

CORSO DI STUDIO	LAUREA IN MATEMATICA (L-35)
ANNO ACCADEMICO	2023-2024
INSEGNAMENTO	MECCANICA SUPERIORE

Principali informazioni sull'insegnamento	
Anno di corso	Terzo
Periodo di erogazione	Secondo semestre (26 febbraio 2024 – 31 maggio 2024)
Crediti formativi universitari (CFU)	7
Settore scientifico disciplinare (SSD)	MAT/07 – Fisica Matematica
Lingua di erogazione	Italiano
Modalità di frequenza	Fortemente consigliata.

Docente	
Nome e cognome	Arcangelo Labianca
Indirizzo mail	arcangelo.labianca@uniba.it
Telefono	+39 080 544 2656
Sede	Dipartimento di Matematica, stanza 7 secondo piano
Sede virtuale	Microsoft Teams: Ricevimento di Meccanica Superiore (cod. rynho01)
Pagina web	https://www.dm.uniba.it/it/members/labianca
Ricevimento	Lun. Mer. Ven. 12:00 – 13:00 in presenza oppure online

Organizzazione della didattica				
	Totali	Didattica frontale	Pratica	Studio individuale
Ore	175	56		119
CFU	7	7		

Obiettivi formativi	
	Conoscenza avanzata di risultati e strumenti di fluidodinamica e magnetofluidodinamica per affrontare temi di ricerca in tali settori.

Prerequisiti	
	Algebra lineare e affine. Topologia generale. Analisi delle funzioni reali di più variabili. Meccanica del punto, dei sistemi discreti e dei sistemi continui rigidi. Elementi di termodinamica ed elettrodinamica.

Syllabus	
Contenuti dell'insegnamento (Programma)	<p>Preliminari. Limiti, continuità e differenziabilità per funzioni tra spazi vettoriali e tra spazi affini euclidei. Funzioni scalari e vettoriali. Limiti e derivabilità di funzioni vettoriali. Funzioni puntuali: limiti e derivabilità. Richiami di algebra tensoriale. Campi scalari e campi vettoriali: convergenza e differenziabilità.</p> <p>Derivata direzionale di campi scalari e vettoriali. Campi vettoriali e tensoriali: convergenza e differenziabilità.</p> <p>Richiami sulle curve in spazi affini. Superfici regolari. Coordinate curvilinee e riferimento naturale.</p> <p>Operatori differenziali. Gradiente di campi scalari, vettoriali e tensoriali. Divergenza di campi vettoriali e tensoriali. Laplaciano di campi scalari e vettoriali. Rotazionale di campi vettoriali. Identità differenziali fra diversi operatori.</p>



Circuitazione lungo una curva di un campo vettoriale. Linee di campo. Flusso attraverso una superficie di un campo vettoriale. Tubi di campo. Lemma di Gauss. Teorema del gradiente, della divergenza e del rotazionale. Teorema di Stokes.

Forme differenziali lineari. Forme esatte e chiuse. Campi irrotazionali e solenoidali. Funzioni armoniche.

Disuguaglianza di Poincaré nel cubo per campi solenoidali.

Sistemi continui deformabili. Sistemi materiali continui. Sistemi continui in moto regolare. Rappresentazione euleriana e lagrangiana del moto. Derivata euleriana, lagrangiana e molecolare di una grandezza. Linee di flusso e linee di corrente. Moti stazionari. Linee, superfici e volumi materiali. Teorema (del trasporto) di Reynolds.

Cinematica dei continui deformabili. Relazione fondamentale della cinematica dei continui deformabili. Vettore vortice. Tensore velocità di deformazione e tensore vortice. Coefficiente di dilatazione lineare. Deformazione angolare.

Coefficiente di dilatazione cubica. Sistemi incompressibili.

Dinamica dei sistemi continui deformabili. Postulato della densità. Assioma di bilancio della massa. Equazione di continuità della massa. Assioma del bilancio della quantità di moto e del momento della quantità di moto. Sforzi interni al sistema. Postulato degli sforzi di Euler-Cauchy. Tensione e pressione. Teorema di Cauchy sugli sforzi. Tensore degli sforzi. Postulato di Boltzmann e simmetria del tensore degli sforzi. Equazioni indefinite della meccanica dei continui.

Energia cinetica di un sistema continuo. Teorema dell'energia cinetica per continui deformabili.

Termodinamica dei continui deformabili. Assioma di bilancio dell'energia. Flusso di calore e vettore corrente di calore. Temperatura assoluta. Assioma dell'entropia. Disuguaglianze di Clausius-Duhem e Clausius-Planck. Legge di Fourier. Trasformazioni reversibili e irreversibili. Energia libera. Disuguaglianza di dissipazione ridotta.

Equazioni costitutive. Fluidi perfetti. Osservazione di Cauchy. Grandezze oggettive. Oggettività del tensore velocità di deformazione. Principi di ereditarietà, di equipresenza, di oggettività materiale e di dissipazione. Sistemi omogenei senza memoria. Fluidi barotropici. Fluidi viscosi.

Fluidi stokesiani e newtoniani. Fluido di Stokes. Legami fra gli autovalori di \mathbf{D} e di \mathbf{T} . Espressione quadratica del tensore degli sforzi in un fluido stokesiano. Leggi di Cauchy-Poisson e fluidi newtoniani. Coefficienti di viscosità di volume e di scorrimento. Relazione di Stokes. Equazione di Navier-Stokes per fluidi compressibili e incompressibili. Equazione generale del trasporto del calore per fluidi newtoniani. Equazione del calore per fluidi newtoniani incompressibili in quiete. Equazione di diffusione di Beltrami. Equazione di vorticità di Helmholtz. Integrale di Cauchy. Teorema di Helmholtz. Teorema di Cauchy-Lagrange.

Cenni sulle equazioni a derivate parziali. Equazioni lineari e non lineari. Equazioni quasi lineari e semilineari. Esempi di equazioni del I e del II ordine. Cenni sulla classificazione delle equazioni del II ordine in due variabili. Esempi di equazioni non lineari. Condizioni di Cauchy, di Dirichlet, di Neumann e di Robin. Problemi ai valori iniziali e al contorno. Domini regolari e lipschitziani. Buona posizione.

Problemi in fluidodinamica. Condizioni al contorno per la velocità, la vorticità e la temperatura. Equazioni dei fluidi newtoniani compressibili. Equazioni dei fluidi newtoniani barotropici viscosi e perfetti. Equazioni dei



fluidi newtoniani incompressibili (Eq. di Navier-Stokes) e dei fluidi perfetti incompressibili (Eq. di Eulero). Equazioni adimensionali. Adimensionalizzazione e numero di Reynolds. IBVP per le equazioni di Navier-Stokes. Condizione di ammissibilità cinematica. Strato piano. Moti piani. Moti laminari. Soluzioni laminari delle equazioni di Navier-Stokes: moto di Couette, di Poiseuille e di Couette-Poiseuille. Moto oscillatorio di Rayleigh-Stokes. Idrostatica. Legge di Stevino. Principio di Archimede e spinta idrostatica. Equazione di Bernoulli per fluidi barotropici perfetti. Teorema di Torricelli. Moti irrotazionali.

Stabilità. Soluzione base, soluzione perturbata e perturbazione. Stabilità e asintotica stabilità secondo Liapunov. Stabilità lineare e non lineare. Autovalori e stabilità lineare. Criticità e principio di scambio della stabilità. Problemi linearizzati e instabilità lineare. Funzionali di Liapunov. Teorema di Liapunov.

Unicità. Derivata dell'energia cinetica per fluidi newtoniani incompressibili. Equazione di Reynolds-Orr per l'energia della perturbazione. Teorema di unicità per l'IBVP di Navier-Stokes. Stabilità in energia dell'equilibrio idrodinamico.

Problema di Bénard. Approssimazione di quasi incompressibilità di Oberbeck-Boussinesq. Equilibrio termodiffusivo in uno strato piano orizzontale. Problema di Rayleigh-Bénard. Adimensionalizzazione, numero di Rayleigh e numero di Prandtl. Problema per le perturbazioni. Stabilità lineare dell'equilibrio termodiffusivo. Condizioni al contorno per piani rigidi e liberi. Analisi in termini di "modi normali" in una cella di periodicità. Studio alla criticità per piani liberi. Problema agli autovalori e condizione di stabilità lineare per il numero di Rayleigh.

Richiami di elettromagnetismo. Postulato della densità di carica elettrica. Assioma del bilancio della carica elettrica. Campi elettrico, magnetico, di induzione elettrica e di induzione magnetica. Densità di corrente elettrica. Corrente di convezione, di conduzione e di spostamento. Equazioni di Maxwell. Legge di Ampère. Teorema di Neumann-Lenz. Teorema di Gauss e di Gauss magnetico. Legge di Ohm.

Magnetofluidodinamica. Equazione del campo magnetico. Equazioni adimensionali e numero di Reynolds magnetico. Fluidi elettroconduttori. Legge di Lorentz. Equazione dell'energia ed effetto Joule. Invarianza delle equazioni per trasformazioni di Galileo: assiomi della magnetofluidodinamica non relativistica. Tensore maxwelliano. Fluidi altamente conduttori. Vettore di Poynting. Evoluzione dell'energia magnetica. Decadimento del campo magnetico per un fluido in quiete. Teorema di Alfvén. Legge di induzione di Faraday per superfici mobili. Condizioni al contorno per il campo elettrico e magnetico. Condizioni per pareti isolanti o conduttrici.

Polarizzazione in un dielettrico. Magnetizzazione: mezzi diamagnetici, paramagnetici e ferromagnetici.

Soluzioni in magnetofluidodinamica. Onde elettromagnetiche piane. Onde progressive e regressive e velocità di propagazione. Onde magnetoidrodinamiche di Alfvén in fluidi in quiete. Perturbazioni infinitesime per fluidi newtoniani incompressibili, perfetti e altamente conduttori. Onde magnetosoniche per fluidi barotropici perfetti altamente conduttori. Campi magnetici "force free" in magnetofluidostatica. Decadimento di un campo force-free. Soluzioni laminari magnetofluidodinamiche in uno strato piano. Numero di Hartmann. Moto di Hartmann e moto di Couette magnetoidrodinamico.

Testi di riferimento	J. Serrin, <i>Mathematical Principles of Classical Fluid Mechanics</i> , Handbuch der Physik, Band VIII/1 S. Rionero, <i>Appunti di Magnetofluidodinamica</i>
Note ai testi di riferimento	
Materiali didattici	Dispense fornite dal docente.

Risultati di apprendimento previsti (secondo i Descrittori di Dublino)	
DD1 Conoscenza e capacità di comprensione	Acquisizione del linguaggio, del formalismo matematico, degli strumenti matematici e dei principali risultati che consentano la consultazione e la comprensione di testi ed articoli di fluidodinamica.
DD2 Conoscenza e capacità di comprensione applicate	Acquisizione del linguaggio, del formalismo matematico, degli strumenti matematici e dei principali risultati che consentano la descrizione, l'analisi e la risoluzione di problemi di fluidodinamica.
DD3-5 Competenze trasversali	<i>DD3 Autonomia di giudizio:</i> Capacità di individuare gli strumenti teorici e le tecniche necessarie per affrontare problemi, anche complessi, di fluidodinamica.
	<i>DD4 Abilità comunicative:</i> Saper introdurre e presentare gli oggetti e i risultati studiati con rigore matematico e senso fisico.
	<i>DD5 Capacità di apprendere:</i> Essere in grado di studiare e acquisire autonomamente nuove conoscenze di fluidodinamica da testi e articoli.

Metodi didattici	
	Lezioni frontali per l'acquisizione delle conoscenze ed esercitazioni frontali per la loro applicazione.

Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	Prova orale finale.
Criteri di valutazione	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> Correttezza e completezza nell'esposizione di concetti e risultati di fluidodinamica. • <i>Conoscenza e capacità di comprensione applicate:</i> Correttezza e precisione nell'uso di tecniche risolutive dei problemi di fluidodinamica. • <i>Autonomia di giudizio:</i> Appropriatezza dell'uso di tecniche e risultati nei quesiti teorici e applicativi. • <i>Abilità comunicative:</i> Rigorosità, correttezza ed efficacia di esposizione. • <i>Capacità di apprendere:</i> Risoluzione di problemi analoghi a quelli presentati nel corso.
Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	Voto finale espresso in trentesimi con superamento a partire da 18 trentesimi.

Ulteriori informazioni	