

# Master Privato

## Meccanica Computazionale dei Fluidi





**tech** università  
tecnologica

## Master Privato Meccanica Computazionale dei Fluidi

- » Modalità: online
- » Durata: 12 mesi
- » Titolo: TECH Università Tecnologica
- » Orario: a scelta
- » Esami: online

Accesso al sito web: [www.techitute.com/it/informatica/master/master-meccanica-computazionale-fluidi](http://www.techitute.com/it/informatica/master/master-meccanica-computazionale-fluidi)

# Indice

01

Presentazione

---

*pag. 4*

02

Obiettivi

---

*pag. 8*

03

Competenze

---

*pag. 14*

04

Direzione del corso

---

*pag. 18*

05

Struttura e contenuti

---

*pag. 22*

06

Metodologia

---

*pag. 34*

07

Titolo

---

*pag. 42*

# 01

# Presentazione

L'uso di metodi numerici e algoritmi per analizzare e risolvere i problemi che coinvolgono i flussi di fluido è sempre più frequente. La Meccanica Computazionale dei Fluidi (CFD) è una tecnica che coinvolge un'ampia varietà di scienze e richiede una conoscenza ampia e profonda della materia. Questo è il motivo per cui i professionisti di questo settore sono sempre più richiesti e per cui TECH ha progettato questa qualifica, con l'obiettivo di formare lo studente in modo che possa arrivare a svolgere con successo il proprio lavoro in tale settore, il tutto in una modalità 100% online che affronta argomenti come la modellazione della turbolenza in fluido, il flusso multifase, il Futuro della simulazione CFD, ecc.





“

*Diventa un esperto di simulazione CFD in pochi mesi e con totale libertà organizzativa”*

La Meccanica Computazionale dei Fluidi comprende una vasta gamma di scienze, tra cui Matematica, Informatica, Ingegneria e Fisica. Questa tecnica utilizza metodi numerici e algoritmi per studiare e risolvere le varie difficoltà che possono sorgere nella simulazione del movimento dei fluidi. Per questo, i professionisti che esercitano il loro lavoro in questo campo richiedono competenze e conoscenze molto avanzate di algoritmi, metodi e modelli che costituiscono un simulatore, essendo sempre più richiesti.

Questo è il motivo per cui TECH ha progettato un Master Privato in Meccanica Computazionale dei Fluidi, per fornire agli studenti competenze e conoscenze specialistiche in simulazione CFD con cui affrontare un futuro di successo in questo settore. In questo modo, i materiali didattici coprono argomenti come l'origine della turbolenza, la modellazione CFD, la matematica avanzata per CFD, l'intelligenza artificiale, i contorni mobili, le simulazioni multifisiche, ecc.

Tutto questo, dando piena libertà allo studente per adattare i suoi orari e gli studi, conciliandoli con i suoi altri obblighi lavorativi e personali, grazie ad una modalità 100% online, oltre ai materiali multimediali più dinamici, le informazioni provenienti dalle fonti più rigorose e aggiornate, nonché la metodologia pedagogica più efficiente.

Questo **Master Privato in Meccanica Computazionale dei Fluidi** possiede il programma più completo e aggiornato del mercato. Le caratteristiche principali del programma sono:

- ◆ Sviluppo di casi di studio pratici presentati da esperti in campo di Meccanica Computazionale dei Fluidi
- ◆ Contenuti grafici, schematici ed eminentemente pratici che forniscono informazioni attuali e pratiche riguardo alle discipline essenziali per l'esercizio della professione
- ◆ Esercizi pratici che offrono un processo di autovalutazione per migliorare l'apprendimento
- ◆ Particolare enfasi è posta sulle metodologie innovative
- ◆ Lezioni teoriche, domande all'esperto e/o al tutor, forum di discussione su questioni controverse e compiti di riflessione individuale
- ◆ Disponibilità di accesso ai contenuti da qualsiasi dispositivo fisso o portatile dotato di connessione a Internet



*Raggiungi i tuoi obiettivi di lavoro più impegnativi e potenzia il tuo profilo professionale in uno dei settori dell'Informatica con più futuro"*

“

*Grazie al materiale teorico e pratico più aggiornato, potrai conoscere tutte le novità del settore della Meccanica Computazionale dei Fluidi”*

Il personale docente del programma comprende rinomati specialisti del settore e altre aree correlate, che forniscono agli studenti le competenze necessarie a intraprendere un percorso di studio eccellente.

I contenuti multimediali, sviluppati in base alle ultime tecnologie educative, forniranno al professionista un apprendimento coinvolgente e localizzato, ovvero inserito in un contesto reale.

La creazione di questo programma è incentrata sull'Apprendimento Basato su Problemi, mediante il quale il professionista deve cercare di risolvere le diverse situazioni che gli si presentano durante il corso. Lo studente potrà usufruire di un innovativo sistema di video interattivi creati da esperti di rinomata fama.

*Approfitta di tutte le informazioni specialistiche sui fluidi compressibili e sul flusso multifase per ampliare la tua conoscenza in materia.*

*Accedi a tutti i contenuti dal primo giorno e acquisisci nuove competenze nella modellazione della turbolenza dei fluidi.*



# 02 Obiettivi

L'obiettivo di questo Master Privato in Meccanica Computazionale dei Fluidi è quello di fornire allo studente la capacità di lavorare nel settore come utente avanzato e sviluppatore di strumenti CFD. Tutto questo grazie ai contenuti più completi, dinamici e aggiornati del mercato accademico.





“

*Specializzati in uno dei settori più promettenti dell'IT  
e differenziati per le tue competenze grazie a TECH"*



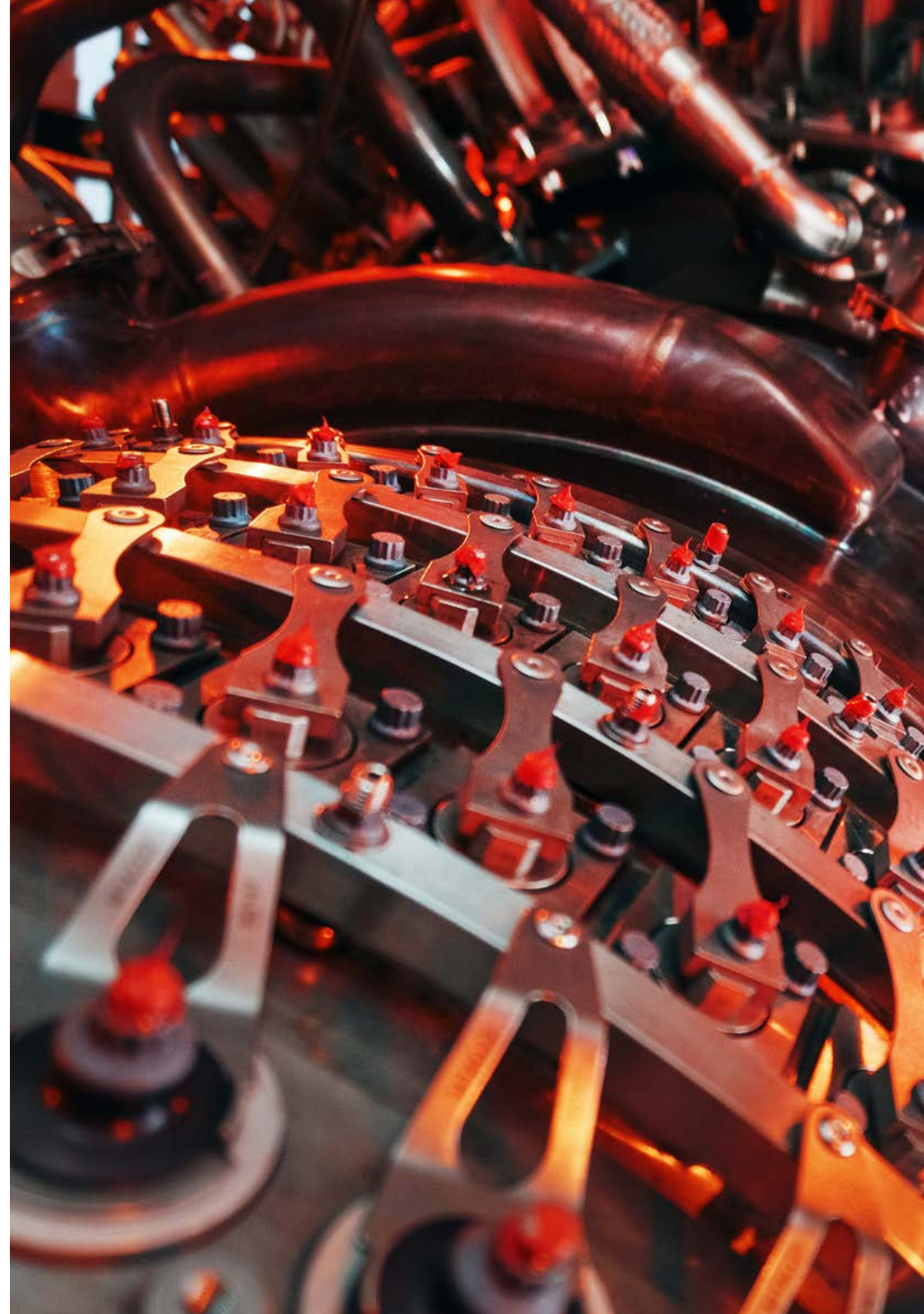
## Obiettivi generali

---

- ◆ Stabilire le basi per lo studio della turbolenza
- ◆ Sviluppare i concetti statistici della CFD
- ◆ Determinare le principali tecniche di calcolo nella ricerca di turbolenza
- ◆ Fornire conoscenze specialistiche nel metodo dei Volumi Finiti
- ◆ Acquisire conoscenze specialistiche sulle tecniche di calcolo della meccanica dei fluidi
- ◆ Esaminare le unità di parete e le diverse regioni di un flusso turbolento di parete
- ◆ Determinare le caratteristiche dei flussi comprimibili
- ◆ Esaminare i modelli multipli e i metodi multifase
- ◆ Sviluppare una conoscenza specialistica dei modelli multipli e dei metodi di analisi multifisica e termica
- ◆ Interpretare i risultati ottenuti attraverso una corretta post-elaborazione

“

*Raggiungi gli obiettivi più impegnativi grazie agli strumenti di simulazione CFD più innovativi e pratici”*





## Obiettivo specifico

---

### Modulo 1. Meccanica dei Fluidi e Computazione ad Alte Prestazioni

- ◆ Identificare le equazioni dei flussi turbolenti
- ◆ Esaminare il problema della chiusura
- ◆ Stabilire i numeri adimensionali necessari per la modellazione
- ◆ Analizzare le principali tecniche CFD
- ◆ Esaminare le principali tecniche sperimentali
- ◆ Sviluppare i diversi tipi di supercomputer
- ◆ Mostrare il futuro: GPU

### Modulo 2. Matematica Avanzata di CFD

- ◆ Sviluppare i concetti matematici della turbolenza
- ◆ Generare conoscenze specialistiche sull'applicazione della statistica ai flussi turbolenti
- ◆ Fondamenti del metodo di risoluzione delle equazioni CFD
- ◆ Dimostrare i metodi di risoluzione dei problemi algebrici
- ◆ Analizzare il metodo multi-griglia
- ◆ Esaminare l'uso degli autovalori e degli autovettori nei problemi CFD
- ◆ Determinare i metodi di risoluzione dei problemi non lineari

### Modulo 3. CFD in ambienti di ricerca e modellazione

- ◆ Analizzare il futuro dell'intelligenza artificiale nella turbolenza
- ◆ Applicare i metodi classici di discretizzazione ai problemi di meccanica dei fluidi
- ◆ Determinare le diverse strutture turbolente e la loro rilevanza
- ◆ Dimostrare il metodo delle caratteristiche
- ◆ Presentare l'effetto dell'evoluzione del supercalcolo sui problemi della CFD
- ◆ Esaminare i principali problemi aperti nella turbolenza

#### Modulo 4. CFD in ambienti di applicazione: metodi dei volumi finiti

- ◆ Analizzare l'ambiente FEM o MVF
- ◆ Specificare cosa, dove e come possono essere definite le condizioni del contesto
- ◆ Determinare i possibili passi temporali
- ◆ Concretizzare e progettare gli schemi Upwind
- ◆ Sviluppare schemi di ordine superiore
- ◆ Esaminare i cicli di convergenza e in quali casi utilizzare ciascuno di essi
- ◆ Esporre le imperfezioni dei risultati CFD

#### Modulo 5. Metodo avanzati di CFD

- ◆ Sviluppare il metodo degli elementi finiti e il metodo dell'idrodinamica particellare levigata
- ◆ Analizzare i vantaggi dei metodi lagrangiani rispetto a quelli euleriani, in particolare SPH vs. FVM
- ◆ Analizzare il metodo di simulazione diretta di Montecarlo e il metodo di Lattice-Boltzmann
- ◆ Valutare e interpretare le simulazioni di aerodinamica spaziale e di microfluidodinamica
- ◆ Stabilire i vantaggi e gli svantaggi del metodo LBM rispetto al metodo FVM tradizionale

#### Modulo 6. La modellazione della turbolenza nel fluido

- ◆ Applicare il concetto di ordine di grandezza
- ◆ Introdurre il problema della chiusura delle equazioni di Navier-Stokes
- ◆ Esaminare le equazioni del bilancio energetico
- ◆ Sviluppare il concetto di viscosità turbolenta
- ◆ Spiegare i vari tipi di RANS e LES
- ◆ Introdurre le regioni di flusso turbolento
- ◆ Modellare l'equazione dell'energia

#### Modulo 7. Fluidi comprimibili

- ◆ Sviluppare le principali differenze tra flusso comprimibile e incomprimibile
- ◆ Esaminare esempi tipici di fluidi comprimibili
- ◆ Individuare le peculiarità della risoluzione delle equazioni differenziali iperboliche
- ◆ Stabilire la metodologia di base per la risoluzione del problema di Riemann
- ◆ Compilare diverse strategie risolutive
- ◆ Analizzare i pro e i contro dei diversi metodi
- ◆ Presentare l'applicabilità di queste metodologie alle equazioni di Eulero/Navier-Stokes mostrando esempi classici

#### Modulo 8. Flusso multifase

- ◆ Distinguere il tipo di flusso multifase da simulare: fasi continue, come la simulazione di una nave in mare, un mezzo continuo; fasi discrete, come la simulazione delle traiettorie di singole gocce; oppure utilizzare popolazioni statistiche quando il numero di particelle, gocce o bolle è troppo grande per essere simulato
- ◆ Stabilire la differenza tra metodi lagrangiani, euleriani e misti
- ◆ Determinare gli strumenti più adatti al tipo di flusso da simulare
- ◆ Modellare gli effetti della tensione superficiale e dei cambiamenti di fase, come l'evaporazione, la condensazione o la cavitazione
- ◆ Sviluppare le condizioni al contorno per la simulazione delle onde, conoscere i diversi modelli di onde e applicare la cosiddetta spiaggia numerica, una regione del dominio situata in corrispondenza del deflusso il cui obiettivo è evitare la riflessione delle onde



### Modulo 9. Modelli avanzati in CFD

- ◆ Distinguere il tipo di interazioni fisiche da simulare: fluido-struttura, come nel caso di un'ala soggetta a forze aerodinamiche, fluido accoppiato alla dinamica del corpo rigido, come nel caso della simulazione del moto di una boa galleggiante in mare, o termo-fluido, come nel caso della simulazione della distribuzione della temperatura in un solido soggetto a correnti d'aria
- ◆ Distinguere gli schemi di scambio dati più comuni tra i diversi software di simulazione e quando è meglio applicare l'uno o l'altro
- ◆ Esaminare i diversi modelli di trasferimento del calore e come possono influire su un fluido
- ◆ Modellare i fenomeni di convezione, irraggiamento e diffusione dal punto di vista dei fluidi; modellare la creazione del suono da parte di un fluido, simulazioni con termini di avvezione-diffusione per simulare mezzi continui o particellari e flussi reattivi

### Modulo 10. Post-elaborazione, validazione e applicazione nella CFD

- ◆ Determinare i tipi di post-elaborazione in base ai risultati da analizzare: puramente numerici, visivi o una miscela di entrambi
- ◆ Analizzare la convergenza di una simulazione CFD
- ◆ Stabilire la necessità della convalida CFD e comprendere gli esempi di base della convalida CFD
- ◆ Esaminare i diversi strumenti disponibili sul mercato
- ◆ Comprendere il contesto attuale della simulazione CFD

# 03

## Competenze

Questo Master Privato in Meccanica Computazionale dei Fluidi è stato progettato da esperti del settore, che cercano di fornire agli studenti le competenze con cui affrontare un futuro professionale di successo in questo settore. In questo modo, lo studente sarà in grado di risolvere qualsiasi situazione o inconveniente che deve affrontare, grazie al materiale didattico più completo e aggiornato, nonché alla disponibilità delle ultime tecnologie in materia di insegnamento.



“

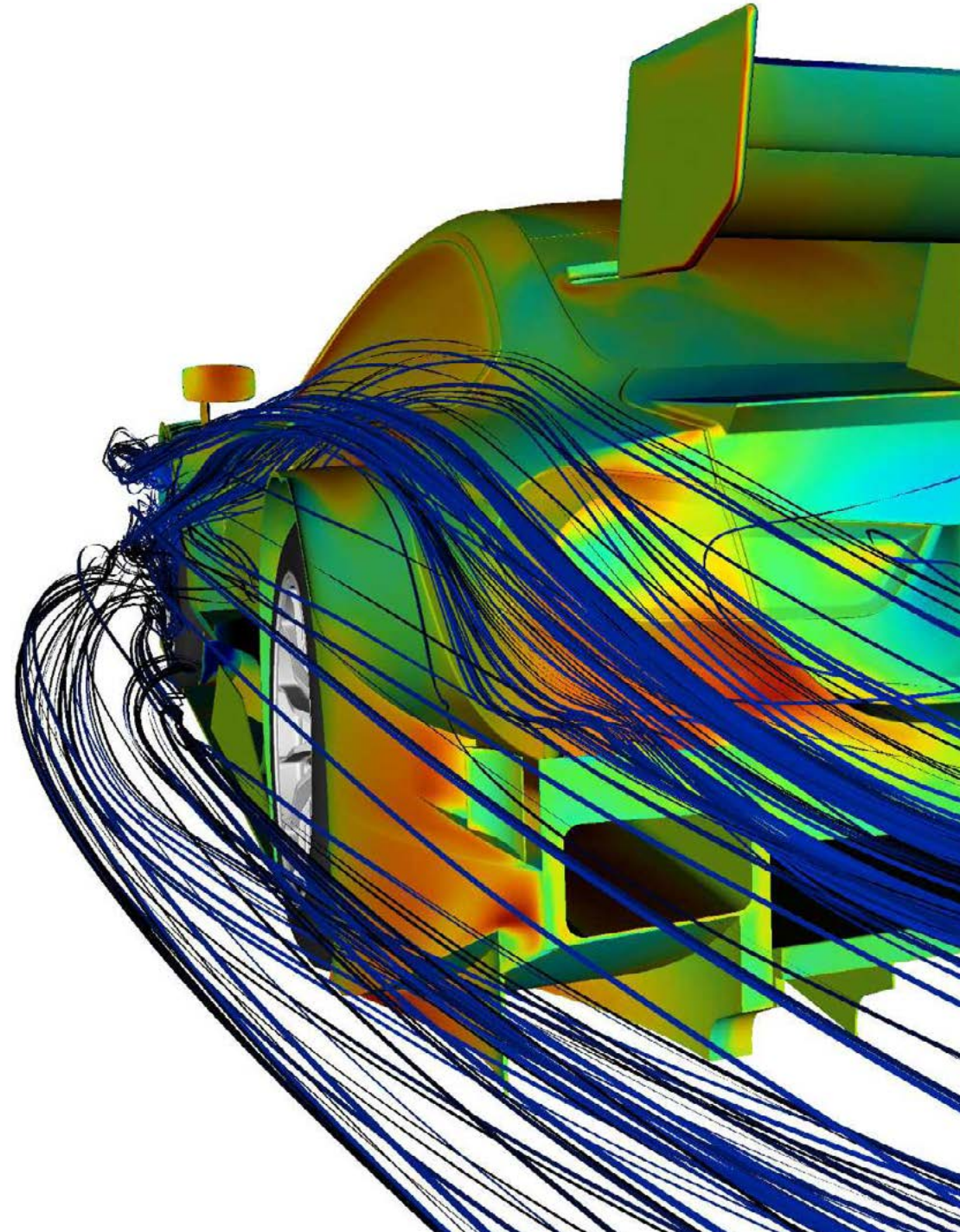
*Sarai in grado di posizionarti sul mercato del lavoro come esperto in Meccanica Computazionale dei Fluidi in pochi mesi”*



## Competenze generali

---

- ◆ Conoscere le principali tecniche di supercalcolo
- ◆ Identificare e definire il concetto di residuo
- ◆ Distinguere le diverse strutture turbolenti
- ◆ Configurare in modo ottimale ogni simulazione
- ◆ Ottenere conoscenze specialistiche nelle tecniche per il calcolo di Meccanica dei Fluidi
- ◆ Modellare l'equazione dell'energia
- ◆ Identificare i principali metodi numerici nella risoluzione del problema di Riemann
- ◆ Scegliere il tipo di simulazione o modello da applicare che meglio si adatta al contesto, nonché identificare i pro e i contro di ogni metodo
- ◆ Combinare strategie multiple per ottenere i migliori risultati dove sono più necessari
- ◆ Interpretare i risultati ottenuti attraverso una corretta post-elaborazione







## Competenze specifiche

---

- ◆ Sviluppare i diversi tipi di supercomputer
- ◆ Determinare i metodi di risoluzione dei problemi non lineari
- ◆ Applicare i metodi classici di discretizzazione ai problemi di meccanica dei fluidi
- ◆ Specificare cosa, dove e come possono essere definite le condizioni del contesto
- ◆ Valutare e interpretare le simulazioni di aerodinamica spaziale e di microfluidodinamica
- ◆ Introdurre il problema della chiusura delle equazioni di Navier-Stokes
- ◆ Compilare diverse strategie risolutive
- ◆ Stabilire la differenza tra metodi lagrangiani, euleriani e misti
- ◆ Distinguere gli schemi di scambio dati più comuni tra i diversi software di simulazione e quando è meglio applicare l'uno o l'altro
- ◆ Conoscere i diversi strumenti disponibili sul mercato

“

*Approfondisci aree come il Post-processing, la Validazione e l'Applicazione in CFD, grazie a tutto il materiale disponibile nel Campus Virtuale”*

# 04

## Direzione del corso

Con l'obiettivo di offrire un'istruzione di altissima qualità ai tutti, TECH ha composto un personale docente con i migliori specialisti in Meccanica Computazionale dei Fluidi. Questi esperti hanno progettato i contenuti sulla base della loro esperienza e lunga carriera, con l'obiettivo di fornire agli studenti le migliori competenze e la conoscenza più completa sulla Simulazione CFD.



“

*Il personale docente di esperti TECH ha progettato questo programma in materia di CFD per aiutarti a raggiungere i tuoi obiettivi professionali più ambiziosi in un breve periodo di tempo”*

## Direzione



### Dott. García Fernández, José Pedro

- ♦ Ingegnere di Sviluppo in XFlow presso Dassault Systèmes
- ♦ Dottorato di ricerca in Ingegneria Aeronautica presso l'Università Politecnica di Valencia
- ♦ Laurea in Ingegneria Aeronautica presso l'Università Politecnica di Valencia
- ♦ Master in Ricerca sulla Meccanica dei Fluidi presso Von Kármán Institute for Fluid Dynamics
- ♦ Short Training Programme presso The Von Kármán Institute for Fluid Dynamics

## Personale docente

### Dott. Espinoza Vásquez, Daniel

- ♦ Consulente Ingegnere Aeronautico presso Alten SAU
- ♦ Consulente Libero Professionista in CFD e programmazione
- ♦ Specialista CFD presso Particle Analytics limiti
- ♦ Research Assistant presso l'Università di Strathclyde
- ♦ Teaching Assistant in Meccanica dei Fluidi presso l'Università di Strathclyde
- ♦ Dottorato in Ingegneria Aeronautica presso l'Università di Strathclyde
- ♦ Master in Meccanica dei Fluidi Computazionale presso Cranfield University
- ♦ Laurea in Ingegneria Aeronautica presso l'Università Politecnica di Madrid

### Dott. Mata Bueso, Enrique

- ♦ Ingegnere Senior per il Condizionamento Termico e l'Aerodinamica presso Siemens Gamesa
- ♦ Ingegnere Applicativo e Responsabile R&S CFD presso Dassault Systèmes
- ♦ Ingegnere per il Condizionamento Termico e l'Aerodinamica presso Gamesa-Altran
- ♦ Ingegnere specialista in Fatica e della Tolleranza al Danno presso Airbus-Atos
- ♦ Ingegnere R&S CFD presso UPM
- ♦ Ingegnere Tecnico Aeronautico con specializzazione in Aeronautica presso l'UPM
- ♦ Master in Ingegneria Aerospaziale presso il Royal Institute of Technology di Stoccolma



**Dott.ssa Pérez Tainta, Maider**

- ◆ Ingegnere di fluidificazione del cemento presso Kemex Ingesoa
- ◆ Ingegnere di processo presso J.M. Jauregui
- ◆ Ricercatrice in materia di combustione dell'idrogeno presso Ikerlan
- ◆ Ingegnere meccanico presso Idom
- ◆ Laurea in Ingegneria meccanica presso l'Università dei Paesi Baschi
- ◆ Master in Ingegneria Meccanica
- ◆ Master Interuniversitario in Meccanica dei Fluidi
- ◆ Corso di programmazione presso Python

“

*Cogli l'opportunità per conoscere  
gli ultimi sviluppi del settore per  
applicarli alla tua pratica quotidiana”*

# 05

## Struttura e contenuti

La struttura e il contenuto di questo programma sono stati progettati dai professionisti che compongono il team di esperti in Meccanica Computazionale dei Fluidi di TECH. Questi insegnanti hanno apportato la loro esperienza e le loro conoscenze più specialistiche nel settore per poter garantire un programma di studio che soddisfa le aspettative più esigenti. Inoltre, si basa sui requisiti della metodologia didattica più efficiente, il *Relearning*, di cui TECH è pioniera.



“

*Il contenuto più aggiornato e completo, con il quale potrai adattare il tuo profilo professionale alle ultime tendenze in materia di CFD”*

## Modulo 1. Meccanica dei Fluidi e Computazione ad Alte Prestazioni

- 1.1. Dinamica della Meccanica Computazionale dei Fluidi
  - 1.1.1. Origine della turbolenza
  - 1.1.2. La necessità della modellazione
  - 1.1.3. Processo di lavoro in CFD
- 1.2. Le equazioni della Meccanica dei Fluidi
  - 1.2.1. L'equazione della continuità
  - 1.2.2. L'equazione di Navier-Stokes
  - 1.2.3. L'equazione dell'energia
  - 1.2.4. Le equazioni medie di Reynolds
- 1.3. Il problema della chiusura delle equazioni
  - 1.3.1. L'ipotesi di Boussinesq
  - 1.3.2. Viscosità turbolenta in uno spray
  - 1.3.3. Modellazione in CFD
- 1.4. Numeri adimensionali e somiglianza dinamica
  - 1.4.1. Numeri adimensionali in Meccanica dei Fluidi
  - 1.4.2. Il principio della somiglianza dinamica
  - 1.4.3. Esempio pratico: modellazione in gallerie del vento
- 1.5. Modellazione della turbolenza
  - 1.5.1. Simulazioni numeriche dirette
  - 1.5.2. Simulazioni di grandi vortici
  - 1.5.3. Metodi RANS
  - 1.5.4. Altri metodi
- 1.6. Tecniche sperimentali
  - 1.6.1. PIV
  - 1.6.2. Filo caldo
  - 1.6.3. Gallerie del vento e dell'acqua

- 1.7. Ambienti di supercalcolo
  - 1.7.1. Supercalcolo futuro
  - 1.7.2. Funzionamento di un supercomputer
  - 1.7.3. Strumenti per l'uso
- 1.8. Software nelle architetture parallele
  - 1.8.1. Ambienti distribuiti: MPI
  - 1.8.2. Memoria condivisa GPU
  - 1.8.3. Registrazione dei dati: HDF5
- 1.9. *Grid computing*
  - 1.9.1. Descrizione delle infrastrutture informatiche
  - 1.9.2. Problemi parametrici
  - 1.9.3. Sistemi di accodamento nel grid computing
- 1.10. Le GPU, il futuro della CFD
  - 1.10.1. Ambienti GPU
  - 1.10.2. Programmazione su GPU
  - 1.10.3. Esempio pratico: intelligenza artificiale nei fluidi con GPU

## Modulo 2. Matematica Avanzata di CFD

- 2.1. Fondamenti matematici
  - 2.1.1. Gradienti, divergenze e rotazioni: Derivata totale
  - 2.1.2. Equazioni differenziali ordinarie
  - 2.1.3. Equazioni di derivazione parziale
- 2.2. Statistica
  - 2.2.1. Medie e momenti
  - 2.2.2. Funzioni di densità di probabilità
  - 2.2.3. Correlazione e spettri di energia
- 2.3. Soluzioni forti e deboli di un'equazione differenziale
  - 2.3.1. Base di funzioni: Soluzioni forti e deboli
  - 2.3.2. Metodo dei volumi finiti: L'equazione del calore
  - 2.3.3. Metodo dei volumi finiti: Navier-Stokes



- 2.4. Il Teorema di Taylor e la discretizzazione nel tempo e nello spazio
  - 2.4.1. Differenze finite in 1 dimensione: Ordine di errore
  - 2.4.2. Differenze finite in 2 dimensioni
  - 2.4.3. Da equazioni continue a equazioni algebriche
- 2.5. Risoluzione dei problemi algebrici, metodo LU
  - 2.5.1. Metodi di risoluzione dei problemi algebrici
  - 2.5.2. Il metodo LU in matrici piene
  - 2.5.3. Il metodo LU in matrici disperse
- 2.6. Risoluzione dei problemi algebrici, metodi iterativi I
  - 2.6.1. Metodi iterativi: Rifiuti
  - 2.6.2. Il metodo di Jacobi
  - 2.6.3. Generalizzazione del metodo di Jacobi
- 2.7. Risoluzione dei problemi algebrici, metodi iterativi II
  - 2.7.1. Metodi multigriglia: ciclo V, interpolazione
  - 2.7.2. Metodi multigriglia: ciclo V, estrapolazione
  - 2.7.3. Metodi multigriglia: ciclo W
  - 2.7.4. Stima dell'errore
- 2.8. Autovalori e autovettori
  - 2.8.1. Il problema algebrico
  - 2.8.2. Applicazione all'equazione del calore
  - 2.8.3. Stabilità di equazioni differenziali
- 2.9. Equazioni di evoluzione non lineari
  - 2.9.1. Equazione del calore: metodi espliciti
  - 2.9.2. Equazione del calore: metodi impliciti
  - 2.9.3. Equazione del calore: metodi Runge-Kutta
- 2.10. Equazioni stazionarie non lineari
  - 2.10.1. Il metodo Newton-Raphson
  - 2.10.2. Applicazione in 1D
  - 2.10.3. Applicazione in 2D

### Modulo 3. CFD in ambienti di ricerca e modellazione

- 3.1. Ricerca sulla Fluidodinamica Computazionale (CFD)
  - 3.1.1. Le sfide della turbolenza
  - 3.1.2. Progressi in materia di RANS
  - 3.1.3. Intelligenza artificiale
- 3.2. Differenze finite
  - 3.2.1. Presentazione e applicazione in problema 1D: Teorema di Taylor
  - 3.2.2. Applicazione in 2D
  - 3.2.3. Condizioni di contorno
- 3.3. Differenze finite compatte
  - 3.3.1. Obiettivo: L'articolo di SK Lele
  - 3.3.2. Ottenere i coefficienti
  - 3.3.3. Applicazione a un problema 1D
- 3.4. La trasformata di Fourier
  - 3.4.1. La trasformata di Fourier: Da Fourier ai giorni nostri
  - 3.4.2. Il pacchetto FFTW
  - 3.4.3. La trasformata del coseno: Teorema di Chebyshev
- 3.5. Metodi spettrali
  - 3.5.1. Applicazione a un problema di fluidi
  - 3.5.2. Metodi pseudospettrali: Fourier + CFD
  - 3.5.3. Metodi di collocazione
- 3.6. Metodi avanzati di discretizzazione temporale
  - 3.6.1. Il metodo Adams-Bamsford
  - 3.6.2. Il metodo Crack-Nicholson
  - 3.6.3. Il metodo di Runge-Kutta
- 3.7. Strutture in turbolenza
  - 3.7.1. Vortice
  - 3.7.2. Il ciclo di vita di una struttura turbolenta
  - 3.7.3. Tecniche di visualizzazione

- 3.8. Il metodo delle caratteristiche
  - 3.8.1. Fluidi comprimibili
  - 3.8.2. Applicazione: un'onda che si infrange
  - 3.8.3. Applicazione: l'equazione di Burgers
- 3.9. CFD e supercalcolo
  - 3.9.1. Il problema della memoria e l'evoluzione dei computer
  - 3.9.2. Tecniche di parallelizzazione
  - 3.9.3. Decomposizione del dominio
- 3.10. Problemi aperti nella turbolenza
  - 3.10.1. Modellazione e costante di VonKarma: volumi finiti
  - 3.10.2. Aerodinamica: strati limite
  - 3.10.3. Rumore nei problemi CFD

#### Modulo 4. CFD in Ambienti di Applicazione: Metodi dei volumi finiti

- 4.1. Metodi dei Volumi Finiti
  - 4.1.1. Definizione FVM
  - 4.1.2. Antecedenti storici
  - 4.1.3. FVM nelle strutture
- 4.2. Termini della sorgente
  - 4.2.1. Forze volumetriche esterne
    - 4.2.1.1. Gravità e forza centrifuga
  - 4.2.2. Termini di fonte volumetrica (massa) e di pressione (evaporazione, cavitazione e chimica)
  - 4.2.3. Termine della sorgente scalare
    - 4.2.3.1. Temperatura e specie
- 4.3. Applicazioni delle condizioni al contorno
  - 4.3.1. Ingressi e uscite
  - 4.3.2. Condizione di simmetria
  - 4.3.3. Condizione di parete
    - 4.3.3.1. Valori imposti
    - 4.3.3.2. Valori da risolvere con il calcolo parallelo
    - 4.3.3.3. Modelli di parete



- 4.4. Condizioni al contorno
  - 4.4.1. Condizioni al contorno conosciute: Dirichlet
    - 4.4.1.1. Scalari
    - 4.4.1.2. Vettoriali
  - 4.4.2. Condizioni al contorno con derivata nota: Neumann
    - 4.4.2.1. Gradiente zero
    - 4.4.2.2. Gradiente finito
  - 4.4.3. Condizioni al contorno cicliche: Born-von Kármán
  - 4.4.4. Altre condizioni al contorno: Robin
- 4.5. Integrazione temporale
  - 4.5.1. Eulero esplicita e implicita
  - 4.5.2. Passo temporale di Lax-Wendroff e varianti (Richtmyer e MacCormack)
  - 4.5.3. Passo temporale di Runge-Kutta multistadio
- 4.6. Schemi *Upwind*
  - 4.6.1. Problema di Riemann
  - 4.6.2. Principali schemi *Upwind*: MUSCL, Van Leer, Roe e AUSM
  - 4.6.3. Progettazione di uno schema spaziale *Upwind*
- 4.7. Schemi di ordine superiore
  - 4.7.1. Galerkin discontinuo di ordine elevato
  - 4.7.2. ENO e WENO
  - 4.7.3. Schemi di alto ordine: vantaggi e svantaggi
- 4.8. Ciclo di convergenza pressione-velocità
  - 4.8.1. PISO
  - 4.8.2. SIMPLE, SIMPLER e SIMPLEC
  - 4.8.3. PIMPLE
  - 4.8.4. Cicli transitori

- 4.9. Contorni in movimento
  - 4.9.1. Tecniche di sovrapposizione
  - 4.9.2. Mappatura: sistema di riferimento mobile
  - 4.9.3. *Immersed Boundary Method*
  - 4.9.4. Sovrapposizione di mesh
- 4.10. Errori e incertezze nella modellazione CFD
  - 4.10.1. Precisione e accuratezza
  - 4.10.2. Errori numerici
  - 4.10.3. Incertezze dei modelli fisici e di input

## Modulo 5. Metodo avanzati di CFD

- 5.1. Metodo degli Elementi Finiti (FEM)
  - 5.1.1. La discretizzazione del dominio: L'elemento finito
  - 5.1.2. Funzioni di forma: Ricostruzione del campo continuo
  - 5.1.3. Assemblaggio della matrice di coefficienti e condizioni di contorno
  - 5.1.4. Risoluzione del sistema di equazioni
- 5.2. FEM: Caso pratico. Sviluppo di un simulatore FEM
  - 5.2.1. Funzioni di forma
  - 5.2.2. Assemblaggio della matrice di coefficienti e applicazione di condizioni di contorno
  - 5.2.3. Risoluzione del sistema di equazioni
  - 5.2.4. Post-elaborazione
- 5.3. Idrodinamica delle Particelle Levigate (SPH)
  - 5.3.1. Mappatura del campo fluido dai valori delle particelle
  - 5.3.2. Valutazione delle derivate e delle interazioni tra particelle
  - 5.3.3. La funzione di levigatura: Il kernel
  - 5.3.4. Condizioni di contorno
- 5.4. SPH: Sviluppo di un simulatore programma basato sulle SPH
  - 5.4.1. Il kernel
  - 5.4.2. Stoccaggio e gestione delle particelle in voxels
  - 5.4.3. Sviluppo delle condizioni di contorno
  - 5.4.4. Post-elaborazione

- 5.5. Simulazione Diretta di Montecarlo (DSMC)
  - 5.5.1. Teoria cinetico-molecolare
  - 5.5.2. Meccanica statistica
  - 5.5.3. Equilibrio molecolare
- 5.6. DSMC: Metodologia
  - 5.6.1. Applicabilità del metodo DSMC
  - 5.6.2. Modellazione
  - 5.6.3. Considerazioni per l'applicabilità del metodo
- 5.7. DSMC: applicazioni
  - 5.7.1. Esempio in 0-D: rilassamento termico
  - 5.7.2. Esempio in 1-D: onda d'urto normale
  - 5.7.3. Esempio in 2-D: cilindro supersonico
  - 5.7.4. Esempio in 3-D: l'angolo supersonico
  - 5.7.5. Esempio complesso: Space Shuttle
- 5.8. Metodo di Lattice-Boltzmann (LBM)
  - 5.8.1. Equazione di Boltzmann e distribuzione dell'equilibrio
  - 5.8.2. Da Boltzmann a Navier-Stokes: Espansione di Chapman-Enskog
  - 5.8.3. Da distribuzione probabilistica a grandezza fisica
  - 5.8.4. Conversione delle unità: Da grandezze fisiche a grandezze di Lattice
- 5.9. LBM: approssimazione numerica
  - 5.9.1. L'algoritmo LBM: Passaggio di trasferimento e passaggio di collisione
  - 5.9.2. Collisioni e normalizzazione dei momenti
  - 5.9.3. Condizioni di contorno
- 5.10. LBM: caso pratico
  - 5.10.1. Sviluppo di un simulatore programma basato sulle LBM
  - 5.10.2. Sperimentazione con diversi operatori di collisione
  - 5.10.3. Sperimentazione con vari modelli di turbolenza

## Modulo 6. La modellazione della turbolenza nel fluido

- 6.1. Turbolenza: Caratteristiche fondamentali
  - 6.1.1. Dissipazione e diffusività
  - 6.1.2. Scale caratteristiche: Ordini di grandezza
  - 6.1.3. Numeri di Reynolds
- 6.2. Definizioni di turbolenza: Da Reynolds ai giorni nostri
  - 6.2.1. Il problema di Reynolds: Lo strato limite
  - 6.2.2. Meteorologia, Richardson e Smagorinsky
  - 6.2.3. Il problema del caos
- 6.3. La cascata di energia
  - 6.3.1. Le scale più piccole della turbolenza
  - 6.3.2. Le ipotesi di Kolmogorov
  - 6.3.3. L'esponente di cascata
- 6.4. Il problema della chiusura rivisitato
  - 6.4.1. 10 incognite e 4 equazioni
  - 6.4.2. L'equazione dell'energia cinetica turbolenta
  - 6.4.3. Il ciclo della turbolenza
- 6.5. Viscosità turbolenta
  - 6.5.1. Contesto storico e paralleli
  - 6.5.2. Problema iniziale: i getti
  - 6.5.3. Viscosità turbolenta nei problemi CFD
- 6.6. Metodi RANS
  - 6.6.1. L'ipotesi della viscosità turbolenta
  - 6.6.2. Le equazioni RANS
  - 6.6.3. Metodi RANS: Esempi di uso
- 6.7. L'evoluzione del modello LES
  - 6.7.1. Antecedenti storici
  - 6.7.2. Filtri spettrali
  - 6.7.3. Filtri spaziali: Il problema della parete

- 6.8. Turbolenza di parete I
  - 6.8.1. Scale caratteristiche
  - 6.8.2. Le equazioni del momento
  - 6.8.3. Le regioni di un flusso turbolento di parete
- 6.9. Turbolenza di parete II
  - 6.9.1. Strati limite
  - 6.9.2. Numeri adimensionali di uno strato limite
  - 6.9.3. La soluzione di Blasius
- 6.10. L'equazione dell'energia
  - 6.10.1. Scalari passivi
  - 6.10.2. Scalari attivi: L'approssimazione di Boussinesq
  - 6.10.3. Flussi di Fanno e Rayleigh

## Modulo 7. Fluidi comprimibili

- 7.1. Fluidi comprimibili
  - 7.1.1. Fluidi comprimibili e fluidi incomprimibili: Differenze
  - 7.1.2. Equazione dello stato
  - 7.1.3. Equazioni differenziali dei fluidi comprimibili
- 7.2. Esempi pratici di regime comprimibile
  - 7.2.1. Onde d'urto
  - 7.2.2. Espansione Prandtl-Meyer
  - 7.2.3. Ugelli
- 7.3. Problema di Riemann
  - 7.3.1. Il problema di Riemann
  - 7.3.2. Soluzione del problema di Riemann per caratteristiche
  - 7.3.3. Sistemi non lineari: onde d'urto. Condizione di Rankine-Hugoniot
  - 7.3.4. Sistemi non lineari: onde e ventole d'espansione. Condizione di entropia
  - 7.3.5. Invarianti di Riemann
- 7.4. Equazioni di Eulero
  - 7.4.1. Invarianti delle equazioni di Eulero
  - 7.4.2. Variabili conservative vs primitive
  - 7.4.3. Strategie di soluzione
- 7.5. Soluzioni al problema di Riemann
  - 7.5.1. Soluzione esatta
  - 7.5.2. Metodi numerici conservativi
  - 7.5.3. Metodo di Godunov
  - 7.5.4. *Flux Vector Splitting*
- 7.6. Riemann Solvers approssimati
  - 7.6.1. HLLC
  - 7.6.2. Roe
  - 7.6.3. AUSM
- 7.7. Metodi di ordine superiore
  - 7.7.1. Problemi dei metodi di ordine superiore
  - 7.7.2. *Limitatori* e metodi TVD
  - 7.7.3. Esempi pratici
- 7.8. Aspetti aggiuntivi del problema di Riemann
  - 7.8.1. Equazioni non omogenee
  - 7.8.2. *Splitting* dimensionale
  - 7.8.3. Applicazioni di equazioni di Navier-Stokes
- 7.9. Regioni con gradienti elevati e discontinuità
  - 7.9.1. Importanza della retinatura
  - 7.9.2. Adattamento automatico delle mesh
  - 7.9.3. Metodi
- 7.10. Applicazioni del flusso comprimibile
  - 7.10.1. Il problema di Sod
  - 7.10.2. Cuneo supersonico
  - 7.10.3. Ugello convergente-divergente

## Modulo 8. Flusso multifase

- 8.1. Regimi di flusso
  - 8.1.1. Fase continua
  - 8.1.2. Fase discreta
  - 8.1.3. Popolazioni in fase discreta
- 8.2. Fasi continue
  - 8.2.1. Proprietà dell'interfaccia liquido-gas
  - 8.2.2. Ogni fase è un dominio
    - 8.2.2.1. Risoluzione delle fasi in modo indipendente
  - 8.2.3. Soluzione accoppiata
    - 8.2.3.1. Frazione di fluido come scalare descrittivo di fase
  - 8.2.4. Ricostruzione dell'interfaccia liquido-gas
- 8.3. Simulazione marina
  - 8.3.1. Regimi d'onda: Altezza dell'onda vs Profondità
  - 8.3.2. Condizioni al contorno in ingresso: Simulazione dell'onda
  - 8.3.3. Condizione al contorno di uscita non riflettente: La spiaggia numerica
  - 8.3.4. Condizioni di contorno laterali: Vento laterale e deriva
- 8.4. Tensione superficiale
  - 8.4.1. Fenomeno fisico della tensione superficiale
  - 8.4.2. Modellazione
  - 8.4.3. Interazione con le superfici: Angolo di umidità
- 8.5. Cambiamento di fase
  - 8.5.1. Termini di sorgente e di dissipazione associati al cambiamento di fase
  - 8.5.2. Modelli di evaporazione
  - 8.5.3. Modelli di condensazione e precipitazione: Nucleazione delle gocce
  - 8.5.4. Cavitazione
- 8.6. Fase discreta: particelle, gocce e bolle
  - 8.6.1. La forza di resistenza
  - 8.6.2. La forza di galleggiamento
  - 8.6.3. Inerzia
  - 8.6.4. Moto browniano ed effetti della turbolenza
  - 8.6.5. Altre forze





- 8.7. Interazione con il fluido circostante
  - 8.7.1. Generazione dalla fase continua
  - 8.7.2. Resistenza aerodinamica
  - 8.7.3. Interazione con altre entità, coalescenza e disgregazione
  - 8.7.4. Condizioni di contorno
- 8.8. Descrizione statistica delle popolazioni di particelle: Pacchetti
  - 8.8.1. Trasporto di popolazioni
  - 8.8.2. Condizioni al contorno delle popolazioni
  - 8.8.3. Interazioni tra popolazioni
  - 8.8.4. Estensione della fase discreta alle popolazioni
- 8.9. Lamina d'acqua
  - 8.9.1. Ipotesi della lamina d'acqua
  - 8.9.2. Equazioni e modellizzazione
  - 8.9.3. Termine sorgente dalle particelle
- 8.10. Esempio di applicazione con OpenFOAM
  - 8.10.1. Descrizione di un problema industriale
  - 8.10.2. *Setup* e simulazione
  - 8.10.3. Visualizzazione e interpretare i risultati

## Modulo 9. Modelli avanzati in CFD

- 9.1. Multifisica
  - 9.1.1. Simulazioni multifisiche
  - 9.1.2. Tipi di sistemi
  - 9.1.3. Esempi di applicazione
- 9.2. Co-simulazione unidirezionale
  - 9.2.1. Co-simulazione unidirezionale: Aspetti avanzati
  - 9.2.2. Schemi di scambio di informazioni
  - 9.2.3. Applicazioni
- 9.3. Co-simulazione bidirezionale
  - 9.3.1. Co-simulazione bidirezionale: Aspetti avanzati
  - 9.3.2. Schemi di scambio di informazioni
  - 9.3.3. Applicazioni

- 9.4. Trasferimento di calore convettivo
  - 9.4.1. Trasferimento di calore convettivo: Aspetti avanzati
  - 9.4.2. Equazioni del trasferimento di calore convettivo
  - 9.4.3. Metodi di risoluzione dei problemi convettivi
- 9.5. Trasferimento di calore per conduzione
  - 9.5.1. Trasferimento di calore per conduzione: Aspetti avanzati
  - 9.5.2. Equazioni del trasferimento di calore conduttivo
  - 9.5.3. Metodi di risoluzione dei problemi di conduzione
- 9.6. Trasferimento di calore radiante
  - 9.6.1. Trasferimento di calore radiante: Aspetti avanzati
  - 9.6.2. Equazioni del trasferimento di calore radiante
  - 9.6.3. Metodi di risoluzione dei problemi di radiazione
- 9.7. Accoppiamento solido-fluido-calore
  - 9.7.1. Accoppiamento solido-fluido-calore
  - 9.7.2. Accoppiamento termico-fluido-calore
  - 9.7.3. CFD e FEM
- 9.8. Aeroacustica
  - 9.8.1. Aeroacustica computazionale
  - 9.8.2. Analogie acustiche
  - 9.8.3. Metodi di risoluzione
- 9.9. Problemi di avvezione-diffusione
  - 9.9.1. Problemi di avvezione-diffusione
  - 9.9.2. Campi scalari
  - 9.9.3. Metodi particellari
- 9.10. Modelli di accoppiamento con flusso reattivo
  - 9.10.1. Modelli di accoppiamento con flusso reattivo: Applicazioni
  - 9.10.2. Sistema di equazioni differenziali: Risoluzione della reazione chimica
  - 9.10.3. CHEMKIN
  - 9.10.4. Combustione: fiamma, scintilla e indice di Wobbe
  - 9.10.5. Flussi reattivi non stazionari: ipotesi di sistema quasi-stazionario
  - 9.10.6. Flussi reattivi in flussi turbolenti
  - 9.10.7. Catalizzatori

## Modulo 10. Post-elaborazione, validazione e applicazione nella CFD

- 10.1. Post-elaborazione in CFD I
  - 10.1.1. Post-elaborazione su piani e superfici
    - 10.1.1.1. Post-elaborazione in piano
    - 10.1.1.2. Post-elaborazione su superfici
- 10.2. Post-elaborazione in CFD II
  - 10.2.1. Post-elaborazione volumetrica I
    - 10.2.1.1. Post-elaborazione volumetrica II
    - 10.2.1.2. Post-elaborazione volumetrica III
- 10.3. Software libero di Post-elaborazione in CFD
  - 10.3.1. Software libero di post-elaborazione
  - 10.3.2. ParaView
  - 10.3.3. Esempi di utilizzo di ParaView
- 10.4. Convergenza delle simulazioni
  - 10.4.1. Convergenza
  - 10.4.2. Convergenza della maglia
  - 10.4.3. Convergenza numerica
- 10.5. Classificazione dei metodi
  - 10.5.1. Applicazioni
  - 10.5.2. Tipi di fluido
  - 10.5.3. Scale
  - 10.5.4. Macchine da calcolo
- 10.6. Convalida del modello
  - 10.6.1. Necessità della convalida
  - 10.6.2. Simulazione vs. Esperimento
  - 10.6.3. Esempi di validazione
- 10.7. Metodi di simulazione: Vantaggi e svantaggi
  - 10.7.1. RANS
  - 10.7.2. LES, DES e DNS
  - 10.7.3. Altri metodi
  - 10.7.4. Vantaggi e svantaggi



- 10.8. Esempi di metodi e applicazioni
  - 10.8.1. Caso di un corpo soggetto a forze aerodinamiche
  - 10.8.2. Caso termico
  - 10.8.3. Caso multifase
- 10.9. Best practice di simulazione
  - 10.9.1. Importanza delle best practice
  - 10.9.2. Best practice
  - 10.9.3. Errori nella simulazione
- 10.10. Software commerciale e libero
  - 10.10.1. Software FVM
  - 10.10.2. Software per altri metodi
  - 10.10.3. Vantaggi e svantaggi
  - 10.10.4. Futuro della simulazione CFD

“ *Accedi a una grande varietà di materiale aggiuntivo nel Campus Virtuale e amplia le tue conoscenze sugli aspetti della simulazione CFD che ti interessano maggiormente* ”



# 05 Metodologia

Questo programma ti offre un modo differente di imparare. La nostra metodologia si sviluppa in una modalità di apprendimento ciclico: ***il Relearning***.

Questo sistema di insegnamento viene applicato nelle più prestigiose facoltà di medicina del mondo ed è considerato uno dei più efficaci da importanti pubblicazioni come il ***New England Journal of Medicine***.



“

*Scopri il Relearning, un sistema che abbandona l'apprendimento lineare convenzionale, per guidarti attraverso dei sistemi di insegnamento ciclici: una modalità di apprendimento che ha dimostrato la sua enorme efficacia, soprattutto nelle materie che richiedono la memorizzazione”*

## Caso di Studio per contestualizzare tutti i contenuti

Il nostro programma offre un metodo rivoluzionario per sviluppare le abilità e le conoscenze. Il nostro obiettivo è quello di rafforzare le competenze in un contesto mutevole, competitivo e altamente esigente.

“

*Con TECH potrai sperimentare un modo di imparare che sta scuotendo le fondamenta delle università tradizionali in tutto il mondo”*



*Avrai accesso a un sistema di apprendimento basato sulla ripetizione, con un insegnamento naturale e progressivo durante tutto il programma.*



*Imparerai, attraverso attività collaborative e casi reali, la risoluzione di situazioni complesse in ambienti aziendali reali.*

## Un metodo di apprendimento innovativo e differente

Questo programma di TECH consiste in un insegnamento intensivo, creato ex novo, che propone le sfide e le decisioni più impegnative in questo campo, sia a livello nazionale che internazionale. Grazie a questa metodologia, la crescita personale e professionale viene potenziata, effettuando un passo decisivo verso il successo. Il metodo casistico, la tecnica che sta alla base di questi contenuti, garantisce il rispetto della realtà economica, sociale e professionale più attuali.

“ *Il nostro programma ti prepara ad affrontare nuove sfide in ambienti incerti e a raggiungere il successo nella tua carriera* ”

Il Metodo Casistico è stato il sistema di apprendimento più usato nelle migliori Scuole di Informatica del mondo da quando esistono. Sviluppato nel 1912 affinché gli studenti di Diritto non imparassero la legge solo sulla base del contenuto teorico, il metodo casistico consisteva nel presentare loro situazioni reali e complesse per prendere decisioni informate e giudizi di valore su come risolverle. Nel 1924 fu stabilito come metodo di insegnamento standard ad Harvard.

Cosa dovrebbe fare un professionista per affrontare una determinata situazione?

Questa è la domanda con cui ti confrontiamo nel metodo dei casi, un metodo di apprendimento orientato all'azione. Durante il corso, gli studenti si confronteranno con diversi casi di vita reale. Dovranno integrare tutte le loro conoscenze, effettuare ricerche, argomentare e difendere le proprie idee e decisioni.

## Metodologia Relearning

TECH coniuga efficacemente la metodologia del Caso di Studio con un sistema di apprendimento 100% online basato sulla ripetizione, che combina diversi elementi didattici in ogni lezione.

Potenziamo il Caso di Studio con il miglior metodo di insegnamento 100% online: il Relearning.

*Nel 2019 abbiamo ottenuto i migliori risultati di apprendimento di tutte le università online del mondo.*

In TECH imparerai con una metodologia all'avanguardia progettata per formare i manager del futuro. Questo metodo, all'avanguardia della pedagogia mondiale, si chiama Relearning.

La nostra università è l'unica autorizzata a utilizzare questo metodo di successo. Nel 2019, siamo riusciti a migliorare il livello di soddisfazione generale dei nostri studenti (qualità dell'insegnamento, qualità dei materiali, struttura del corso, obiettivi...) rispetto agli indicatori della migliore università online.





Nel nostro programma, l'apprendimento non è un processo lineare, ma avviene in una spirale (impariamo, disimpariamo, dimentichiamo e re-impariamo). Pertanto, combiniamo ciascuno di questi elementi in modo concentrico. Questa metodologia ha formato più di 650.000 laureati con un successo senza precedenti in campi diversi come la biochimica, la genetica, la chirurgia, il diritto internazionale, le competenze manageriali, le scienze sportive, la filosofia, il diritto, l'ingegneria, il giornalismo, la storia, i mercati e gli strumenti finanziari. Tutto questo in un ambiente molto esigente, con un corpo di studenti universitari con un alto profilo socio-economico e un'età media di 43,5 anni.

*Il Relearning ti permetterà di apprendere con meno sforzo e più performance, impegnandoti maggiormente nella tua specializzazione, sviluppando uno spirito critico, difendendo gli argomenti e contrastando le opinioni: un'equazione diretta al successo.*

Dalle ultime evidenze scientifiche nel campo delle neuroscienze, non solo sappiamo come organizzare le informazioni, le idee, le immagini e i ricordi, ma sappiamo che il luogo e il contesto in cui abbiamo imparato qualcosa è fondamentale per la nostra capacità di ricordarlo e immagazzinarlo nell'ippocampo, per conservarlo nella nostra memoria a lungo termine.

In questo modo, e in quello che si chiama Neurocognitive Context-dependent E-learning, i diversi elementi del nostro programma sono collegati al contesto in cui il partecipante sviluppa la sua pratica professionale.

Questo programma offre i migliori materiali didattici, preparati appositamente per i professionisti:



#### Materiali di studio

Tutti i contenuti didattici sono creati appositamente per il corso dagli specialisti che lo impartiranno, per fare in modo che lo sviluppo didattico sia davvero specifico e concreto.

Questi contenuti sono poi applicati al formato audiovisivo che supporterà la modalità di lavoro online di TECH. Tutto questo, con le ultime tecniche che offrono componenti di alta qualità in ognuno dei materiali che vengono messi a disposizione dello studente.



#### Master class

Esistono evidenze scientifiche sull'utilità dell'osservazione di esperti terzi.

Imparare da un esperto rafforza la conoscenza e la memoria, costruisce la fiducia nelle nostre future decisioni difficili.



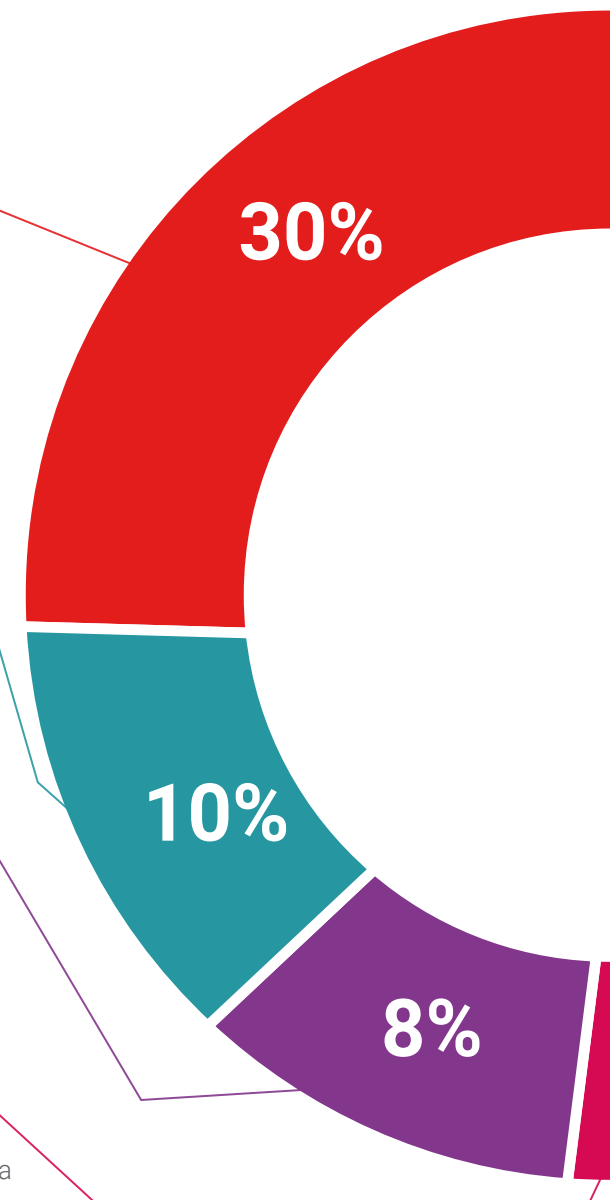
#### Pratiche di competenze e competenze

Svolgerai attività per sviluppare competenze e capacità specifiche in ogni area tematica. Pratiche e dinamiche per acquisire e sviluppare le competenze e le abilità che uno specialista deve sviluppare nel quadro della globalizzazione in cui viviamo.

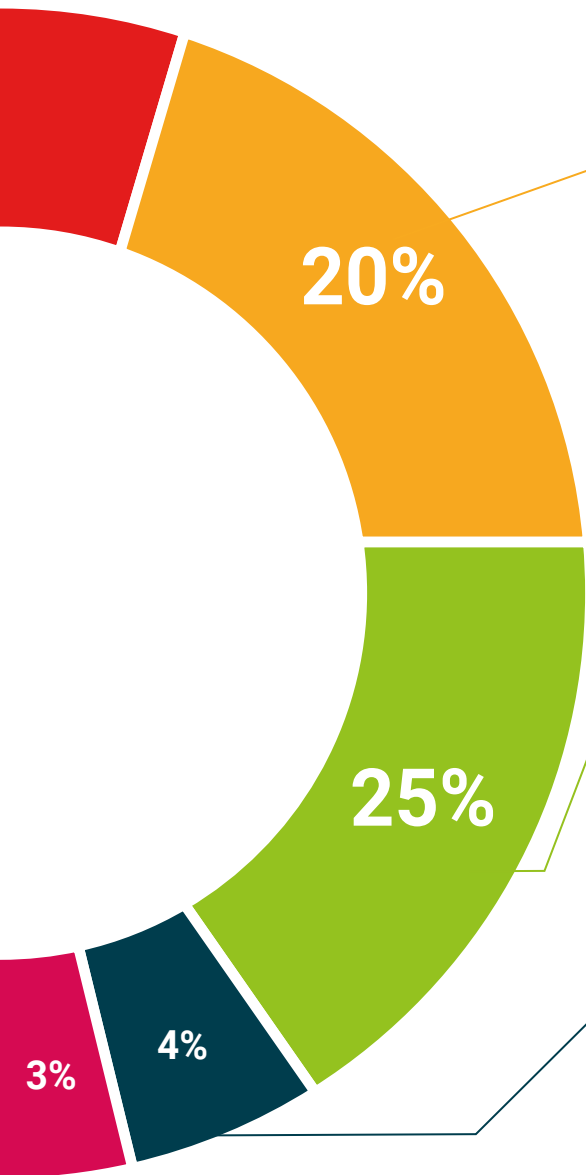


#### Letture complementari

Articoli recenti, documenti di consenso e linee guida internazionali, tra gli altri. Nella biblioteca virtuale di TECH potrai accedere a tutto il materiale necessario per completare la tua specializzazione.







#### Casi di Studio

Completerai una selezione dei migliori casi di studio scelti appositamente per questo corso. Casi presentati, analizzati e monitorati dai migliori specialisti del panorama internazionale.



#### Riepiloghi interattivi

Il team di TECH presenta i contenuti in modo accattivante e dinamico in pillole multimediali che includono audio, video, immagini, diagrammi e mappe concettuali per consolidare la conoscenza.

Questo esclusivo sistema di specializzazione per la presentazione di contenuti multimediali è stato premiato da Microsoft come "Caso di successo in Europa".



#### Testing & Retesting

Valutiamo e rivalutiamo periodicamente le tue conoscenze durante tutto il programma con attività ed esercizi di valutazione e autovalutazione, affinché tu possa verificare come raggiungi progressivamente i tuoi obiettivi.



# 07 Titolo

Il Master Privato in Meccanica Computazionale dei Fluidi garantisce, oltre alla preparazione più rigorosa e aggiornata, il conseguimento di una qualifica di Master Privato rilasciata da TECH Università Tecnologica.



“

*Porta a termine questo programma e ricevi la tua qualifica universitaria senza spostamenti o fastidiose formalità”*

Questo **Master Privato in Meccanica Computazionale dei Fluidi** possiede il programma più completo e aggiornato del mercato.

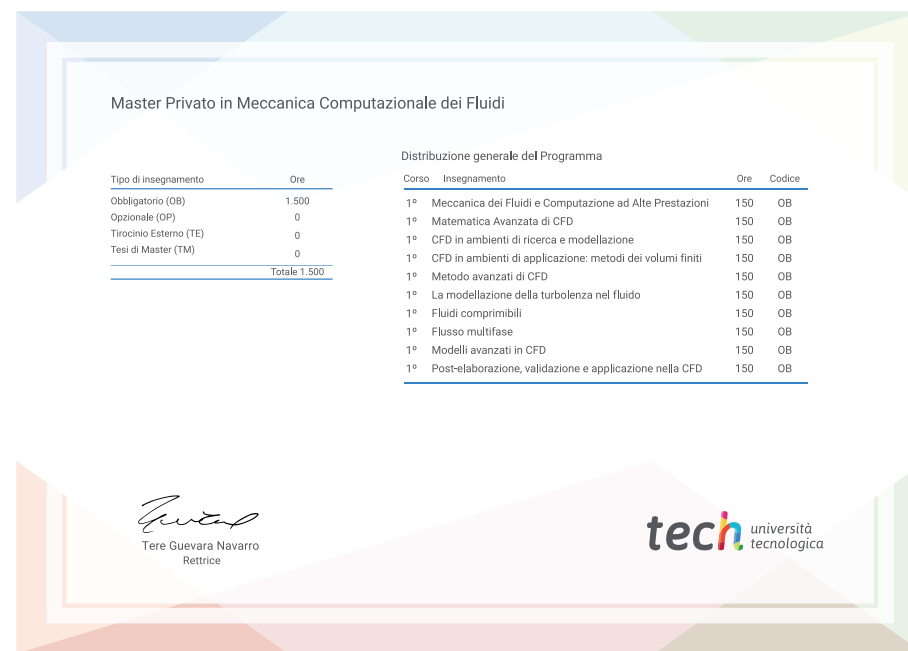
Dopo aver superato la valutazione, lo studente riceverà mediante lettera certificata\* con ricevuta di ritorno, la sua corrispondente qualifica di **Master Privato** rilasciata da **TECH Università Tecnologica**.

Il titolo rilasciato da **TECH Università Tecnologica** esprime la qualifica ottenuta nel Master Privato, e riunisce tutti i requisiti comunemente richiesti da borse di lavoro, concorsi e commissioni di valutazione di carriere professionali.

Titolo: **Master Privato in Meccanica Computazionale dei Fluidi**

Modalità: **Online**

Durata: **12 mesi**



\*Apostille dell'Aia. Se lo studente dovesse richiedere che il suo diploma cartaceo sia provvisto di Apostille dell'Aia, TECH EDUCATION effettuerà le gestioni opportune per ottenerla pagando un costo aggiuntivo.

futuro  
salute fiducia persone  
educazione informazione tutor  
garanzia accreditamento insegnamento  
istituzioni tecnologia apprendimento  
comunità impegno  
attenzione personalizzata innovazione  
conoscenza presente qualità  
formazione online  
sviluppo istituzioni  
classe virtuale lingu

**tech** università  
tecnologica

**Master Privato**

Meccanica Computazionale  
dei Fluidi

- » Modalità: online
- » Durata: 12 mesi
- » Titolo: TECH Università Tecnologica
- » Orario: a scelta
- » Esami: online

Master Privato

Meccanica Computazionale  
dei Fluidi

