



# CUNIVERSITÀ CUSANO

<b>Insegnamento</b>	<b>Fondamenti di fluidodinamica</b>
<b>Livello e corso di studio</b>	Laurea Triennale in Ingegneria Industriale (L-9)
<b>Settore scientifico disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/06
<b>Anno di corso</b>	2
<b>Numero totale di crediti</b>	9
<b>Propedeuticità</b>	Analisi matematica, Geometria, Fisica I.
<b>Docente</b>	<b>Tiziano Pagliaroli</b> <i>Facoltà:</i> Ingegneria <i>Nickname:</i> tiziano.pagliaroli <i>Email:</i> tiziano.pagliaroli@unicusano.it (da utilizzare solo per comunicazioni interne e amministrative) <b>Orario di ricevimento:</b> Consultare calendario videoconferenze sul sito d'Ateneo: <a href="https://www.unicusano.it/calendario-lezioni-inpresenza/calendario-area-ingegneristica">https://www.unicusano.it/calendario-lezioni-inpresenza/calendario-area-ingegneristica</a>
<b>Presentazione del corso</b>	<p>Il corso di Fondamenti di Fluidodinamica si propone di fornire le conoscenze di base inerenti allo studio della meccanica dei fluidi. Il materiale è composto dalle video lezione, dispense del corso, slide, esercizi svolti, simulazioni dell'esame.</p> <p>Alla conclusione del corso, gli allievi avranno acquisiti gli strumenti di base della fluidodinamica, la capacità di comprendere i più noti modelli fisico-matematici della fluidodinamica. Saranno inoltre in grado di progettare alcuni strumenti classici della fluidodinamica come l'equazione di Bernoulli.</p>
<b>Obiettivi formativi</b>	<b>L'insegnamento di Fondamenti di Fluidodinamica si propone di:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Riprendere i concetti di Analisi, Geometria, Fisica e Termodinamica;</li><li>▪ Trattare alcuni argomenti di Analisi Matematica e Algebra Tensoriale;</li><li>▪ Illustrare le principali grandezze fisiche utilizzate per caratterizzare il moto dei fluidi;</li><li>▪ Derivare le equazioni di conservazione della massa, quantità di moto;</li><li>▪ Riformulare le equazioni di conservazione in prossimità di una parete;</li><li>▪ Trattare i fluidi comprimibili e non isoentropici;</li></ul>
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenza dell'Analisi Matematica dei principi della Dinamica e della Termodinamica. Al riguardo, si consiglia di rivedere tali nozioni, propedeutiche per l'apprendimento e l'approfondimento della teoria della Fluidodinamica; a tal fine, si possono utilizzare i testi già consultati per la preparazione agli esami di base dell'area matematica (Analisi 1 e 2) e fisica (Fisica 1) sostenuti in precedenza.
<b>Risultati di apprendimento attesi</b>	<p><u>Conoscenza e capacità di comprensione</u> Al termine dell'insegnamento, lo studente conoscerà e le grandezze fisiche e i numeri dimensionali impiegati per caratterizzare un campo fluidodinamico. Inoltre, lo studente conoscerà gli strumenti di Analisi Matematica necessari a trattare sia la materia che un'equazione di conservazione più in generale. Infine, lo studente conoscerà e saprà interpretare i singoli termini delle equazioni di conservazione della massa, della quantità di moto e dell'energia, dimostrando familiarità con strutture matematiche complesse.</p> <p><u>Conoscenze e capacità di comprensione applicate</u> Al termine dell'insegnamento, lo studente sarà in grado di scrivere le equazioni di conservazione nella loro forma completa per poi semplificarne alcuni termini sotto opportune ipotesi.</p>

	<p><u>Autonomia di giudizio</u> Al termine dell'insegnamento, lo studente avrà la capacità di scegliere il modello matematico-fisico più opportuno ad un campo fluidodinamico caratterizzato da proprietà specifiche. Lo studente, inoltre, avrà sviluppato la capacità critica di interpretare i risultati ottenuti durante lo svolgimento di un esercizio numerico in termini di coerenza fisica.</p> <p><u>Abilità comunicative</u> Al termine dell'insegnamento, lo studente avrà sviluppato un linguaggio scientifico corretto e comprensibile che gli consentirà di esprimere in modo chiaro e privo di ambiguità le conoscenze tecniche acquisite nell'ambito della meccanica dei fluidi.</p> <p><u>Capacità di apprendere</u> Al termine dell'insegnamento, lo studente avrà sviluppato la capacità di applicare le conoscenze acquisite alla risoluzione di problemi non familiari che abbiano come oggetto la modellistica del moto di un fluido.</p>
<p><b>Organizzazione dell'insegnamento</b></p>	<p>Il corso è sviluppato attraverso le <b>lezioni preregistrate audio-video</b> dalla durata di mezz'ora ciascuna (circa) che compongono, insieme a slide, dispense ed esercitazioni svolte, i materiali di studio disponibili in piattaforma. Sono poi proposti dei <b>test di autovalutazione</b>, di tipo asincrono, che corredano le lezioni preregistrate e consentono agli studenti di accertare sia la comprensione, sia il grado di conoscenza acquisita dei contenuti di ognuna delle lezioni. Sono altresì disponibili lezioni in web-conference programmate a calendario che si realizzano nei periodi didattici e testi di appelli d'esame precedenti, utili per prendere confidenza con la tipologia d'esame scritto. La <b>didattica interattiva</b> è svolta nel forum della "<u>classe virtuale</u>" e comprende <b>3 Ectivity</b> che applicano le conoscenze acquisite nelle lezioni di teoria per la preparazione di un elaborato finale di tipo compilativo.</p> <p>In particolare, il Corso di Fondamenti di Fluidodinamica prevede <b>9 crediti formativi (CFU)</b>. Il <u>carico totale di studio</u> per questo modulo di insegnamento è di circa <u>225 ore</u> così suddivise in:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>circa 125 ore</b> per la visualizzazione e lo studio del materiale videoregistrato</li> <li>▪ <b>circa 63 ore di didattica interattiva</b> per l'elaborazione delle 3 Ectivity</li> <li>▪ <b>circa 37 ore di didattica interattiva</b> per l'esecuzione dei test di autovalutazione</li> </ul> <p>Si consiglia di distribuire lo studio della materia uniformemente in un periodo di 10-12 settimane dedicando tra le 20 alle 30 ore di studio a settimana.</p>
<p><b>Contenuti del corso e scansione settimanale consigliata</b></p>	<p><b>Modulo 1 - Introduzione</b> (2 lezioni di teoria video registrate per un impegno di 7 ore – Settimana 1) La Fluidodinamica. Cenni di meccanica del continuo. Grandezze e parametri caratteristici della fluidodinamica. Equazione di stato dei gas perfetti. Richiami di termodinamica.</p> <p><b>Modulo 2 - Richiami di matematica</b> (2 lezioni di teoria video registrate per un impegno di 7 ore – Settimana 1) Campi scalari e vettoriali. Il delta di Kronecker e il simbolo di Levi-Civita o di Ricci. I tensori. Prodotto scalare e vettoriale. Prodotto diadico. Doppio Prodotto scalare. L'operatore Nabla. Alcuni teoremi utili. Linea di corrente e linea di fumo.</p> <p><b>Modulo 3 - Cinematica della particella fluida</b> (1 lezione di teoria video registrate per un impegno di 3.5 ore– Settimana 1) Descrizione Euleriana e Lagrangiana del moto. Il gradiente di velocità e la sua decomposizione. Equazioni di conservazione.</p> <p><b>Modulo 4 – Equazioni di conservazione</b> (6 lezioni di teoria video registrate per un impegno di 21 ore– Settimana 1-2) Teorema del trasporto di Reynolds. Equazione di conservazione della massa. Equazione di conservazione della quantità di moto (Navier-Stokes). Equazione di conservazione dell'energia. Adimensionalizzazione delle equazioni.</p> <p><b>Modulo 5 – Soluzioni esatte</b> (1 lezione di teoria video registrate per un impegno di 3.5 ore– Settimana 2)</p>

	<p>Soluzioni esatte ed equazione di Bernoulli. Moto di Hagen-Poiseuille e di Couette. Equazione di Bernoulli</p> <p><b>Modulo 6 – I vortici</b></p> <p><b>(2 lezioni di teoria video registrate per un impegno di 7 ore– Settimana 3)</b></p> <p>Introduzione. Circolazione e Vorticità. Teorema della circolazione di Kelvin. Teoremi sui vortici di Helmholtz. Primo teorema di Helmholtz. Secondo teorema di Helmholtz. Terzo teorema di Helmholtz. I teoremi di Helmholtz in sintesi. I vortici. Vortice rotazionale: rotazione rigida. Vortice irrotazionale. Il vortice di Rankine.</p> <p><b>Modulo 7 – Strato Limite</b></p> <p><b>(4 lezioni di teoria video registrate per un impegno di 14 ore– Settimana 4)</b></p> <p>Equazioni di conservazione all'interno dello strato limite. Equazioni di conservazione all'esterno dello strato limite. Soluzione delle equazioni dello strato limite. Strato limite di una lastra piana (Soluzione di Blasius) Separazione nello strato limite</p> <p><b>Modulo 8 – Flussi Comprimibili</b></p> <p><b>(5 lezioni di teoria video registrate per un impegno di 17.5 ore – Settimana 6)</b></p> <p>Generalità. Modelli unidimensionali stazionario. Modelli quasi-unidimensionali stazionario. Urto normale e relazioni di Rankine-Hugoniot. Flussi non isoentropici.</p>
<p><b>Materiali di studio</b></p>	<p><b>Materiali didattici a cura del docente.</b></p> <p>Il materiale didattico presente in piattaforma è suddiviso in 12 moduli. Essi ricoprono interamente il programma e ciascuno di essi contiene dispense, esercitazioni, slide, video lezioni in cui il docente commenta le slide. Tale materiale contiene tutti gli strumenti necessari per affrontare lo studio della materia.</p> <p><b>Testi consigliati:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>F. Sabetta</b>, “<i>Gasdinamica</i>”, Università La Sapienza, 2009.</li> <li>▪ <b>J. Anderson</b>, “<i>Fundamentals Aerodynamics</i>”, McGraw-Hill, 1988.</li> <li>▪ <b>P. Kundu</b>, “<i>Fluid Mechanics</i>”, Academic Press, 1990.</li> <li>▪ <b>H. Schlichting</b>, “<i>Boundary-Layer Theory</i>”, McGraw-Hill, 1979. F.</li> <li>▪ <b>F. Durst</b>, “<i>Fluid mechanics: an introduction to the theory of fluid flows</i>”, Springer, 2008</li> </ul>
<p><b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b></p>	<p>L'esame consiste di norma nello svolgimento di una prova scritta tendente ad accertare le capacità di analisi e rielaborazione dei concetti acquisiti e nello svolgimento di una serie di attività (e-tivity) caricate all'interno delle classi virtuali. La prova scritta sarà valutata in 26esimi, mentre le e-tivity potranno conseguire una valutazione massima di 5 punti. La valutazione complessiva, pertanto, è espressa in 31esimi. Una votazione pari a 31/31 corrisponde a 30 e lode. I risultati di apprendimento attesi circa le conoscenze della materia e la capacità di applicarle sono valutate dalla prova scritta, mentre le abilità comunicative, la capacità di trarre conclusioni e la capacità di autoapprendimento sono valutate in itinere attraverso le e-tivity. La prova scritta prevede:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2 esercizi numerici da <b>3 punti</b></li> <li>▪ 10 domande di teoria da <b>2 punti</b></li> </ul> <p>da svolgere in 90 minuti. Gli esercizi presenti nelle prove d'esame riguarderanno i moduli per cui sono presenti esercizi in piattaforma. Gli esercizi, pertanto, riguarderanno i seguenti moduli. Gli argomenti delle domande di teoria, invece, possono riguardare tutti i moduli del corso. Per lo svolgimento degli esami <b>non è consentito</b> l'utilizzo delle dispense del corso caricate in piattaforma. Le e-tivity, invece, vanno svolte individualmente da ciascuno studente e consegnate al docente tramite messaggio in piattaforma almeno una settimana prima della prova d'esame cui lo studente si è prenotato. Il materiale da consegnare per ciascuna e-tivity è costituito da 5 file: due file con estensione “.xls”, contenente il foglio di calcolo, e tre file con estensione “.pdf” contenente un report dettagliato dei risultati e del rapporto tecnico.</p>
<p><b>Criteri per l'assegnazione</b></p>	<p>L'assegnazione dell'elaborato finale avverrà sulla base di un colloquio con il docente in cui lo studente manifesterà i propri specifici interessi in relazione a qualche argomento che intende approfondire; non esistono</p>

**dell'elaborato finale**

preclusioni alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una media particolare per poterla richiedere. In piattaforma è caricata una FAQ sulla tesi di Laurea Magistrale in Antenne che contiene tutti i dettagli.

Si comunica che a partire dall'appello di gennaio 2020 (sia per la sede di Roma, sia per le sedi esterne) l'esame di Fondamenti di Fluidodinamica sarà composto da 1 esercizio e da 14 domande teoriche. Gli esercizi avranno un punteggio 2/30, le domande teoriche varranno 2/30 ciascuna, mentre le attività, eventualmente svolte in itinere, concorreranno fino a 1/30 al voto complessivo d'esame.

Il primo esercizio e le prime domande teoriche verteranno su argomenti dei primi moduli (4 CFU), la seconda parte teorica su argomenti restanti (5 CFU).

Sarà possibile sostenere l'esame con le seguenti modalità:

Esame integrale (4+5) CFU: in questo caso si svolgerà l'esame interamente.

Prova parziale: in questo caso sarà possibile svolgere solamente la prima parte dell'esame e successivamente la seconda.

Lo studente dovrà indicare, secondo le modalità previste nel testo dell'esame, se preferisce svolgere l'intero esame, una prova parziale sulla prima parte o una prova parziale sulla seconda parte. Nel caso si scegliesse la prova parziale, quindi nel caso in cui si scegliesse di svolgere solamente una parte dell'esame la restante parte non verrà corretta. Una scelta multipla o nessuna scelta comporterà automaticamente la correzione dell'intero esame.

Se si scegliesse di svolgere l'esame tramite prove parziali, al superamento di entrambi, verrà verbalizzato un voto d'esame, che terrà conto delle attività svolte in itinere (attività) e della valutazione ottenuta nelle due prove parziali. In caso di rifiuto di tale voto, i giudizi positivi precedentemente ottenuti verranno azzerati.

Il giudizio riportato nella prima prova parziale rimarrà valido per i successivi 4 mesi. In caso di mancato superamento e/o sostenimento della seconda prova, il giudizio riportato nella I prova verrà annullato.