

<b>FACOLTÀ</b>	INGEGNERIA
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2013/2014
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>INSEGNAMENTO</b>	Termofluidodinamica numerica
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	13525
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/19
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Michele Ciofalo Professore Ordinario Università di Palermo
<b>CFU</b>	9
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	145
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	80 (56 h. di lezioni frontali + 24 h. di esercitazioni)
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Nessuna
<b>ANNO DI CORSO</b>	2
<b>SEDE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali Esercitazioni in aula
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale

<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Prof. Michele Ciofalo Lunedì, Mercoledì e Venerdì h. 11-12 Stanza 111 - Primo piano Dipartimento di Ingegneria Nucleare, Viale delle Scienze Edificio 6

### **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (descrittori di Dublino)**

Conoscenza e capacità di comprensione (*knowledge and understanding*):

Al termine del corso, lo studente avrà acquisito conoscenze approfondite sulle equazioni che governano il moto dei fluidi ed il trasporto di calore e di massa nonché sulle metodologie per la loro discretizzazione e risoluzione numerica.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione (*applying knowledge and understanding*):

Lo studente avrà acquisito la capacità di riconoscere e classificare uno specifico problema di natura termofluidodinamica, identificare le tecniche numeriche più appropriate alla sua risoluzione, e impostare un algoritmo funzionante che applichi tali tecniche, fino ad arrivare, nei casi più semplici, alla stesura di un programma di calcolo o, in alternativa, alla corretta utilizzazione di un codice CFD commerciale o comunque già esistente.

Autonomia di giudizio (*making judgements*)

Lo studente sarà in grado di valutare la coerenza e la correttezza qualitativa dei risultati ottenuti, e saprà quali dati teorici, numerici o sperimentali sarebbero necessari per la validazione anche quantitativa di tali risultati.

Abilità comunicative (*communication skills*)

Lo studente sarà in grado di comunicare con competenza e proprietà di linguaggio a proposito di problematiche complesse legate alla impostazione e alla soluzione numerica di problemi termofluidodinamici, scambiando eventualmente informazioni con esperti di metodi numerici e/o di informatica.

Capacità di apprendimento (*learning skills*)

Lo studente sarà in grado di apprendere le modalità di utilizzo di codici termofluidodinamici e di approfondire autonomamente, ove occorresse, aspetti specifici non esplicitamente trattati nel corso (quali, ad esempio, quelli legati alla comprimibilità del fluido).

### **OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO 1 “EQUAZIONI DI TRASPORTO E LORO**

## DISCRETIZZAZIONE E RISOLUZIONE NUMERICA”

Obiettivo del modulo è esporre le equazioni di governo dei fenomeni di trasporto, dalla conduzione del calore alla termofluidodinamica, e le relative tecniche di discretizzazione e risoluzione numerica.

### MODULO 1

### EQUAZIONI DI TRASPORTO E LORO DISCRETIZZAZIONE E RISOLUZIONE NUMERICA

### ORE FRONTALI

### LEZIONI FRONTALI

14

**Conduzione del calore:** Equazione del calore 1D, 2D e 3D in regime stazionario e transitorio; condizioni al contorno e numero di Biot; soluzioni analitiche per geometrie 1D semplici (slab, cilindro, sfera); autofunzioni, autovalori e costanti di tempo. Discretizzazione a volumi finiti dell'equazione del calore 1D, 2D e 3D in regime stazionario e transitorio; condizioni al contorno e metodo dei volumi “dummy”; notazione lessicografica per l'ordinamento delle equazioni nei casi multi-dimensionali. Metodi espliciti ed impliciti e condizioni di stabilità e di accuratezza; equazioni lineari risultanti e algoritmi per la loro risoluzione; trattamento di non linearità risultanti da variazione delle proprietà fisiche con la temperatura.

14

**Moto dei fluidi e convezione:** Equazioni di continuità e Navier-Stokes in regime stazionario e transitorio; notazione tensoriale cartesiana; sforzi viscosi; numero di Reynolds. Equazione dell'energia; flussi convettivi; numero di Prandtl. Termini di “buoyancy” e approssimazione di Boussinesq. Condizioni al contorno e requisiti perché un problema fluidodinamico sia ben posto. Soluzioni analitiche per casi semplici 1D e 2D. Discretizzazione a volumi finiti delle equazioni del moto e dell'energia in 2 o 3 dimensioni in regime stazionario; condizioni al contorno e metodo dei volumi “dummy”. Problemi transitori: metodi espliciti ed impliciti e condizioni di stabilità e di accuratezza. Accoppiamento pressione-velocità per il caso di fluidi incomprimibili; algoritmi p-v con dettagli sui metodi della famiglia “SIMPLE”. Discretizzazione dei termini convettivi e relativi problemi. Equazioni lineari risultanti

	dai metodi impliciti e cenni sugli algoritmi per la loro risoluzione. Analisi di un tipico codice commerciale di fluidodinamica numerica; moduli di “pre-processing”, “solver” e “post-processing”.
--	---

<b>ESERCITAZIONI</b>	
----------------------	--

12	Stesura di un codice di calcolo 2-D in FORTRAN per la risoluzione di problemi termofluidodinamici.
----	--

<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	Dispense del corso
--------------------------	--------------------

**OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO 2 “MODELLI DI TURBOLENZA E FENOMENI TERMOFLUIDODINAMICI SPECIALI”**

Obiettivo del modulo è quello di esporre i principali modelli di turbolenza e di fornire notizie sintetiche su problemi termofluidodinamici specifici, quali la magnetoidrodinamica e la dispersione atmosferica.

<b>MODULO 2</b>	<b>MODELLI DI TURBOLENZA E FENOMENI TERMOFLUIDODINAMICI SPECIALI</b>
-----------------	--

<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
---------------------	-------------------------

14	<b>La turbolenza ed i suoi modelli:</b> turbolenza nei fluidi: fenomenologia e sua interpretazione nell’ambito della teoria dei sistemi dinamici; concetto di “energy cascade” e scale dissipative di Kolmogorov. Simulazione diretta: requisiti di risoluzione spaziale e temporale e stima del relativo onere computazionale. Modelli RANS: derivazione formale degli sforzi e flussi turbolenti. Modelli a viscosità turbolenta: analogia fra i termini turbolenti risultanti e gli sforzi e flussi diffusivi (molecolari). Modelli algebrici semplici. Modelli differenziali con trattazione dettagliata del modello k-epsilon. Condizioni al contorno, funzioni di parete e varianti “a basso numero di Reynolds”. Implementazione dei modelli tipo k-epsilon in un tipico codice commerciale di fluidodinamica numerica (ANSYS-CFX). Cenni sui modelli di ordine superiore (RSM, ASM) e sulla “Large-Eddy Simulation”.
----	--

14	<b>Fenomeni termofluidodinamici speciali:</b> magnetoidrodinamica; convezione naturale turbolenta; strato limite atmosferico e fenomeni
----	---

	di dispersione in atmosfera; spray cooling; cenni sulla risoluzione numerica di problemi di combustione.
--	--

<b>ESERCITAZIONI</b>	
----------------------	--

12	Confronto di modelli di turbolenza per diversi problemi termofluidodinamici utilizzando codici di calcolo sia commerciali (ANSYS-CFX) che “in-house”.
----	---

<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	G. Comini, G. Croce ed E. Nobile (a cura di), <i>Fondamenti di Termofluidodinamica Computazionale</i> , UIT e SGEditoriali, Padova, 3a edizione, Novembre 2008.
--------------------------	---