



## UNIVERSITÀ DI PISA

# TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE E SISTEMI MULTIFASE

### WALTER AMBROSINI

Anno accademico	2023/24
CdS	INGEGNERIA ENERGETICA
Codice	924II
CFU	12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
SISTEMI MULTIFASE	ING-IND/10	LEZIONI	60	PAOLO DI MARCO SAURO FILIPPESCHI
TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE	ING-IND/19	LEZIONI	60	WALTER AMBROSINI

#### Obiettivi di apprendimento

##### Conoscenze

###### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

Lo studente acquisirà conoscenze in relazione ai principali metodi numerici per la soluzione di problemi rilevanti per l'Energetica, con specifico riferimento agli aspetti di fluidodinamica e di scambio termico.

###### MODULO DI SISTEMI MULTIFASE

Lo studente acquisirà conoscenze in relazione ai principali processi fisici che governano il passaggio di fase in generale e liquido-aeriforme in particolare, con particolare attenzione ai processi di ebollizione, evaporazione e condensazione. Lo studente acquisirà nozioni per la progettazione di scambiatori bifase diretti ed indiretti (het pipes) e di componenti atti all'asciugatura e all'essiccazione di materiali porosi.

##### Modalità di verifica delle conoscenze

###### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

Esame orale relativo agli aspetti teorici.

###### MODULO DI SISTEMI MULTIFASE

Lo studente sarà valutato sulla sua capacità di discutere i maggiori contenuti del corso usando un linguaggio chiaro e una metodologia appropriata. Lo studente dovrà esporre con chiarezza i concetti generali del corso e deve essere abile di collegare differenti argomenti del corso da un punto di vista teorico.

Metodo:

- Esame orale finale

##### Capacità

###### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

I numerosi esempi di applicazione svolti durante le esercitazioni permetteranno allo studente di acquisire abilità di base nella risoluzione di problemi numerici relativi ai sistemi energetici, tramite l'uso di fogli di calcolo e di programmi in MATLAB. Saranno anche proposti esercizi di base con un codice di fluidodinamica computazionale

###### MODULO DI SISTEMI BIFASE

Lo studente che completerà il corso con successo sarà capace di verificare le prestazioni e di progettare componenti dove si realizza un scambio termico bifase (bollitori, condensatori, evaporatori). Lo studente sarà in grado di verificare le prestazioni e di progettare scambiatori a tubo di calore, nonché la portata di vapore evaporante dai principali processi diffusivi e dall'essiccazione di materiali porosi.

##### Modalità di verifica delle capacità

###### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

Esame orale con la discussione di applicazioni pratiche.

###### MODULO DI SISTEMI BIFASE

Lo studente sarà valutato sulla sua capacità di progettare preliminarmente un dispositivo bifase. L'esame sarà orale con discussione di applicazioni pratiche

##### Comportamenti



## UNIVERSITÀ DI PISA

### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

Lo studente è stimolato ad acquisire dimestichezza con i metodi numerici per la risoluzione di problemi energetici, imparando a comprendere potenzialità e limiti degli strumenti di calcolo a disposizione e a giudicare in termini ingegneristici la validità dei risultati ottenuti.

### MODULO DI SISTEMI BIFASE

Lo studente dovrà partecipare attivamente alle lezioni. Lo studente dovrà responsabilmente concludere i compiti assegnati durante il corso. Egli dovrà essere capace di analizzare i problemi in autonomia e di proporre soluzioni che da discutere in gruppi di lavoro. Egli dovrà adattare il proprio comportamento alla risoluzione dei diversi problemi tecnici incontrati durante il corso.

#### Modalità di verifica dei comportamenti

### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

Esame orale con discussione critica delle tecniche numeriche presentate durante il corso.

### MODULO DI SISTEMI BIFASE

Lo studente sarà valutato sulla sua capacità di partecipare attivamente alle lezioni (chiedendo dettagli, individuando eventuali errori nei materiali didattici, commentando le soluzioni proposte dal docente e in ultima istanza, calcolare in autonomia i principali parametri tecnici dell'esercitazioni pratiche). Lo studente sarà valutato sulla sua capacità di lavorare in gruppo

#### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

Buone basi di Matematica e Fisica per l'Ingegneria (in particolare in relazione a Termodinamica e Scambio Termico) a livello di laurea triennale.

### MODULO DI SISTEMI BIFASE

Buone basi di Matematica e Fisica per l'Ingegneria (in particolare in relazione a Termodinamica e Scambio Termico) a livello di laurea triennale.

#### Indicazioni metodologiche

### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

Insegnamento in presenza.

Attività di apprendimento:

- partecipazione alle lezioni e alle esercitazioni
- partecipazione ad eventuali seminari
- studio individuale

La frequenza è consigliata

#### Programma (contenuti dell'insegnamento)

### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

Richiami di calcolo numerico: soluzione di equazioni nonlineari, soluzione di sistemi di equazioni lineari e nonlineari, interpolazione e regressione, integrazione numerica, soluzione numerica di equazioni e di sistemi di equazioni differenziali a derivate ordinarie.

Classificazione delle equazioni differenziali della fisica matematica. Concetti fondamentali circa i metodi alle differenze finite per la soluzione di equazioni differenziali alle derivate parziali e circa la loro applicazione a problemi energetici. Convergenza, consistenza e stabilità dei metodi numerici: definizioni e concetti relativi.

Richiami circa le equazioni di bilancio per la termofluidodinamica.

Tecniche numeriche per l'applicazione dei metodi alle differenze finite ai volumi finiti e agli elementi finiti nello scambio termico e nella fluidodinamica computazionale. Accoppiamento tra pressione e velocità: i metodi SIMPLE e SIMPLER.

Descrizione dei fenomeni turbolenti e dei relativi metodi per la loro analisi numerica: DNS, LES e RANS.

#### Bibliografia e materiale didattico

### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

Libro di testo suggerito: H.K. Versteeg and W. Malalasekera "An Introduction to Computational Fluid Dynamics – The finite Volume Method", Longman, 1995 and following editions

Altre letture suggerite:

o W. J. Minkowycz, E.M. Sparrow, G.E. Schneider, R.H. Pletcher "Handbook of Numerical Heat Transfer", John Wiley and Sons, 1988.

o G. Ghelardoni, P. Marzulli "Argomenti di Analisi Numerica", ETS Università, 1979, (o edizioni successive).

o G. Gambolati "Elementi di Calcolo Numerico", Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2a edizione, 1984.

o S.V. Patankar "Numerical Heat Transfer and Fluid Flow", Taylor & Francis, 1980. o C.A.J. Fletcher "Computational Techniques for Fluid Dynamics", Springer, 2 nd Ed., 1991.

o J.H. Ferziger and M. Peric "Computational Methods for Fluid Dynamics", Second Edition, Springer, 1996. o D.C. Wilcox



## UNIVERSITÀ DI PISA

"Turbulence Modeling for CFD", DCW Industries, 1998.  
o N.E. Todreas, M. S. Kazimi "Nuclear Systems I", Taylor & Francis, 1990.  
o C.A.J. Fletcher "Computational Techniques for Fluid Dynamics", Springer, 2 nd Ed., 1991.

### Indicazioni per non frequentanti

#### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

Si consiglia a tutti gli studenti, frequentanti e non, di scaricare il materiale di lezione presso il sito <http://www.dimnp.unipi.it/walter-ambrosini/teamat.htm> e di contattare il docente via e-mail o nel suo ufficio per ogni dubbio o richiesta di chiarimento ([walter.ambrosini@unipi.it](mailto:walter.ambrosini@unipi.it)). Si incoraggia l'uso dei mezzi telematici per teleconferenza anche per i ricevimenti, in alternativa o in aggiunta al classico ricevimento nell'ufficio del docente.

### Modalità d'esame

#### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

Esame orale.

### Altri riferimenti web

#### MODULO DI TERMOFLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

- <http://younuclear.ing.unipi.it/>
- <https://www.facebook.com/NuclearEngineeringPisa/>
- <https://www.linkedin.com/groups/4501364>
- <https://www.linkedin.com/groups/8463083>

### Note

#### MODULO DI SISTEMI BIFASE

##### Istruzioni ed informazioni per Student stranieri Erasmus.

Il docente è disponibile a fornire materiale didattico, ricevimenti e supporto sia in lingua italiana che in lingua inglese.

Le lezioni sono in lingua italiana, tuttavia il docente è disponibile a fornire approfondimenti in lingua inglese anche durante le lezioni ordinarie se richieste dallo studente.

*Ultimo aggiornamento 17/07/2023 15:20*