

<b>Dipartimento:</b>	Ingegneria Civile, dell'Energia, dell'Ambiente e dei Materiali (DICEAM)
<b>Corso di laurea:</b>	Magistrale in Ingegneria Civile
<b>Classe:</b>	LM-23
<b>Attività formativa:</b>	di base
<b>Ambito disciplinare:</b>	Matematica
<b>Settore Scientifico-Disciplinare:</b>	MAT/07
<b>Numero di Crediti Formativi Universitari:</b>	6
<b>Propedeuticità obbligatorie:</b>	-
<b>Anno di corso:</b>	1°
<b>Semestre:</b>	1°
<b>Ore di insegnamento:</b>	48 (di cui lezioni 32, esercitazioni 16)
<b>Modalità di esame:</b>	prova scritta e prova orale
<b>Titolare del corso:</b>	Prof. Pasquale Giovine

## **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI**

### **Conoscenza e capacità di comprensione**

Acquisizione di specifiche competenze teoriche e operative. Conoscenza dei modelli e dei metodi per analizzare il comportamento termomeccanico dei sistemi, ad un numero finito o infinito di gradi di libertà, liberi e vincolati.

### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Acquisizione di specifiche competenze applicative. Trattazione di metodologie utili allo studio ed alla formalizzazione matematica di varie classi di fenomeni fisici d'interesse interdisciplinare e rilevanti per le applicazioni dell'ingegneria. Capacità di trasformare un problema fisico in uno matematico e, dopo averlo risolto, di interpretarne fisicamente il risultato, traducendo in modo sistematico e rigoroso un sistema meccanico o termomeccanico in equazioni, risolvendolo e discutendone i risultati.

### **Autonomia di giudizio**

Valutazione e interpretazione dei risultati nell'ambito della meccanica analitica e della termodinamica del continuo, come della matematica applicata alla fisica.

### **Abilità comunicative**

Comunicazione verbale e scritta, elaborazione e presentazione di problemi, capacità di lavorare in gruppo, trasmissione e divulgazione dell'informazione su temi propri della meccanica teorica ed applicata, usando il linguaggio specifico della disciplina.

### **Capacità d'apprendimento**

Alla fine del corso lo studente: saprà affrontare e risolvere numerosi problemi legati al moto dei sistemi lagrangiani e di quelli continui - come anche al loro equilibrio; inoltre avrà acquisito le nozioni generali sulle equazioni differenziali alle derivate parziali ed alcune metodologie per la risoluzione delle stesse.

## **Programma dettagliato**

### **1. Elementi di meccanica analitica (2 crediti)**

Principio delle reazioni vincolari - Forza d'attrito come forza attiva - Principio del d'Alembert - Relazione ed equazione simbolica della dinamica - Sufficienza delle Equazioni Cardinali nella dinamica del corpo rigido - Equazione simbolica della statica e Principio dei lavori virtuali - Applicazioni - Calcolo delle reazioni vincolari mediante il Principio dei lavori virtuali - Condizioni di equilibrio per un sistema olonomo - Forze generalizzate di Lagrange - Caso di forze conservative - Principio di stazionarietà del potenziale - Equazioni del moto di un sistema olonomo soggetto a vincoli perfetti e bilaterali in coordinate lagrangiane - Equazioni di Lagrange nella prima forma e nel caso in cui le forze attive sono conservative - Funzione Lagrangiana - Energia cinetica di un sistema olonomo - Problema di Cauchy per le equazioni di Lagrange -

Teorema delle forze vive - Teorema di conservazione dell'energia meccanica per i sistemi vincolati - Integrali primi del moto: della quantità di moto, del momento angolare assiale e dell'energia meccanica - Sistemi Lagrangiani - Momenti cinetici - Integrali primi tipici dei sistemi Lagrangiani - Stabilità dell'equilibrio e Teorema di Dirichlet (S.D.) - Piccole oscillazioni di un sistema olonomo nell'intorno di una sua configurazione d'equilibrio stabile

## **2. Operatori matriciali su vettori (1 credito)**

Operatori matriciali e componenti cartesiane - Operatore identità - Simboli di Kronecker e di Levi-Civita: proprietà e relazioni - Prodotto di uno scalare per un operatore matriciale - Somma di due operatori - Prodotto di due operatori - Operatore trasposto - Traccia di un operatore - Determinante di un operatore: espressione del determinante nel caso di  $n = 3$  - Operatore inverso - Operatore complementare - Alcune identità notevoli degli operatori matriciali: alcune identità notevoli nel caso  $n = 3$  - Prodotto scalare fra operatori - Operatori simmetrici e antisimmetrici: vettore duale associato ad un operatore antisimmetrico, parti simmetrica e antisimmetrica di un operatore - Parte deviatorica ed isotropa di un operatore - Operatore di rotazione - Trasformazioni di similitudine ortogonali: invarianti principali di un operatore - Autovalori ed autovettori di un operatore: autovalori ed invarianti delle potenze di un operatore, autovalori ed autovettori per operatori simmetrici, diagonalizzazione di un operatore, teorema di Hamilton-Cayley, relazioni tra invarianti e derivate degli invarianti principali nel caso  $n = 3$  - Prodotto tensoriale: rappresentazione semi-cartesiana di un operatore, autovalori ed autovettori di un prodotto tensoriale nel caso  $n = 3$  - Operatori definiti di segno: operatore radice quadrata di un operatore definito positivo - Teorema Polare

## **3. Deformazione e cinematica di un corpo continuo; forze agenti (0,7 crediti)**

Configurazione di un continuo - Operatore gradiente di deformazione - Operatori di deformazione - Operatore della deformazione inversa - Coefficiente di dilatazione lineare - Scorrimenti - Coefficiente di dilatazione superficiale - Coefficiente di dilatazione di volume - Corpi incompressibili - Deformazione omogenea - Piccole deformazioni - Velocità ed accelerazione - Operatore gradiente di velocità - Forze in un continuo - Tensore degli sforzi e teorema di Cauchy

## **4. Leggi di bilancio e principi costitutivi generali in meccanica dei continui (1 credito)**

Legge di conservazione della massa: formulazione lagrangiana, formulazione euleriana - Equazioni cardinali: condizioni al contorno - Principio dei lavori virtuali - Leggi generali di bilancio: teorema del trasporto, legge di bilancio dell'energia, leggi di bilancio della termomeccanica in forma euleriana, invarianza galileiana (facoltativo), formulazione lagrangiana delle leggi di bilancio, legge di bilancio della quantità di moto in forma lagrangiana e primo tensore di Piola-Kirchhoff, condizioni al contorno in variabili lagrangiane, legge di bilancio dell'energia in variabili lagrangiane - Interpretazione fisica del tensore di Piola-Kirchhoff, secondo tensore di Piola-Kirchhoff, potenza delle forze interne in termini dei tensori di Piola-Kirchhoff - Esempi di tensore degli sforzi di Cauchy: pressione, tensione semplice, taglio semplice - Principi generali per le leggi costitutive: il principio di indifferenza materiale, il principio di entropia

## **5. Elasticità e termoelasticità. Fluidi. Conduttore rigido di calore (1,3 crediti)**

Corpi elastici: conseguenze del principio di indifferenza materiale nel caso elastico - Corpi termoelastici: principi di indifferenza materiale in termoelasticità, equazioni di campo della termoelasticità, conseguenze del principio di entropia in termoelasticità, materiali isotropi - Principio di dissipazione in elasticità: elasticità non lineare unidimensionale - Elasticità lineare: equazioni dell'elasticità lineare isotropa - Fluidi ideali ed equazioni di Eulero: condizioni al contorno nel caso di fluidi ideali, lavoro delle forze interne in un fluido ideale - Fluidi dissipativi di Fourier-Navier-Stokes - Principio di entropia per un fluido - Alcuni casi particolari di fluidi: fluidi di Fourier-Navier-Stokes incompressibili, fluidi di Eulero compressibili - Equazioni dei fluidi nella formulazione Lagrangiana - Equazione del calore - Equazione di Maxwell-Cattaneo

### **Testi consigliati**

1. M. Fabrizio: La Meccanica Razionale e i Suoi Metodi Matematici, Zanichelli, Bologna, 1994
2. T. Ruggeri: Introduzione alla Termomeccanica dei Continui, Monduzzi editore, Bologna, 2<sup>a</sup> ed., 2013

### **Altri testi**

3. S. Bressan, A. Grioli: Esercizi di Meccanica Razionale, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1985
4. F. John: Partial Differential Equations, Springer-Verlag, Berlin, 1982
5. V. Smirnov: Corso di Matematica Superiore, Vol.IV/II, Edizioni MIR Editori Riuniti, Roma, 1985