

Master Semipresenziale in Meccanica Computazionale dei Fluidi





Master Semipresenziale in Meccanica Computazionale dei Fluidi

Modalità: Semipresenziale (Online + Tirocinio)

Durata: 12 mesi

Titolo: TECH Global University

Crediti: 60 + 4 ECTS

Accesso al sito web: www.techtute.com/it/informatica/master-semipresenziale/master-semipresenziale-meccanica-computazionale-fluidi

Indice

01

Presentazione del
programma

pag. 4

02

Perché studiare in TECH?

pag. 8

03

Piano di studi

pag. 12

04

Obiettivi didattici

pag. 22

05

Tirocinio

pag. 28

06

Centri di tirocinio

pag. 34

07

Opportunità professionali

pag. 38

08

Metodologia di studio

pag. 42

09

Personale docente

pag. 52

10

Titolo

pag. 56

01

Presentazione del programma

La Meccanica Computazionale dei Fluidi si è affermata come uno strumento essenziale per la simulazione di fenomeni di trasporto e dinamica dei fluidi. La sua crescente domanda in aree come la modellazione di flussi multifase, l'aerodinamica e il trasferimento di calore ha aperto nuove opportunità per gli informatici. Pertanto, gli esperti devono acquisire competenze avanzate per padroneggiare metodi numerici avanzati e gestire simulazioni ad alta complessità in architetture di calcolo parallelo. Con questa idea in mente, TECH propone un'innovativa qualifica universitaria incentrata sulle più moderne strategie della Meccanica Computazionale dei Fluidi.



“

*Grazie a questo Master Semipresenziale
padroneggerai l'uso di sistemi di calcolo
parallelo per eseguire simulazioni su larga
scala in modo efficiente"*

Negli ultimi anni, l'integrazione di algoritmi di *Machine Learning* nella Meccanica Computazionale dei Fluidi ha mostrato una riduzione fino al 90% dei tempi di simulazione per alcuni problemi di previsione dei modelli di flusso. Questa sinergia tra fluidodinamica computazionale e intelligenza artificiale richiede una conoscenza approfondita dei metodi numerici di risoluzione dei flussi, del trattamento di grandi volumi di dati e delle tecniche di formazione e validazione dei modelli predittivi.

In questo scenario, TECH propone un pionieristico Master Semipresenziale in Meccanica Computazionale dei Fluidi. Realizzato da rinomati specialisti in questo settore, l'itinerario accademico approfondirà le più moderne tecniche dei volumi finiti. Inoltre, il programma affronterà metodi avanzati come l'assemblaggio della matrice dei coefficienti e la mappatura del campo fluido a partire dai valori delle particelle. I materiali didattici approfondiranno anche l'uso di *software* specializzato nella post-elaborazione. Grazie a questo, gli studenti saranno pienamente in grado di sviluppare simulazioni ad alta fedeltà, interpretare risultati complessi con precisione e applicare soluzioni CFD in contesti industriali impegnativi.

La metodologia pedagogica di questo programma universitario si basa sul *Relearning*, che promuove l'apprendimento attivo degli studenti, offrendo loro la possibilità di imparare al proprio ritmo e secondo le proprie esigenze di studio. Inoltre, approfitteranno della flessibilità offerta dalla modalità di insegnamento 100% online, che consente loro di bilanciare gli impegni personali e professionali con lo studio. In aggiunta, gli studenti potranno godere di un tirocinio di 3 settimane presso una rinomata istituzione specializzata in Meccanica Computazionale dei Fluidi.

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

- ♦ Sviluppo di oltre 100 casi pratici presentati da professionisti in Meccanica Computazionale dei Fluidi
- ♦ Contenuti grafici, schematici ed eminentemente pratici che forniscono informazione tecnica riguardo alle discipline essenziali per l'esercizio della professione
- ♦ Lezioni teoriche, domande all'esperto, forum di discussione su questioni controverse e compiti di riflessione individuale
- ♦ Contenuti disponibili da qualsiasi dispositivo fisso o mobile dotato di connessione a internet
- ♦ Possibilità di svolgere un tirocinio presso una delle migliori aziende del settore



Adatterai le mesh ai requisiti specifici dei fenomeni di flusso"

“

Avrai una conoscenza completa della modellazione di turbolenze, i flussi multifase e il trasferimento di calore nel contesto della Meccanica Computazionale dei Fluidi"

In questa proposta di Master, di natura professionale e in modalità semipresenziale, il programma è rivolto all'aggiornamento dei professionisti che richiedono un alto livello di qualificazione. I contenuti sono basati sulle ultime evidenze scientifiche, orientati in modo didattico per integrare le conoscenze teoriche nella pratica pubblicitaria, e tali elementi faciliteranno l'aggiornamento delle conoscenze.

Grazie ai contenuti multimediali realizzati con la più recente tecnologia educativa, permetteranno al professionista un apprendimento localizzato e contestuale, cioè un ambiente simulato che fornirà un apprendimento immersivo programmato per prepararsi in situazioni reali. La creazione di questo programma è incentrata sull'Apprendimento Basato su Problemi, mediante il quale lo specialista 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.

Automatizzerai i processi di simulazione, ottimizzando il flusso di lavoro dalla configurazione alla post-elaborazione.

Sarai in grado di integrare strumenti tecnologici emergenti come il Machine Learning nel campo della simulazione dei fluidi.



02

Perché studiare in TECH?

TECH è la più grande università digitale del mondo. Con un catalogo eccezionale di oltre 14.000 programmi accademici disponibili in 11 lingue, si posiziona come leader in termini di occupabilità, con un tasso di inserimento professionale del 99%. Inoltre, dispone di un enorme personale docente, composto da oltre 6.000 professori di altissimo prestigio internazionale.



“

Studia presso la più grande università digitale del mondo e assicurati il successo professionale. Il futuro inizia con TECH"

La migliore università online al mondo secondo FORBES

La prestigiosa rivista Forbes, specializzata in affari e finanza, ha definito TECH "la migliore università online del mondo". Lo hanno recentemente affermato in un articolo della loro edizione digitale, che riporta il caso di successo di questa istituzione: "grazie all'offerta accademica che offre, alla selezione del suo personale docente e a un metodo innovativo di apprendimento orientato alla formazione dei professionisti del futuro".

Forbes

La migliore università
online del mondo

Il piano

di studi
più completo

I piani di studio più completi del panorama universitario

TECH offre i piani di studio più completi del panorama universitario, con argomenti che coprono concetti fondamentali e, allo stesso tempo, i principali progressi scientifici nelle loro specifiche aree scientifiche. Inoltre, questi programmi sono continuamente aggiornati per garantire agli studenti l'avanguardia accademica e le competenze professionali più richieste. In questo modo, i titoli universitari forniscono agli studenti un vantaggio significativo per elevare le loro carriere verso il successo.

Il miglior personale docente internazionale top

Il personale docente di TECH è composto da oltre 6.000 docenti di massimo prestigio internazionale. Professori, ricercatori e dirigenti di multinazionali, tra cui Isaiah Covington, allenatore dei Boston Celtics; Magda Romanska, ricercatrice principale presso MetaLAB ad Harvard; Ignacio Wistumba, presidente del dipartimento di patologia molecolare traslazionale di MD Anderson Cancer Center; o D.W Pine, direttore creativo della rivista TIME, ecc.

Personale docente
Internazionale
TOP

La più grande università digitale del mondo

TECH è la più grande università digitale del mondo. Siamo la più grande istituzione educativa, con il migliore e più ampio catalogo educativo digitale, cento per cento online e che copre la maggior parte delle aree di conoscenza. Offriamo il maggior numero di titoli di studio, diplomi e corsi post-laurea nel mondo. In totale, più di 14.000 corsi universitari, in undici lingue diverse, che ci rendono la più grande istituzione educativa del mondo.

**N°1
al Mondo**

La più grande
università online
del mondo



La metodologia
più efficace

Un metodo di apprendimento unico

TECH è la prima università ad utilizzare il *Relearning* in tutte le sue qualifiche. Si tratta della migliore metodologia di apprendimento online, accreditata con certificazioni internazionali di qualità docente, disposte da agenzie educative prestigiose. Inoltre, questo modello accademico dirompente è integrato con il "Metodo Casistico", configurando così una strategia di insegnamento online unica. Vengono inoltre implementate risorse didattiche innovative tra cui video dettagliati, infografiche e riassunti interattivi.

L'università online ufficiale dell'NBA

TECH è l'università online ufficiale dell'NBA. Grazie ad un accordo con la più grande lega di basket, offre ai suoi studenti programmi universitari esclusivi, nonché una vasta gamma di risorse educative incentrate sul business della lega e su altre aree dell'industria sportiva. Ogni programma presenta un piano di studi con un design unico e relatori ospiti eccezionali: professionisti con una distinta carriera sportiva che offriranno la loro esperienza nelle materie più rilevanti.

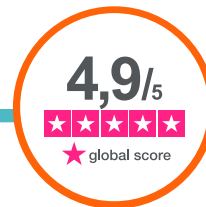
Leader nell'occupabilità

TECH è riuscita a diventare l'università leader nell'occupabilità. Il 99% dei suoi studenti ottiene un lavoro nel campo accademico che hanno studiato, prima di completare un anno dopo aver terminato uno qualsiasi dei programmi universitari. Una cifra simile riesce a migliorare la propria carriera professionale immediatamente. Tutto questo grazie ad una metodologia di studio che basa la sua efficacia sull'acquisizione di competenze pratiche, assolutamente necessarie per lo sviluppo professionale.



Google Partner Premier

Il gigante americano della tecnologia ha conferito a TECH il logo Google Partner Premier. Questo premio, accessibile solo al 3% delle aziende del mondo, conferisce valore all'esperienza efficace, flessibile e adattata che questa università offre agli studenti. Il riconoscimento non solo attesta il massimo rigore, rendimento e investimento nelle infrastrutture digitali di TECH, ma fa anche di questa università una delle compagnie tecnologiche più all'avanguardia del mondo.



L'università meglio valutata dai suoi studenti

Gli studenti hanno posizionato TECH come l'università più valutata al mondo nei principali portali di opinione, evidenziando il suo punteggio più alto di 4,9 su 5, ottenuto da oltre 1.000 recensioni. Questi risultati consolidano TECH come l'istituzione universitaria di riferimento a livello internazionale, riflettendo l'eccellenza e l'impatto positivo del suo modello educativo.



03

Piano di studi

I materiali didattici che compongono questo programma universitario sono stati progettati da veri e propri riferimenti in Meccanica Computazionale dei Fluidi. Il piano di studi approfondirà questioni che spaziano dalla gestione del *software* specializzato in architetture parallele o metodi di risoluzione dei problemi algebrici, fino alla modellazione della turbolenza. In questo modo, gli studenti acquisiranno competenze avanzate per implementare simulazioni ad alta precisione, analizzare flussi complessi in regimi turbolenti e convalidare i risultati con dati sperimentali.



“

*Approfondirai i principi fondamentali
della Meccanica dei Fluidi e la sua
formulazione matematica per il
trattamento Computazionale"*

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: Idea futura
 - 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 le 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 a un 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-Bamford
 - 3.6.2. Il metodo Crank-Nicholson
 - 3.6.3. 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 Von-Karma
 - 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, forza centrifuga
 - 4.2.2. Termini di fonte volumetrica (massa) e di pressione (evaporazione, cavitazione, chimica)
 - 4.2.3. Termine della sorgente scalare
 - 4.2.3.1. Temperatura, 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 Karman
 - 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 Runge-Kutta multistadio

- 4.6. Schemi *upwind*
 - 4.6.1. Il problema di Riemman
 - 4.6.2. Principali schemi *upwind*: MUSCL, Van Leer, Roe, 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 ordine superiore: 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. *Metodo dei confini immersi*
 - 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. Metodi avanzati di CFD

- 5.1. Metodo degli Elementi Finiti (FEM)
 - 5.1.1. La discrezione 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 su 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: Angolo supersonico
 - 5.7.5. Esempio complesso: *Space shuttle*
- 5.8. Metodo del 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 del 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 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 di 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 e 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* approssimativi
 - 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 alle equazioni di Navier-Stokes
- 7.9. Regioni con gradienti elevati e discontinuità
 - 7.9.1. Importanza della retinatura
 - 7.9.2. Adattamento automatico delle maglie (AMR)
 - 7.9.3. Metodi *shock fitting*
- 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. Fasi continue
 - 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 rispetto alla 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 per Irraggiamento
 - 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, Wobee
 - 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 in 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 mesh
 - 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, 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. Simulazione CFD futura

“

I riassunti interattivi di ogni modulo ti permetteranno di consolidare in modo più dinamico i concetti sull'applicazione del metodo dei volumi finiti"

04

Obiettivi didattici

La progettazione del programma di questo Master Semipresenziale permetterà allo studente di acquisire le competenze necessarie per specializzarsi in modellazione e simulazione dei fluidi, approfondendo gli aspetti chiave della dinamica computazionale. Inoltre, la conoscenza impartita in ogni modulo spingerà il professionista da una prospettiva globale, abilitandolo pienamente ad affrontare le sfide nei settori industriali e tecnologici. In questo modo, gli studenti sperimenteranno un notevole salto di qualità nella loro carriera come informatici e accederanno a ruoli più strategici.



“

*Gestirai i metodi numerici impiegati nella
risoluzione delle equazioni dei fluidi, tra cui
spiccano i volumi finiti”*



Obiettivo generale

- ♦ L'obiettivo generale del Master Semipresenziale è quello di consentire al professionista di perfezionare le proprie competenze in simulazione e modellazione dei fluidi attraverso una formazione pratica intensiva, in collaborazione con centri di riferimento tecnologico. Grazie ad un tirocinio progettato con rigore accademico e scientifico, lo studente lavorerà insieme a specialisti in ambienti reali, affrontando progetti di alta complessità che gli consentiranno di ottimizzare i processi e risolvere le sfide fluidodinamiche in modo preciso ed efficiente





Obiettivi specifici

Modulo 1. Meccanica dei Fluidi e Computazione ad Alte Prestazioni

- ♦ Analizzare i principi fondamentali della meccanica dei fluidi
- ♦ Implementare metodi computazionali ad alta efficienza per la simulazione dei fluidi
- ♦ Studiare gli strumenti di *high-performance computing* in CFD
- ♦ Valutare l'integrazione di tecniche avanzate per ottimizzare le prestazioni computazionali

Modulo 2. Matematica Avanzata di CFD

- ♦ Risolvere le equazioni differenziali nel contesto della meccanica dei fluidi
- ♦ Applicare metodi numerici avanzati per la discretizzazione dei problemi CFD
- ♦ Sviluppare tecniche matematiche per la stabilità e la convergenza nelle simulazioni
- ♦ Utilizzare l'algebra lineare avanzata nella risoluzione di grandi sistemi di equazioni

Modulo 3. CFD in ambienti di ricerca e modellazione

- ♦ Applicare CFD nella simulazione di fenomeni complessi in ambienti di ricerca
- ♦ Modellare scenari sperimentali per prevedere risultati e convalidare ipotesi
- ♦ Sviluppare modelli numerici per applicazioni specifiche nella ricerca
- ♦ Integrare CFD in progetti interdisciplinari di simulazione e modellazione

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

- ♦ Implementare il metodo dei volumi finiti nelle simulazioni di fluidi
- ♦ Studiare le applicazioni pratiche di questo metodo in diversi campi dell'ingegneria
- ♦ Applicare tecniche di ottimizzazione del metodo in simulazioni ad alta risoluzione
- ♦ Convalidare i risultati ottenuti con il metodo dei volumi finiti

Modulo 5. Metodi avanzati di CFD

- ♦ Applicare metodi avanzati nella risoluzione di problemi non lineari in CFD
- ♦ Utilizzare tecniche di discretizzazione ad alta precisione per la simulazione dei flussi
- ♦ Sviluppare metodi di controllo degli errori in simulazioni complesse
- ♦ Analizzare l'implementazione di algoritmi di ottimizzazione nelle simulazioni dei fluidi

Modulo 6. La modellazione della turbolenza nel fluido

- ♦ Comprendere le teorie e i modelli più avanzati nella simulazione di turbolenza
- ♦ Applicare i modelli di turbolenza nelle simulazioni dei flussi industriali
- ♦ Studiare la parametrizzazione e i metodi di modellazione della turbolenza
- ♦ Validare simulazioni turbolenti con dati e esperimenti reali

Modulo 7. Fluidi comprimibili

- ♦ Modellare il comportamento dei fluidi comprimibili in condizioni diverse
- ♦ Analizzare le equazioni di stato dei fluidi comprimibili nelle simulazioni
- ♦ Applicare tecniche specifiche per la simulazione di flussi in compressione ed espansione
- ♦ Valutare gli effetti della compressibilità nei flussi transonici e supersonici

Modulo 8. Flusso multifase

- ♦ Sviluppare modelli per la simulazione di flussi multifase
- ♦ Studiare l'interazione tra fasi liquide, gassose e solide in flussi complessi
- ♦ Applicare tecniche di modellazione e simulazione per sistemi multifase
- ♦ Analizzare le sfide computazionali e metodologiche in flussi con più fasi



Modulo 9. Modelli avanzati in CFD

- ♦ Implementare modelli avanzati per flussi reattivi e di trasferimento di calore
- ♦ Studiare l'interazione tra flusso, chimica e trasferimento di calore nelle simulazioni
- ♦ Sviluppare tecniche numeriche per modellare fenomeni fisici complessi
- ♦ Applicare i modelli avanzati ad applicazioni industriali specifiche

Modulo 10. Post-elaborazione, validazione e applicazione in CFD

- ♦ Sviluppare tecniche avanzate di post-elaborazione dei risultati CFD
- ♦ Convalidare le simulazioni confrontandole con i dati sperimentali
- ♦ Applicare tecniche di visualizzazione per interpretare i risultati delle simulazioni
- ♦ Valutare l'applicabilità dei risultati CFD nel miglioramento dei processi industriali

“

Sfrutta tutti i vantaggi della metodologia Relearning di TECH, che ti permetterà di stabilire i tuoi orari e il tuo ritmo di studio. Iscriviti subito!”

05 Tirocinio

Una volta superata la fase teorica online, l'itinerario accademico prevede un periodo di Tirocinio in una rinomata istituzione specializzata in Meccanica Computazionale dei Fluidi. Nel corso di questa esperienza immersiva, gli studenti avranno a disposizione il supporto di un tutor che li accompagnerà durante tutto il processo, sia nella preparazione che nello sviluppo dei tirocini.



“

*Effettuerai il Tirocinio in una prestigiosa
entità focalizzata sulla Meccanica
Computazionale dei Fluidi”*

Il periodo di formazione pratica di questo programma in Meccanica Computazionale dei Fluidi è costituito da un Tirocinio in un'azienda prestigiosa, della durata di 3 settimane, dal lunedì al venerdì e con giornate di 8 ore consecutive di formazione pratica, sempre affiancato da uno specialista. Questo tirocinio permetterà agli studenti di applicare le loro conoscenze in programmazione, modellazione e analisi dei dati allo sviluppo di simulazioni CFD reali.

In questa proposta di formazione, di carattere completamente pratico, le attività sono dirette allo sviluppo e al perfezionamento delle competenze necessarie per l'esecuzione professionale nel campo della simulazione dei fluidi mediante metodi computazionali. In sintonia con questo, questa esperienza permetterà allo studente di acquisire competenze avanzate per l'implementazione, l'analisi e la convalida dei modelli CFD, in ambienti che richiedono un alto livello di specializzazione tecnica.

Si tratta di un'opportunità ideale per imparare lavorando in un ambiente di innovazione tecnologica, dove la simulazione avanzata dei fluidi e la modellazione computazionale sono il fulcro della cultura digitale dei suoi professionisti.

La fase pratica prevede la partecipazione attiva dello studente che svolgerà le attività e le procedure di ogni area di competenza (imparare a imparare e imparare a fare), con l'accompagnamento e la guida del personale docente e degli altri compagni di corso che facilitano il lavoro di squadra e l'integrazione multidisciplinare come competenze trasversali per la pratica in Meccanica Computazionale dei Fluidi (imparare a essere e imparare a relazionarsi).

Le procedure descritte qui di seguito saranno la base della parte pratica della formazione, e la loro realizzazione sarà soggetta alla disponibilità propria del centro ed al suo volume di lavoro, essendo le attività proposte come segue:



Modulo	Attività Pratica
Metodo di Volumi Finiti	Sviluppare e programmare codici CFD personalizzati, basati sul metodo di volumi finiti
	Ottimizzare gli algoritmi di risoluzione numerica, migliorando l'efficienza dei metodi iterativi come SIMPLE, PISO, ecc.
	Creare moduli di visualizzazione avanzata dei risultati CFD utilizzando le librerie come ParaView, VTK o matplotlib
	Integrare <i>Machine Learning</i> o tecniche di riduzione del modello per accelerare le simulazioni CFD o migliorare le previsioni
La simulazione della turbolenza nei fluidi	Ottimizzare gli algoritmi di calcolo della turbolenza, accelerandone la convergenza o riducendo il costo di calcolo
	Programmare e adattare schemi di chiusura per le equazioni di turbolenza
	Sviluppare simulazioni ad alta fedeltà in ambienti di supercomputing
	Creare e convalidare funzioni di parete specifiche per flussi turbolenti nelle vicinanze superfici solide
Flusso a più fasi	Implementare modelli di flusso multifase in software CFD
	Programmazione di algoritmi per il tracciamento delle interfacce tra le fasi (ad esempio, metodi <i>Level Set</i> , <i>Front Tracking</i> o VOF)
	Sviluppare e ottimizzare schemi numerici che gestiscono cambiamenti improvvisi di proprietà tra le fasi
	Creare simulazioni di interazione fluido-struttura in sistemi multifase, come bolle o gocce in movimento
Elaborazione dei risultati e controllo della qualità	Padroneggiare gli strumenti automatici di post-elaborazione per estrarre risultati rilevanti come pressione, velocità e temperatura
	Programmare script di analisi dei dati CFD utilizzando Python, MATLAB o strumenti come ParaView e Tecplot
	Implementare algoritmi di estrazione delle caratteristiche come il rilevamento dei vortici o l'analisi delle zone di ricircolo
	Automatizzare la generazione di report tecnici e grafici dai risultati di simulazioni

Assicurazione di responsabilità civile

La preoccupazione principale dell'università è quella di garantire la sicurezza sia dei tirocinanti sia degli altri agenti che collaborano ai processi di tirocinio in azienda. All'interno delle misure rivolte a questo fine ultimo, esiste la risposta a qualsiasi incidente che possa verificarsi durante il processo di insegnamento-apprendimento.

A tal fine, l'università si impegna a stipulare un'assicurazione di responsabilità civile che copra qualsiasi eventualità che possa sorgere durante lo svolgimento del tirocinio presso il centro.

La polizza di responsabilità civile per i tirocinanti deve garantire una copertura assicurativa completa e deve essere stipulata prima dell'inizio del periodo di tirocinio. Grazie a questa garanzia, il professionista si sentirà privo di ogni tipo di preoccupazione nel caso di eventuali situazioni impreviste che possano sorgere durante il tirocinio e potrà godere di una copertura assicurativa fino al termine dello stesso.



Condizioni generali del tirocinio

Le condizioni generali relative alla stipulazione del contratto di tirocinio del suddetto programma sono le seguenti:

1. TUTORAGGIO: durante il Master Semipresenziale agli studenti verranno assegnati due tutor che li seguiranno durante tutto il percorso, risolvendo eventuali dubbi e domande che potrebbero sorgere. Da un lato, si avrà un tutor professionale appartenente al centro di inserimento lavorativo che guiderà e supporterà in ogni momento. Dall'altro lato, allo studente verrà assegnato anche un tutor accademico che avrà il compito di coordinare e aiutare lo studente durante l'intero processo, risolvendo i dubbi e fornendogli tutto ciò di cui potrebbe aver bisogno. In questo modo, il professionista sarà accompagnato in ogni momento e potrà risolvere tutti gli eventuali dubbi, sia di natura pratica che accademica.

2. DURATA: il programma del tirocinio avrà una durata di tre settimane consecutive di preparazione pratica, distribuite in giornate di 8 ore lavorative, per cinque giorni alla settimana. I giorni di frequenza e l'orario saranno di competenza del centro, che informerà debitamente e preventivamente il professionista, con un sufficiente anticipo per facilitarne l'organizzazione.

3. ASSENZE: in caso di mancata presentazione il giorno di inizio del Master Semipresenziale, lo studente perderà il diritto allo stesso senza possibilità di rimborso o di modifica di date. L'assenza per più di due giorni senza un giustificato motivo/certificato medico comporterà la rinuncia dello studente al tirocinio e, pertanto, la relativa automatica cessazione. In caso di ulteriori problemi durante lo svolgimento del tirocinio educativo, essi dovranno essere debitamente e urgentemente segnalati al tutor accademico.

4. CERTIFICAZIONE: lo studente che supererà il Master Semipresenziale riceverà un certificato che attesterà il tirocinio svolto presso il centro in questione.

5. RAPPORTO DI LAVORO: il Master Semipresenziale non costituisce un rapporto di lavoro di alcun tipo.

6. STUDI PRECEDENTI: alcuni centri potranno richiedere un certificato di studi precedenti per la partecipazione al Master Semipresenziale. In tal caso, sarà necessario esibirlo al dipartimento tirocini di TECH affinché venga confermata l'assegnazione del centro prescelto.

7. NON INCLUDE: il Master Semipresenziale non includerà nessun elemento non menzionato all'interno delle presenti condizioni. Pertanto, non sono inclusi alloggio, trasporto verso la città in cui si svolge il tirocinio, visti o qualsiasi altro servizio non menzionato.

Tuttavia, gli studenti potranno consultare il proprio tutor accademico per qualsiasi dubbio o raccomandazione in merito. Egli fornirà tutte le informazioni necessarie per semplificare le procedure.

06

Centri di tirocinio

Questo programma di Master Semipresenziale prevede nel suo itinerario un tirocinio pratico presso un'istituzione di riferimento in Meccanica Computazionale dei Fluidi. In questo modo, gli studenti avranno l'opportunità di applicare tutte le loro conoscenze in un ambiente di lavoro reale. In questo senso, e per avvicinare questa qualifica a più professionisti, TECH offre agli studenti l'opportunità di frequentare diversi centri in tutto il Paese. In questo modo, l'istituzione rafforza il suo impegno per un'istruzione di qualità e a prezzi accessibili per tutti.



“

*Effettuerai un tirocinio pratico in un'entità
di prestigio nel campo della Meccanica
Computazionale dei Fluidi”*



Gli studenti potranno svolgere il tirocinio di questo Master Semipresenziale presso i seguenti centri:



Informatica

Meler

Paese	Città
Spagna	Navarra

Indirizzo: Pol. Ind. Arazuri-Orcoyen,
c/B, nº3 A (31170 Arazuri-Navarra)

Impresa privata specializzata in sviluppo e ottimizzazione
dei processi di incollaggio

Tirocini correlati:
- Meccanica Computazionale dei Fluidi





“

*Potenzia la tua carriera
professionale con un
insegnamento olistico, che ti
permette di progredire sia dal
punto di vista teorico che pratico”*

07

Opportunità di carriera

Questa qualifica universitaria di TECH costituisce un'opportunità eccezionale per tutti gli informatici che desiderano specializzarsi nel campo della Meccanica Computazionale dei Fluidi. Attraverso la padronanza delle tecniche avanzate di simulazione, modellazione e analisi dei flussi, gli studenti saranno in grado di promuovere la loro carriera in settori strategici come l'industria automobilistica, energetica e tecnologica, espandendo notevolmente le loro opportunità di lavoro in ambienti di alta richiesta tecnica.



“

Stai cercando di diventare un Esperto nella Modellazione Numerica dei Fluidi? Ottieni questo risultato con questo programma universitaria in soli 12 mesi”

Profilo dello studente

Lo studente di questo Master Semipresenziale sarà un professionista qualificato per applicare tecniche avanzate di simulazione CFD in ambienti industriali e di ricerca. Allo stesso tempo, avrà le competenze per progettare, implementare e ottimizzare modelli di flusso complessi utilizzando metodi numerici all'avanguardia. Inoltre, sarà in grado di convalidare i risultati con dati sperimentali, gestire progetti di calcolo ad alte prestazioni e affrontare le sfide della dinamica multifase e turbolenta. Questo professionista sarà anche in grado di guidare iniziative di innovazione tecnologica e contribuire allo sviluppo di soluzioni efficienti in settori strategici come energia, automotive e aeronautica.

Costruirai modelli matematici per rappresentare fenomeni di flusso, trasferimento di calore e dinamica multifase in ambienti computazionali

- ♦ **Adattamento Tecnologico in Ambienti Industriali:** Capacità di integrare strumenti di simulazione CFD e tecnologie computazionali avanzate nei processi industriali, ottimizzando l'efficienza nell'analisi e nella progettazione dei sistemi fluidi
- ♦ **Risoluzione dei Problemi di Dinamica dei Fluidi:** Capacità di applicare il pensiero critico e le abilità analitiche in identificazione e risoluzione di sfide complesse nella meccanica dei fluidi, utilizzando modelli numerici e simulazioni ad alta fedeltà
- ♦ **Impegno in Precisione e Convalida Scientifica:** Responsabilità nella gestione rigorosa dei dati, garantendo la veridicità delle simulazioni attraverso tecniche di convalida numerica e confronto sperimentale
- ♦ **Collaborazione Interdisciplinare:** Capacità di lavorare efficacemente con ingegneri, scienziati dei dati e tecnici specializzati, favorendo lo sviluppo di soluzioni integrate in progetti multidisciplinari di simulazione e modellazione dei fluidi



Dopo aver completato il programma potrai utilizzare le tue conoscenze e competenze nei seguenti ruoli:

1. Specialista in Simulazione CFD Industriale: Progetta, implementa e analizza simulazioni di fluidodinamica in settori quali automotive, energia, aerospaziale e produzione avanzata.

Responsabilità: Sviluppare modelli di simulazione, ottimizzare i processi con tecniche CFD e convalidare i risultati rispetto a sperimentazioni o normative tecniche.

2. Ingegnere di Modellazione Numerica dei Fluidi: Responsabile della costruzione e dell'adattamento di modelli matematici per rappresentare fenomeni di flusso, trasferimento di calore e dinamica multifase in ambienti computazionali.

Responsabilità: Creare algoritmi efficienti di discretizzazione, eseguire simulazioni ad alta precisione e analizzare il comportamento dei sistemi fluidodinamici.

3. Sviluppatore di Software CFD: Si concentra sulla progettazione e sul miglioramento degli strumenti di simulazione dei fluidi, integrando nuove metodologie numeriche e ottimizzando le prestazioni dei codici esistenti.

Responsabilità: Programmare, testare e aggiornare il software CFD, nonché implementare nuovi moduli di calcolo adattati alle esigenze industriali o di ricerca.

4. Consulente di Ottimizzazione dei Processi di Fluidi: Collabora con le aziende industriali per migliorare l'efficienza dei sistemi termici, idraulici o aerodinamici tramite simulazioni CFD avanzate.

Responsabilità: Analizzare i processi industriali, identificare punti critici di miglioramento attraverso la simulazione e proporre soluzioni basate sulla modellazione computazionale.

5. Specialista di CFD ad Alte Prestazioni: Lavora sull'esecuzione di simulazioni su larga scala utilizzando supercomputer o architetture parallele ottimizzate per la dinamica dei fluidi.

Responsabilità: Configurare ambienti HPC, adattare i codici CFD per l'esecuzione di massa e ottimizzare l'uso delle risorse di calcolo per ridurre i tempi di calcolo.

6. Analista di Dati in Dinamica dei Fluidi: Responsabile di elaborazione ed estrazione di informazioni critiche da grandi volumi di dati generati in simulazioni CFD.

Responsabilità: Applicare tecniche di analisi statistica, *machine learning* e visualizzazione avanzata per interpretare i risultati delle simulazioni e guidare le decisioni ingegneristiche.



Dirigerai progetti di ricerca approfonditi che contribuiranno allo sviluppo di nuove tecniche nel campo della dinamica dei Fluidi Computazionali"

08

Metodologia di studio

TECH è la prima università al mondo che combina la metodologia dei **case studies** con il **Relearning**, un sistema di apprendimento 100% online basato sulla ripetizione diretta.

Questa strategia dirompente è stata concepita per offrire ai professionisti l'opportunità di aggiornare le conoscenze e sviluppare competenze in modo intensivo e rigoroso. Un modello di apprendimento che pone lo studente al centro del processo accademico e gli conferisce tutto il protagonismo, adattandosi alle sue esigenze e lasciando da parte le metodologie più convenzionali.



“

TECH ti prepara ad affrontare nuove sfide in ambienti incerti e a raggiungere il successo nella tua carriera"

Lo studente: la priorità di tutti i programmi di TECH

Nella metodologia di studio di TECH lo studente è il protagonista assoluto.

Gli strumenti pedagogici di ogni programma sono stati selezionati tenendo conto delle esigenze di tempo, disponibilità e rigore accademico che, al giorno d'oggi, non solo gli studenti richiedono ma le posizioni più competitive del mercato.

Con il modello educativo asincrono di TECH, è lo studente che sceglie il tempo da dedicare allo studio, come decide di impostare le sue routine e tutto questo dalla comodità del dispositivo elettronico di sua scelta. Lo studente non deve frequentare lezioni presenziali, che spesso non può frequentare. Le attività di apprendimento saranno svolte quando si ritenga conveniente. È lo studente a decidere quando e da dove studiare.

“

*In TECH NON ci sono lezioni presenziali
(che poi non potrai mai frequentare)”*



I piani di studio più completi a livello internazionale

TECH si caratterizza per offrire i percorsi accademici più completi del panorama universitario. Questa completezza è raggiunta attraverso la creazione di piani di studio che non solo coprono le conoscenze essenziali, ma anche le più recenti innovazioni in ogni area.

Essendo in costante aggiornamento, questi programmi consentono agli studenti di stare al passo con i cambiamenti del mercato e acquisire le competenze più apprezzate dai datori di lavoro. In questo modo, coloro che completano gli studi presso TECH ricevono una preparazione completa che fornisce loro un notevole vantaggio competitivo per avanzare nelle loro carriere.

Inoltre, potranno farlo da qualsiasi dispositivo, pc, tablet o smartphone.

“

Il modello di TECH è asincrono, quindi ti permette di studiare con il tuo pc, tablet o smartphone dove, quando e per quanto tempo vuoi”

Questo metodo, orientato all'azione, sarà applicato lungo tutto il percorso accademico che lo studente intraprende insieme a TECH. In questo modo, affronterà molteplici situazioni reali e dovrà integrare le conoscenze, ricercare, argomentare e difendere le sue idee e decisioni. Tutto ciò con la premessa di rispondere al dubbio di come agirebbe nel posizionarsi di fronte a specifici eventi di complessità nel suo lavoro quotidiano.



Metodo Relearning

In TECH i *case studies* vengono potenziati con il miglior metodo di insegnamento 100% online: il *Relearning*.

Questo metodo rompe con le tecniche di insegnamento tradizionali per posizionare lo studente al centro dell'equazione, fornendo il miglior contenuto in diversi formati. In questo modo, riesce a ripassare e ripete i concetti chiave di ogni materia e impara ad applicarli in un ambiente reale.

In questa stessa linea, e secondo molteplici ricerche scientifiche, la ripetizione è il modo migliore per imparare. Ecco perché TECH offre da 8 a 16 ripetizioni di ogni concetto chiave in una stessa lezione, presentata in modo diverso, con l'obiettivo di garantire che la conoscenza sia completamente consolidata durante il processo di studio.

Il Relearning ti consentirà di apprendere con meno sforzo e più rendimento, coinvolgendoti maggiormente nella specializzazione, sviluppando uno spirito critico, difendendo gli argomenti e contrastando opinioni: un'equazione diretta al successo.



Un Campus Virtuale 100% online con le migliori risorse didattiche

Per applicare efficacemente la sua metodologia, TECH si concentra sul fornire agli studenti materiali didattici in diversi formati: testi, video interattivi, illustrazioni, mappe della conoscenza, ecc. Tutto ciò progettato da insegnanti qualificati che concentrano il lavoro sulla combinazione di casi reali con la risoluzione di situazioni complesse attraverso la simulazione, lo studio dei contesti applicati a ogni carriera e l'apprendimento basato sulla ripetizione, attraverso audio, presentazioni, animazioni, immagini, ecc.

Le ultime prove scientifiche nel campo delle Neuroscienze indicano l'importanza di considerare il luogo e il contesto in cui si accede ai contenuti prima di iniziare un nuovo apprendimento. Poter regolare queste variabili in modo personalizzato favorisce che le persone possano ricordare e memorizzare nell'ippocampo le conoscenze per conservarle a lungo termine. Si tratta di un modello denominato *Neurocognitive context-dependent e-learning*, che viene applicato in modo consapevole in questa qualifica universitaria.

Inoltre, anche per favorire al massimo il contatto tra mentore e studente, viene fornita una vasta gamma di possibilità di comunicazione, sia in tempo reale che differita (messaggistica interna, forum di discussione, servizio di assistenza telefonica, e-mail di contatto con segreteria tecnica, chat e videoconferenza).

Inoltre, questo completo Campus Virtuale permetterà agli studenti di TECH di organizzare i loro orari di studio in base alla loro disponibilità personale o agli impegni lavorativi. In questo modo avranno un controllo globale dei contenuti accademici e dei loro strumenti didattici, il che attiva un rapido aggiornamento professionale.



La modalità di studio online di questo programma ti permetterà di organizzare il tuo tempo e il tuo ritmo di apprendimento, adattandolo ai tuoi orari"

L'efficacia del metodo è giustificata da quattro risultati chiave:

1. Gli studenti che seguono questo metodo non solo raggiungono l'assimilazione dei concetti, ma sviluppano anche la loro capacità mentale, attraverso esercizi che valutano situazioni reali e l'applicazione delle conoscenze.
2. L'apprendimento è solidamente fondato su competenze pratiche che permettono allo studente di integrarsi meglio nel mondo reale.
3. L'assimilazione di idee e concetti è resa più facile ed efficace, grazie all'uso di situazioni nate dalla realtà.
4. La sensazione di efficienza dello sforzo investito diventa uno stimolo molto importante per gli studenti, che si traduce in un maggiore interesse per l'apprendimento e in un aumento del tempo dedicato al corso.

La metodologia universitaria più apprezzata dagli studenti

I risultati di questo innovativo modello accademico sono riscontrabili nei livelli di soddisfazione globale degli studenti di TECH.

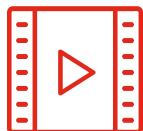
La valutazione degli studenti sulla qualità dell'insegnamento, la qualità dei materiali, la struttura del corso e i suoi obiettivi è eccellente. A questo proposito, l'istituzione è diventata la migliore università valutata dai suoi studenti secondo l'indice global score, ottenendo un 4,9 su 5

Accedi ai contenuti di studio da qualsiasi dispositivo con connessione a Internet (computer, tablet, smartphone) grazie al fatto che TECH è aggiornato sull'avanguardia tecnologica e pedagogica.

Potrai imparare dai vantaggi dell'accesso a ambienti di apprendimento simulati e dall'approccio di apprendimento per osservazione, ovvero Learning from an expert.



In questo modo, il miglior materiale didattico sarà disponibile, preparato con attenzione:



Materiale di studio

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

Questi contenuti sono poi applicati al formato audiovisivo che supporterà la nostra modalità di lavoro online, impiegando le ultime tecnologie che ci permettono di offrirti una grande qualità per ogni elemento che metteremo al tuo servizio.



Capacità e competenze pratiche

I partecipanti svolgeranno attività per sviluppare competenze e abilità specifiche in ogni area tematica. Pratiche e dinamiche per acquisire e sviluppare le competenze e le abilità che uno specialista deve possedere nel mondo globalizzato in cui viviamo.



Riepiloghi interattivi

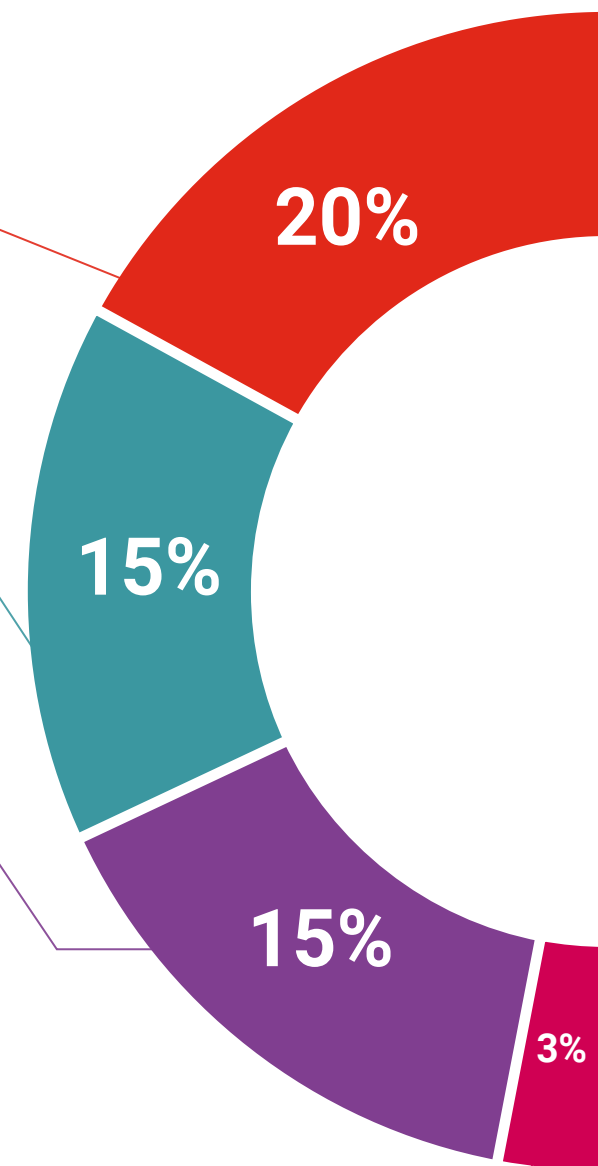
Presentiamo i contenuti in modo accattivante e dinamico tramite strumenti multimediali che includono audio, video, immagini, diagrammi e mappe concettuali per consolidare la conoscenza.

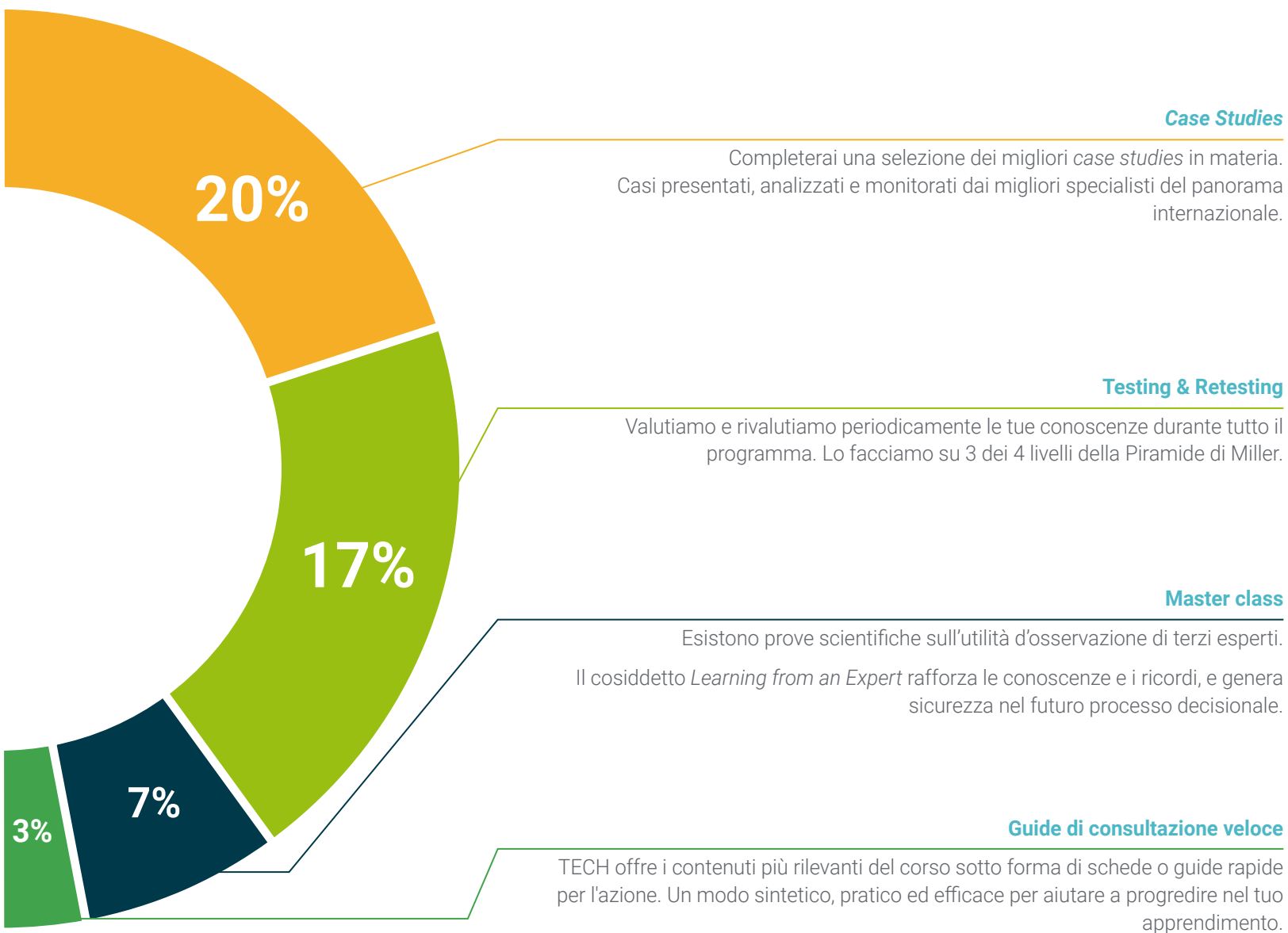
Questo esclusivo sistema di preparazione per la presentazione di contenuti multimediali è stato premiato da Microsoft come "Caso di successo in Europa".



Lecture complementari

Articoli recenti, documenti di consenso, guide internazionali... Nella biblioteca virtuale di TECH potrai accedere a tutto il materiale necessario per completare la tua specializzazione.





Case Studies

Completerai una selezione dei migliori *case studies* in materia. Casi presentati, analizzati e monitorati dai migliori specialisti del panorama internazionale.



Testing & Retesting

Valutiamo e rivalutiamo periodicamente le tue conoscenze durante tutto il programma. Lo facciamo su 3 dei 4 livelli della Piramide di Miller.



Master class

Esistono prove scientifiche sull'utilità d'osservazione di terzi esperti. Il cosiddetto *Learning from an Expert* rafforza le conoscenze e i ricordi, e genera sicurezza nel futuro processo decisionale.



Guide di consultazione veloce

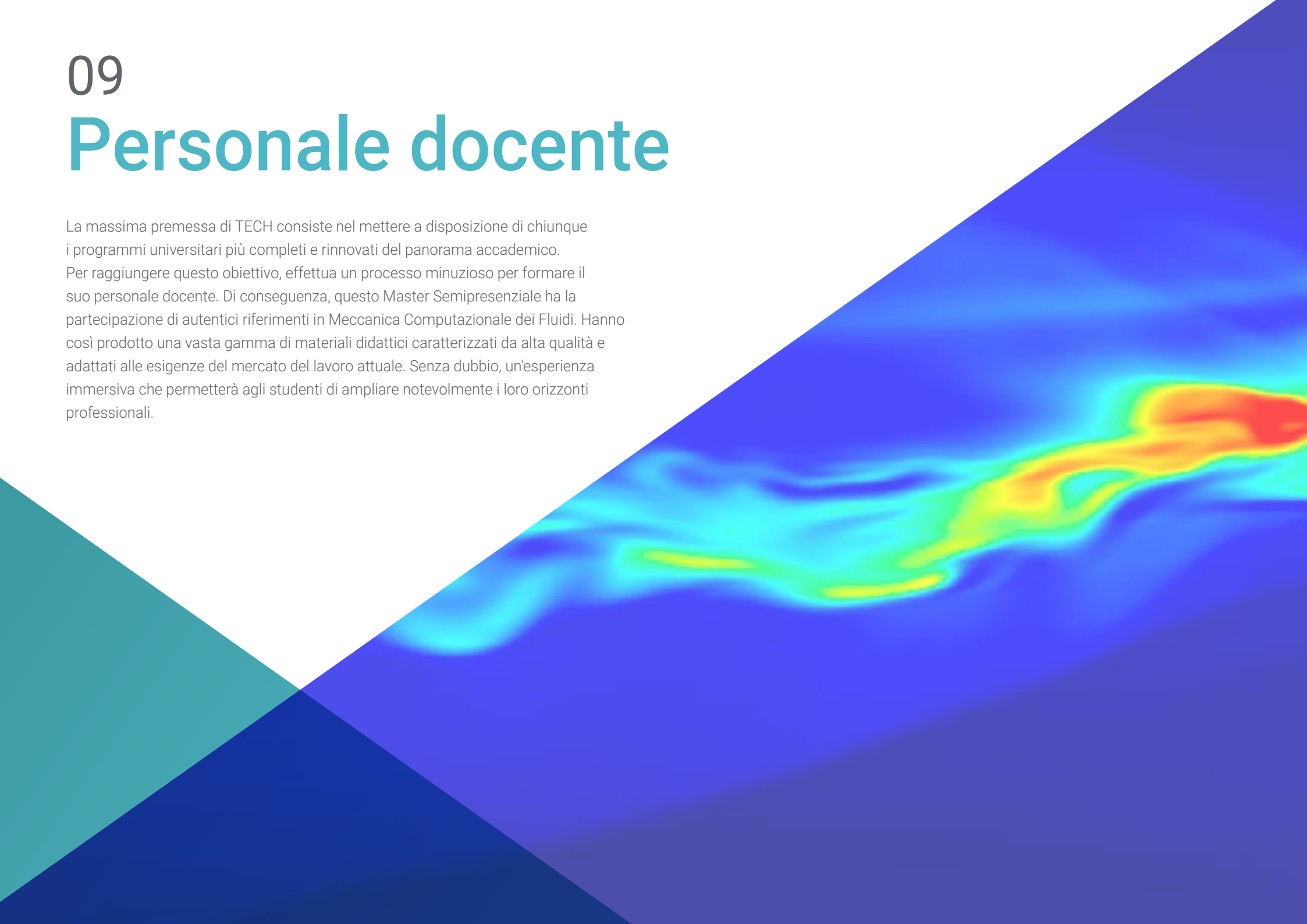
TECH offre i contenuti più rilevanti del corso sotto forma di schede o guide rapide per l'azione. Un modo sintetico, pratico ed efficace per aiutare a progredire nel tuo apprendimento.



09

Personale docente

La massima premessa di TECH consiste nel mettere a disposizione di chiunque i programmi universitari più completi e rinnovati del panorama accademico. Per raggiungere questo obiettivo, effettua un processo minuzioso per formare il suo personale docente. Di conseguenza, questo Master Semipresenziale ha la partecipazione di autentici riferimenti in Meccanica Computazionale dei Fluidi. Hanno così prodotto una vasta gamma di materiali didattici caratterizzati da alta qualità e adattati alle esigenze del mercato del lavoro attuale. Senza dubbio, un'esperienza immersiva che permetterà agli studenti di ampliare notevolmente i loro orizzonti professionali.



“

Accederai ad un piano di studi progettato da un rinomato personale docente specializzato in Meccanica Computazionale dei Fluidi, che ti garantirà un apprendimento di successo”

Direzione



Dott. García Fernández, José Pedro

- ♦ Ingegnere di Sviluppo in XFlow presso Dassault Systèmes
- ♦ Dottorato in Ingegneria Aeronautica presso l'Università Politecnica di Valencia
- ♦ Laurea in Ingegneria Aeronautica presso l'Università Politecnica di Valencia
- ♦ Master in 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 Computazionale dei Fluidi 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 dei Processi 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 Inter-universitario in Meccanica dei Fluidi
- ♦ Corso di Programmazione in Python

“

*Combinerai teoria e pratica
professionale grazie ad un
approccio educativo impegnativo
e gratificante”*

10 Titolo

Il Master Semipresenziale in Meccanica Computazionale dei Fluidi garantisce, oltre alla preparazione più rigorosa e aggiornata, il conseguimento di un qualifica di Master Semipresenziale rilasciata da TECH Global University.



“

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

Questo programma ti consentirà di ottenere il titolo di studio privato di **Master Semipresenziale in Meccanica Computazionale dei Fluidi** rilasciato da **TECH Global University**, la più grande università digitale del mondo.

TECH Global University, è un'Università Ufficiale Europea riconosciuta pubblicamente dal Governo di Andorra ([bollettino ufficiale](#)). Andorra fa parte dello Spazio Europeo dell'Istruzione Superiore (EHEA) dal 2003. L'EHEA è un'iniziativa promossa dall'Unione Europea che mira a organizzare il quadro formativo internazionale e ad armonizzare i sistemi di istruzione superiore dei Paesi membri di questo spazio. Il progetto promuove valori comuni, l'implementazione di strumenti congiunti e il rafforzamento dei meccanismi di garanzia della qualità per migliorare la collaborazione e la mobilità tra studenti, ricercatori e accademici.

Questo titolo privato di **TECH Global University**, è un programma europeo di formazione continua e aggiornamento professionale che garantisce l'acquisizione di competenze nella propria area di conoscenza, conferendo allo studente che supera il programma un elevato valore curriculare.

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

Modalità: **Semipresenziale (Online + Tirocinio)**

Durata: **12 mesi**

Crediti: **60 + 4 ECTS**



Dott. Cristian David Velasquez Granada, con documento d'identità 31914606J ha superato con successo e ottenuto il titolo di:

Master Semipresenziale in Meccanica Computazionale dei Fluidi

Si tratta di un titolo di studio privato corrispondente a 1920 horas di durata equivalente a 64 ECTS, con data di inizio dd/mm/aaaa e data di fine dd/mm/aaaa.

TECH Global University è un'università riconosciuta ufficialmente dal Governo di Andorra il 31 de gennaio 2024, appartenente allo Spazio Europeo dell'Istruzione Superiore (EHEA).

In Andorra la Vella, 28 febbraio 2024



Dott. Pedro Navarro Illana
Rector

Questo titolo deve essere sempre accompagnato da un titolo universitario rilasciato dall'autorità competente per l'esercizio della pratica professionale in ogni paese. código unico TECH-APWOR235 techinstitute.com/titulos

Master Semipresenziale in Meccanica Computazionale dei Fluidi

Tipo di insegnamento	ECTS
Obbligatorio (OB)	60
Opzionale (OP)	0
Tirocinio Esterno (TE)	4
Tesi di Master (TM)	0
Totale	64

Distribuzione generale del Programma			
Corso	Insegnamento	ECTS	Codice
1º	Meccanica dei Fluidi e Computazione ad Alte Prestazioni	6	OB
1º	Matematica Avanzata di CFD	6	OB
1º	CFD in ambienti di ricerca e modellazione	6	OB
1º	CFD in Ambienti di Applicazione: Metodi dei volumi finiti	6	OB
1º	Metodi avanzati di CFD	6	OB
1º	La modellazione della turbolenza nel fluido	6	OB
1º	Fluidi comprimibili	6	OB
1º	Flusso multifase	6	OB
1º	Modelli avanzati in CFD	6	OB
1º	Post-elaborazione, validazione e applicazione in CFD	6	OB



Dott. Pedro Navarro Illana
Rector





Master Semipresenziale in Meccanica Computazionale dei Fluidi

Modalità: Semipresenziale (Online + Tirocinio)

Durata: 12 mesi

Titolo: TECH Global University

Crediti: 60 + 4 ECTS

Master Semipresenziale in Meccanica Computazionale dei Fluidi