

**CORSO DI TERMOFLUIDODINAMICA APPLICATA – ANNO ACCADEMICO 2007/08**

**GUIDA ALLO STUDIO**

<b>ARGOMENTO.</b>	<b>Testo di riferimento</b>	<b>Altri testi(*) - note</b>
<p><b>Richiami di matematica</b> Calcolo vettoriale e tensoriale. Operatori differenziali. Teoremi della divergenza e di Stokes. Il sistema continuo ed il suo moto. Punto di vista euleriano e lagrangiano. Derivate temporali: derivata locale e materiale. Regola di Leibnitz, teorema del trasporto.</p>	Dispense cap. 1	Tinker, capp. 2-3-6-7 Mattei, parte VII
<p><b>Cinematica dei continui</b> Velocità ed espressioni lagrangiana ed euleriane dell'accelerazione. Accelerazione convettiva. Spostamenti elementari di una particella: significato fisico di <math>\text{div } v</math> e <math>\text{rot } v</math>. Tensore di velocità di deformazione. Linee di flusso, di corrente, di fumo. Vorticità e tubi di vorticità.</p>	Dispense cap. 1	Mattei, parte VII
<p><b>Forze nei continui</b> Tensore degli sforzi. Equazioni di equilibrio di Cauchy. Relazioni di chiusura: equazioni di stato ed equazioni costitutive.</p>	Dispense cap. 1	Mattei, parte VII
<p><b>Proprietà dei fluidi</b> Definizione di fluido e sue proprietà termodinamiche. Coefficienti termodinamici <math>c_p</math>, <math>\beta</math>, <math>\kappa</math>. Proprietà di trasporto dei fluidi: conducibilità termica, postulato ed equazione di Fourier; diffusività termica. Viscosità: significato fisico; viscosità cinematica, numero di Prandtl; fluidi newtoniani e non newtoniani. Legame tra tensore degli sforzi e tensore velocità di deformazione per fluido newtoniano. Relazioni per il calcolo della viscosità.</p>	Dispense cap. 2	Cengel cap. 2  Todreas, p.414  Whitaker, p.134
<p><b>Equazioni di bilancio</b> Bilancio di massa, quantità di moto, momento, energia ed entropia in forma generale. Altre forme delle equazioni integrali di bilancio (massa di controllo, sistema stazionario). Bilancio integrale dell'energia. Passaggio dal bilancio integrale a quello differenziale. Forme dell'equazione di bilancio dell'energia: energia totale, energia interna, energia cinetica, entalpia. Forze di massa conservative ed energia potenziale. Flusso di energia, quantità di moto e massa attraverso un'apertura: confronto tra velocità medie. Espressione generale del teorema di Bernoulli e applicazione a fluidi incompressibili ed a moto isoentropico comprimibile.</p>	Todreas cap. 4 Dispense cap. 3 (°)	Cengel cap. 5-6    Whitaker, p. 242  Batchelor, p. 156
<p><b>Moto turbolento</b> Turbolenza: metodo delle medie di Reynolds, diffusività turbolenta. Moto turbolento: medie dei termini fluttuanti, diffusività turbolenta di quantità di moto ed energia. Viscosità turbolenta.</p>	Dispense cap.3(°) in preparazione Lucidi lezione	Todreas, p.112 Cengel cap.8.5
<p><b>Similitudine ed analisi dimensionale</b> Teorema di Buckingham, scelta dei gruppi adimensionali. Adimensionalizzazione delle equazioni di N-S.</p>	Lucidi lezione Cengel cap. 7	
<p><b>Moto incompressibile non viscoso</b> Funzione di corrente, linee di corrente. Moto irrotazionale: cenno all'equazione di vorticità. Moti potenziali. Moti potenziali piani: casi fondamentali. Applicazione al caso di cilindro fermo e rotante: calcolo delle forze di lift e di drag, paradosso di D'Alembert. Moto potenziale attorno ad una sfera.</p>	Lucidi lezione Dispense cap.4 Cengel cap.10.4	Munson cap. 6 Batchelor, p. 265
<p><b>Moto viscoso esterno</b> Moto laminare esterno: soluzione di Stokes per la sfera. Concetto di strato limite. Strato limite laminare su piastra piana. Equazioni dello strato limite, soluzione di Blasius, determinazione del taglio alla parete. Strato limite turbolento su piastra piana, bilancio di quantità di moto, calcolo del coefficiente di attrito locale e globale. Resistenza e portanza: coefficienti di resistenza e di portanza.</p>	Lucidi lezione Cengel cap. 10.5 Bejan cap. 5  Lucidi lezione	Munson cap. 9 Olson, p.609 Schlichting, p.128  Olson, p.260

Coefficiente di resistenza totale e suo andamento con il numero di Reynolds. Distacco dello strato limite. Portanza, cenni al teorema di Kutta-Joukowski.		Olson, p.430
<b>Convezione forzata esterna</b> Classificazione, legge di Newton, significato del coefficiente di convezione. Equazione di bilancio termico in termini di temperatura e sua espressione nello strato limite. Moto laminare strato limite termico, relazioni per il numero di Nusselt locale e medio. Effetto della turbolenza sulla convezione, diffusività termica e numero di Prandtl turbolenti. Convezione su piastra piana: analogie di Reynolds e di Reynolds-Colburn.	Lucidi lezione Dispense cap.6 (°) Bejan cap. 5	
<b>Moto nei condotti</b> Moto viscoso stazionario incomprimibile: flusso in condotto circolare. Applicazione dei bilanci integrali al moto nel condotto: andamento del taglio alla parete e sua espressione in caso di moto laminare (Poiseuille). Profilo universale di velocità turbolento, sottostrato laminare. Profilo turbolento di Blasius. Determinazione del taglio alla parete in regime turbolento. Equazioni di Blasius e Prandtl. Condotti scabri: relazioni di Colebrook e Haaland.	Lucidi lezione Cengel cap. 8 Bejan cap. 6	Olson, p.167 Whitaker, p.200, Schlichting, p.600  Olson, p.318
<b>Convezione forzata nei condotti</b> Lunghezze di sviluppo dinamica e termica. Equazioni integrali e differenziali di bilancio nel moto sviluppato. Correlazioni di scambio termico per moto laminare e turbolento nei condotti.	Lucidi lezione Bejan cap. 6	

(\*) Gli "altri testi" danno elementi per ampliare la conoscenza dei temi particolari accanto a cui sono riportati.

(°) I capitoli 5,6 delle dispense sono attualmente in preparazione. E' disponibile una versione "preliminare" del cap.3.

## TESTI CITATI

Disponibili in biblioteca centrale [COLLOCAZIONE TRA PARENTESI] e presso il docente

- Y.A. Cengel, J.M. Cimbala, *Meccanica dei Fluidi*, McGraw-Hill, 2007, ISBN 978-88 386 6384-0, capp. 1-11.
- G.K. Batchelor, *Introduction to Fluid Dynamics*, Cambridge University Press, 1967 [532.05 BAT INT].
- A. Bejan, *Heat Transfer*, Wiley, 1993 [621.402 2 BEJ HEA].
- R.B. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lightfoot, *Transport Phenomena*, Wiley, 1960 [532.5 BIR TRA].
- G. Mattei, *Lezioni di Meccanica Razionale*, Mencarini, Pisa, 1977, Parte VII, Meccanica dei Continui [531 MAT r].
- B.R. Munson, D.F. Young e T.H. Okishishi, *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 4<sup>th</sup> ed., Wiley, 2002, ISBN 0-471-44250-X [620.106 MUN]
- R.M. Olson, S.J. Wright, *Essentials of Engineering Fluid Mechanics*, Harper & Row, NY, 1990 [620.106 OLS].
- H. Schlichting, *Boundary Layer Theory*, Mc Graw-Hill, 1955 [532.051 SCH r]
- N.E. Todreas, M.S. Kazimi, *Nuclear Systems I – Thermalhydraulic Fundamentals*, Taylor & Francis, 1989, ISBN 1-56032-051-6 [621.483 TOD I]
- S. Whitaker, *Introduction to Fluid Mechanics*, Krieger, 1992 [532.05 WHI r].
- R.L. Panton, *Incompressible flow*, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, NY, 2003 [532.051 PAN].
- M. Tinker, R. Lambourne, *Further Mathematics for the Physical Sciences*, Wiley, 2000, ISBN 0-471-8673-3

## INFORMAZIONI UTILI SUL DOCENTE

**DOCENTE:** Paolo Di Marco

**Orario di ricevimento:** Disponibile tutti i giorni. E' possibile richiedere appuntamenti telefonici o (nei limiti del possibile) ricevere chiarimenti per telefono od e-mail.

**Luogo di ricevimento:** Dipartimento di Energetica - Settore Fisica Tecnica - Edificio del triennio (polo A) - (*entrata principale, piano terreno, sulla destra*).

**RECAPITI**      **Telefono:** 050 2217107 (uff.), 050 25259 (abitaz.),  
**E-mail:** p.dimarco@ing.unipi.it

**FAX:** 050 2217150

**WWW:** <http://docenti.ing.unipi.it/~d6600/>

La pagina web (accessibile anche dalla homepage della Facoltà di Ingegneria) contiene comunicazioni e materiale didattico che è possibile scaricare.