UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2018/2019
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2019/2020
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	INGEGNERIA ENERGETICA E NUCLEARE
INSEGNAMENTO	COMPUTATIONAL THERMOFLUIDYNAMICS
TIPO DI ATTIVITA'	C
AMBITO	20927-Attività formative affini o integrative
CODICE INSEGNAMENTO	19660
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-IND/19
DOCENTE RESPONSABILE	CIOFALO MICHELE Professore a contratto in quiescenza 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	2
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	**CIOFALO MICHELE** Martedì 15:00 16:00 Stanza 111 edificio 6 Giovedì 15:00 16:00 Stanza 111 edificio 6

DOCENTE: Prof. MICHELE CIOFALO

PREREQUISITI	Nessun prerequisito obbligatorio. L'aver superato corsi di calcolo numerico è desiderabile.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	Conoscenza e capacita' di comprensione Lo studente, al termine del corso, avra' maturato un opportuno livello di conoscenza e di comprensione sui seguenti argomenti: PARTE I – RICHIAMI DI FISICA, CALCOLO, TERMODINAMICA E TERMOCINETICA • Richiami sulla notazione vettoriale e tensoriale e sui principali concetti e teoremi del calcolo vettoriale (gradiente, rotore e divergenza, teorema di Gauss). • Richiami sulle principali equazioni costitutive applicabili ai mezzi diffusivi e ai fluidi (legge di Fick, legge di Fourier, equazioni di stato, comprimibilita' e dilatabilita). • Richiami sulle principali proprieta' termofisiche e di trasporto dei solidi e dei fluidi (densita, calore specifico, conducibilita' termica, viscosita' e diffusivita' dinamiche e cinematiche) • Richiami sulle equazioni differenziali che governano il moto dei fluidi ed il trasporto diffusivo e convettivo di scalari, con particolare riferimento al calore; condizioni al contorno; problemi stazionari e transitori. • Richiami sui principali numeri adimensionali utilizzati in termofluidodinamica e sul loro significato fisico (Reynolds, Prandtl, Nusselt, Schmidt, Sherwood, Grashof, Rayleigh, fattori di attrito). PARTE II – DISCRETIZZAZIONE COL METODO DEI VOLUMI FINITI •Discretizzazione a volumi finiti delle diverse equazioni di governo. • Griglie di calcolo; distinzione fra griglie strutturate, griglie multiblocco, griglie non strutturate. • Schemi di approssimazione delle grandezze e dei loro gradienti; metodi centrali, metodi upwind, metodi di ordine superiore. •Formulazione discreta delle condizioni al contorno. • Sistemi di equazioni algebriche che risultano dalla discretizzazione delle equazioni di governo e metodi per la loro soluzione; notazione lessicografica, dominanza diagonale; numero di Peclet di cella, problemi 2-D e 3-D. • Schemi iterativi: metodi “pressure-based” e “velocity-based”, non linearita, accoppiamento pressione-velocita, distinzione fra metodi segregati e metodi fortemente accoppiati, con approfondimento sui metodi della famiglia SIMPLE. • Metodi espliciti e impliciti per problemi tempo-dipendenti; criteri di stabilita' diffusiva e convettiva; numero di Courant. •Cenni sugli algoritmi per la soluzione dei sistemi di equazioni lineari. •Cenni su altri metodi di discretizzazione (metodi spettrali, metodi alle differenze finite e agli elementi finiti). •Cenni sulla risoluzione numerica di problemi di moto e trasporto turbolenti. La valutazione avverra' tramite opportuni quesiti proposti in sede di prova orale. Capacita' di applicare conoscenza e comprensione Lo studente acquistera' la capacita' di analizzare problemi di termofluidodinamica, sia fondamentali che di diretto interesse industriale, sotto il profilo della possibilita' di risolverli per via numerica. In particolare, lo studente sapra: •Identificare la natura del problema (diffusivo, convettivo o ibrido; stazionario o transitorio; laminare o turbolento). •Identificare la dimensionalita' del problema (0-D, 1-D, 2-D, 3-D) e la possibilita' di ridurla sfruttando simmetrie spaziali o formulando accettabili ipotesi semplificative. • Identificare le corrette condizioni al contorno (ed eventualmente iniziali) corrispondenti alla formulazione del problema. •Scegliere gli algoritmi e i codici di calcolo piu' opportuni per la risoluzione del problema. • Stimare i requisiti di risoluzione spaziale (ed eventualmente temporale) derivanti dagli obiettivi richiesti e/o dalla natura del problema, e dimensionare di conseguenza la griglia di calcolo. •Stimare l’onere computazionale associato (ad esempio, il tempo di calcolo noti che siano l’hardware ed il software disponibili). La valutazione avverra' tramite opportuni quesiti proposti in sede di prova orale. Autonomia di giudizio Lo studente, al termine del corso, avra' maturato autonomia di giudizio in relazione a: • Adeguatezza di un dato algoritmo, di una data discretizzazione o di un dato insieme hardware-software alla risoluzione di un assegnato problema di termofluidodinamica. • Possibile correttezza di una data soluzione proposta per un assegnato problema di termofluidodinamica.

	La valutazione avverra' tramite opportuni quesiti proposti in sede di prova orale. Abilita' comunicative Lo studente, al termine del corso, avra' maturato un opportuno livello di familiarita' con il linguaggio tecnico-scientifico impiegato nell'ambito della termofluidodinamica numerica, e avra' quindi la capacita' di interagire utilmente con professionisti e/o ricercatori del settore. La valutazione avverra' durante il corso dell'insegnamento e sara' consolidata da opportuni quesiti proposti in sede di prova orale. Capacita' d'apprendimento Lo studente sviluppera' la capacita' di studiare autonomamente testi, articoli scientifici e rapporti tecnici inerenti la termofluidodinamica numerica traendone informazioni utili e giudicandone la qualita' e la pertinenza rispetto a un dato problema assegnato. La valutazione avverra' durante il corso dell'insegnamento e sara' consolidata da opportuni quesiti proposti in sede di prova orale.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	L'esame prevede la prova orale, valutata in trentesimi. Il voto minimo per superare la prova e' 18/30. La prova ha una durata media di 30 minuti e consiste in un colloquio, articolato in almeno tre domande a risposta aperta inerenti l'intero programma del corso. Essa e' finalizzata ad accertare: •il grado di conoscenza, comprensione e padronanza dei contenuti del corso (40% della valutazione finale); •la capacita' di applicare con autonomia di giudizio e rigore metodologico le conoscenze e competenze acquisite all'analisi ed alla soluzione di problematiche tipiche della disciplina (40% della valutazione finale); •la proprieta' di linguaggio e la chiarezza espositiva (10% della valutazione finale); •le capacita' di rielaborare criticamente i concetti acquisiti, collocandoli nella opportuna connessione logica con le varie tematiche affrontate nel corso ed in quelli ad esso affini (10% della valutazione finale). Metrica di valutazione 30 - 30 e lode (ottimo): ottima conoscenza e padronanza dei contenuti del corso, piena proprieta' di linguaggio e chiarezza espositiva, capacita' di applicare con autonomia di giudizio e rigore metodologico le competenze acquisite. 27 - 29 (distinto): piena conoscenza dei contenuti del corso, buona proprieta' di linguaggio e chiarezza espositiva, capacita' di applicare in modo adeguato le competenze acquisite. 24 - 26 (buono): buona conoscenza dei contenuti del corso illustrata con proprieta' di linguaggio, limitata capacita' di applicare in modo autonomo le competenze acquisite. 21 - 23 (soddisfacente): soddisfacente conoscenza dei principali contenuti del corso illustrata con linguaggio tecnico accettabile, modesta autonomia nell'applicazione delle competenze acquisite. 18 - 20 (sufficiente): conoscenza minimale dei contenuti essenziali del corso e del pertinente linguaggio tecnico, minima autonomia nell'applicazione delle competenze acquisite.
OBIETTIVI FORMATIVI	Il corso mira ad impartire adeguate conoscenze sulla risoluzione di problemi di termofluidodinamica mediante il metodo dei volumi finiti. Saranno inizialmente richiamati i principi fondamentali del moto dei fluidi, dello scambio di calore e dell'analisi numerica, gia' appresi dallo studente in precedenti corsi sia di 1° che di 2° livello. Successivamente si illustrera' il metodo dei volumi finiti, soffermandosi sulla topologia e la natura delle griglie di calcolo e sulla discretizzazione delle equazioni fondamentali di governo, che le trasforma in sistemi di equazioni algebriche. Nel caso delle equazioni del moto (continuita' e Navier-Stokes), che danno luogo a equazioni algebriche non lineari, si illustreranno i principali metodi iterativi per la risoluzione delle non linearita' e per l'accoppiamento fra pressione e velocita. Attraverso esercitazioni condotte con l'ausilio di codici di calcolo (che potranno essere codici "open source" o versioni gratuite "student" di codici commerciali) si applicheranno i concetti studiati alla effettiva risoluzione numerica di un certo numero di problemi termofluidodinamici in geometrie semplici.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	L'attivita' didattica e' organizzata in lezioni frontali ed esercitazioni di tipo computazionale, prevalentemente svolte con il supporto di codici di calcolo termofluidodinamici a volumi finiti.

TESTI CONSIGLIATI	- H. K. Versteeg, W. Malalasekera, An Introduction to Computational Fluid Dynamics - the Finite Volume Method, 2nd ed., Pearson - Prentice Hall, Essex, 2007. - G. Comini, G. Croce, E. Nobile (eds), Fondamenti di Termofluidodinamica Computazionale, UIT & SGEditoriali, Padova, 4a ed., 2012. - Dispense del corso (fornite dal docente).

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
2	Richiami sulla notazione vettoriale e tensoriale e sui principali concetti e teoremi del calcolo vettoriale (gradiente, rotore e divergenza, teorema di Gauss).
2	Richiami sulle equazioni costitutive applicabili ai mezzi diffusivi e ai fluidi (leggi di Fick e di Fourier, equazioni di stato, comprimibilita' e dilatabilita).
2	Richiami sulle principali proprieta' termofisiche e di trasporto dei solidi e dei fluidi (densita, calore specifico, conducibilita' termica, viscosita' e diffusivita' dinamiche e cinematiche).
2	Richiami sulle equazioni differenziali che governano il moto dei fluidi ed il trasporto diffusivo e conduttivo di scalari, con particolare riferimento al calore; condizioni al contorno; problemi stazionari e transitori.
2	Richiami sui principali numeri adimensionali utilizzati in termofluidodinamica e sul loro significato fisico (Reynolds, Prandtl, Nusselt, Schmidt, Sherwood, Grashof, Rayleigh, fattori di attrito).
4	Discretizzazione a volumi finiti delle diverse equazioni di governo.
2	Griglie di calcolo; distinzione fra griglie strutturate, griglie multiblocco, griglie non strutturate.
2	Schemi di approssimazione delle grandezze e dei loro gradienti; metodi centrali, metodi upwind, metodi di ordine superiore.
2	Formulazione discreta delle condizioni al contorno.
4	Sistemi di equazioni algebriche che risultano dalla discretizzazione delle equazioni di governo e metodi per la loro soluzione; dominanza diagonale; numero di Peclet di cella.
4	Schemi iterativi: problema della non linearita, problema dell'accoppiamento pressione-velocita, distinzione fra metodi segregati e metodi fortemente accoppiati, con approfondimento sui metodi della famiglia SIMPLE.
2	Metodi espliciti e impliciti per problemi tempo-dipendenti; criteri di stabilita' diffusiva e convettiva; numero di Courant.
2	Cenni sugli algoritmi per la soluzione dei sistemi di equazioni lineari.
2	Cenni su altri metodi di discretizzazione (metodi spettrali, metodo degli elementi finiti).
2	Cenni sulla risoluzione numerica di problemi di moto e trasporto turbolenti.

ORE	Esercitazioni
3	Generazione di griglie di calcolo per alcune geometrie semplici
3	Impostazione di un problema di moto laminare stazionario per una geometria semplice mediante codice CFD
3	Soluzione di un problema di moto laminare stazionario per una geometria semplice mediante codice CFD; convergenza e stabilita' della soluzione
3	Analisi e visualizzazione dei risultati di un problema di moto laminare stazionario per una geometria semplice mediante codice CFD
3	Impostazione e soluzione di un problema transitorio per una geometria semplice mediante codice CFD
3	Impostazione e soluzione di un problema turbolento per una geometria semplice mediante codice CFD