene interamente svolto durante le ore di lezione.<br>Le lezioni sono affiancate da esercitazioni in aula, con lo scopo di guidare gli studenti alla risoluzione di problemi specifici di meccanica dei solidi e delle strutture sulla base delle conoscenze acquisite a lezione |
| **TESTI CONSIGLIATI** | •Franco M. Capaldi, "Continuum Mechanics: CONSTITUTIVE MODELING OF STRUCTURAL AND BIOLOGICAL MATERIALS", Cambridge University Press.<br>•Marcelo Epstein "THE ELEMENTS OF CONTINUUM BIOMECHANICS" Wiley |

## PROGRAMMA

| ORE | Lezioni |
|---|---|
| 3 | Lecture 1.1 - Mathematics background<br>Scalars, Vectors and Second-Order Tensors ; Eigenvalues and Eigenvectors; Spectral Decomposition of a Symmetric Tensor; Coordinate Transformation; |
| 3 | Lecture 1.2 - Mathematics background<br>Invariants; Cayley-Hamilton Theorem<br>Scalar, Vector, and Tensor Functions and Fields; Integral Theorems |
| 3 | Lecture 2.1 – Kinematics and Strain Tensors<br>Configurations, Velocity and Acceleration, Displacement, Deformation Gradient; Jacobian<br>Nanson's Formula; Homogenous Deformation, Isochoric Deformation, and Rigid Body Rotation |
| 3 | Lecture 2.2 – Kinematics and Strain Tensors<br>Material and Spatial Derivatives; Polar Decomposition of the Deformation Gradient; Stretch Ratios<br>Left and Right Cauchy Deformation Tensor; Green Strain Tensor; Almansi Strain Tensor; Infinitesimal Strain Tensor; |
| 3 | Lecture 2.3 – Kinematics and Strain Tensors<br>Velocity Gradient, Rate of Deformation, Vorticity Reynolds' Transport Theorem<br>Exercises |
| 3 | Lecture 3.1 – Statics and Stress Tensors<br>Mass, Density, and Forces; Traction Vector; Cauchy Stress Tensor; First Piola-Kirchhoff Stress Tensor; Second Piola-Kirchhoff Stress Tensor; |
| 3 | Lecture 3.1 – Statics and Stress Tensors<br>Maximum Normal and Shear Stress; Decomposition of the Stress Tensor<br>Exercises |
| 3 | Lecture 4.1 – Introduction to Material Modeling<br>Forces and Fields; Balance Laws; Conservation of Mass; Conservation of Linear Momentum<br>Conservation of Angular Momentum; Conservation of Energy; The Second Law of Thermodynamics<br>Summary of the Field Equations; |
| 2 | Lecture 4.2 – Introduction to Material Modeling<br>Stress Power; Jump Conditions; Constitutive Modeling; Constitutive Modeling Principles; Principle of Dissipation; Principle of Material Frame Indifference; Material Symmetry |
| 2 | Lecture 4.3 – Introduction to Material Modeling<br>Isotropic Scalar-Valued Functions; Isotropic Tensor-Valued Functions; Internal Variables; Thermodynamics of Materials, Elements of Heat Transfer<br>Exercises |
| 3 | Lecture 5.1 – Elastic Material Models<br>Finite Thermoelastic Material Model; Forces and Fields; Balance Laws; Constitutive Model; Constraints Due to Material Frame Indifference; Constraints Due to the Second Law of Thermodynamics; Hyperelastic Material Model; Balance Laws; Constitutive Model; Constraints Due to Material Frame Indifference; Clausius-Duhem Inequality; Material Symmetry; Isotropic Materials; Transversely Isotropic Materials; Incompressible Materials; Common Hyperelastic Constitutive Models; Freely Jointed Chain. |
| 3 | Lecture 5.2– Elastic Material Models<br>Linear Thermoelastic Material Model, Balance Laws, Constitutive Model, Clausius-Duhem Inequality, Linear Thermoelastic Constitutive Relation, Material Symmetry, Governing Equations for the Isotropic Linear Elastic Material; Uniaxial Tension Test; Kinematics; Isotropic Linear Thermoelastic Material;Incompressible Isotropic Neo-Hookean Model. |

# PROGRAMMA

| ORE | Lezioni |
|---|---|
| 3 | Lecture 6.1 – Continuum Mixture Theory<br>Forces and Fields, Balance Laws, Conservation of Mass, Conservation of Momentum, Conservation of Angular Momentum, Conservation of Energy, Second Law of Thermodynamics, Biphasic Model, Isothermal Biphasic Model, Application to Soft Tissue, Confined Compression Experiment; Unconfined Compression |
| 3 | Lecture 6.2 – Growth Models<br>Forces and Fields; Balance Laws, Conservation of Mass; Reynolds' Transport Theorem; Conservation of Momentum; Conservation of Angular Momentum; Conservation of Energy; Decomposition of the Deformation Gradient; Summary of the Field Equations; Constitutive Model; Uniaxial Loading; Kinematics; Governing Equation. |

| ORE | Esercitazioni |
|---|---|
| 3 | Examples and applications of Mathematics background |
| 3 | Examples and applications of – Kinematics and Strain Tensors |
| 3 | Examples and applications of – Statics and Stress Tensors |
| 3 | Examples and applications of – Introduction to Material Modeling |
| 3 | Examples and applications of – Elastic Material Models |
| 3 | Examples and applications of – Continuum Mixture Theory |