

Docente responsabile dell'insegnamento/attività formativa

Nome

Mauro

Cognome

Chinappi

Denominazione insegnamento/attività formativa

Italiano

Gasdinamica

English

Gasdynamics

Aree culturali

[Aerospace](#)

Informazioni insegnamento/attività formativa

A.A.

2024-2025

LM X

Codice

Canale

CFU

6

Lingua

Italiano

Obiettivi formativi e risultati di apprendimento attesi

OBIETTIVI FORMATIVI:

Il corso tratta i fondamenti della dinamica dei gas. In particolare, vengono derivate le equazioni della gasdinamica, viene discussa la propagazione di onde pressione in un gas e la formazione di onde d'urto. Vengono inoltre descritte le principali metodologie per la trattazione dei fenomeni gasdinamici in ambito ingegneristico [con particolare riferimento alla propulsione aerospaziale](#).

CONOSCENZA E COMPrensIONE:

Al termine dell'insegnamento, lo/la studente sarà in grado di comprendere i principali fenomeni relativi alla dinamica dei flussi comprimibili. Lo/la studente imparerà le principali differenze tra flussi subsonici e supersonici e conoscerà le principali fenomenologie associate alla propagazione delle onde.

CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE:

Lo/la studente sarà in grado di riconoscere gli ambiti di applicabilità delle varie modellistiche proposte per la descrizione della dinamica dei gas e la loro utilità in casi pratici. Sarà inoltre in grado di applicare la conoscenza e la comprensione sviluppate nel corso per l'analisi quantitativa di alcuni problemi pratici [come, ad esempio, il calcolo della spinta in propulsori aerospaziali](#).

AUTONOMIA DI GIUDIZIO:

Dato un problema di gasdinamica, lo/la studente sarà in grado di motivare la scelta dei modelli utilizzati in funzione delle caratteristiche del flusso (numero di Mach, numero di Knudsen), della composizione del fluido e delle condizioni termodinamiche. Sarà anche in grado di valutare l'appropriatezza e le limitazioni degli approcci presentati nel corso. Inoltre, lo/la studente avrà gli strumenti per analizzare criticamente approcci analitici e numerici per la soluzione di problemi gasdinamici non direttamente discussi al corso.

ABILITÀ COMUNICATIVE:

Lo/la studente sarà in grado di comunicare in modo chiaro e privo di ambiguità i contenuti del corso a interlocutori specialisti. Sarà inoltre in grado di scrivere un breve documento tecnico su un problema di gasdinamica e di tenere un breve seminario (supportato da una presentazione grafica) su un argomento specifico da lui selezionato su una lista preparata dal docente.

CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO:

Le conoscenze tecniche e la modalità di esame (in particolare la redazione di un documento tecnico e seminario orale su un tema a scelta dello studente) contribuiranno a sviluppare quelle capacità di apprendimento che consentono di approfondire ed allargare le proprie conoscenze in modo autonomo. Inoltre, lo/la studente sarà in grado di saper leggere e comprendere libri di testo relativi ad argomenti di gasdinamica avanzata e pubblicazioni scientifiche.

English

LEARNING OUTCOMES:

The course provides the basic notion concerning gasdynamics. In particular, the equations of gasdynamics are derived and discussed, as well as the propagation of pressure waves in a gas and the formation of shock waves. The main methodologies for dealing with gasdynamic phenomena in the engineering field are also described, [focusing, in particular, on aerospace propulsion](#).

KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:

At the end of the course, the student will be able to understand the main phenomena related to the dynamics of compressible flows. The student will discern the main differences between subsonic and supersonic flows and she/he will learn the main phenomenologies associated with wave propagation.

APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:

The student will be able to recognize the range of validity of the various models proposed for the description of gasdynamics and to discuss their employment in practical cases. She/he will also be able to apply the fundamental knowledge acquired during the course for the quantitative analysis of some practical problems [as, for instance, the estimation of the thrust for aerospace nozzles](#).

MAKING JUDGEMENTS:

Given a gasdynamic problem, the student will be able to motivate the choice of the models used according to the features of the flow (e.g. Mach number, Knudsen number), the composition of the fluid and the thermodynamic conditions. She/he will also be able to assess the appropriateness and the limitations of the approaches presented in the course. Furthermore, the student will be able to

manage the theoretical tools to critically evaluate analytical and numerical approaches for solving gasdynamic problems not directly discussed in the course.

COMMUNICATION SKILLS:

The student will be able to communicate the contents of the course to specialists in a clear and unambiguous way. She/he will also be able to write a brief technical document on a gasdynamic problem and give a short seminar (supported by a graphic presentation) on a specific topic she/he has selected on a list prepared by the teacher.

LEARNING SKILLS:

The technical knowledge and the examination method (in particular the preparation of a technical report and the oral seminar on a technical topic chosen by the student) will contribute to the developing of the learning skills that will allow the student to independently deepen and broaden her/his knowledge. The student will be able to read and understand textbooks on advanced gasdynamic topics and scientific publications.

Prerequisiti

Italiano

Lo/la studente dovrebbe preferibilmente aver già frequentato il corso di Fluidodinamica. E' necessario che lo/la studente abbia una buona dimestichezza con gli strumenti dell'analisi differenziale e integrale e con gli aspetti di base della meccanica e della termodinamica.

English

The student should preferably have already attended the Fluid Dynamics course. It is necessary that the student is familiar with the differential and integral analysis, with the basic aspects of mechanics and thermodynamics.

Programma

Italiano

Equazioni della gasdinamica.

Richiami di termodinamica. Comprimibilità e velocità del suono. Gas reali e loro modellistica.

Equazioni di Navier-Stokes. Equazione di Eulero. Rappresentazione vettoriale e indiciale. Numero di Mach. Propagazione delle onde nei fluidi. Equazioni dell'acustica per gas perfetti e piccole perturbazioni. Propagazione del suono in aria. Rappresentazione in spazio di Fourier.

Onde d'urto

Fenomenologia. Definizione di urto. Relazioni di salto per urto normale e urto obliquo. Cenni ad urti nei gas reali e nei liquidi e connessione col fenomeno della cavitazione.

Flussi quasi 1D.

Equazioni per flussi comprimibili 1D. Condotti convergenti e divergenti. Ruolo della sezione di Gola. Urti nei condotti. Ugello convergente-divergente e sue applicazioni.

Gas rarefatti

Teoria cinetica dei Gas. Distribuzione di Maxwell-Boltzmann. Numero di Knudsen e scorrimento a parete. Gasdinamica in microdispositivi meccanici.

Approcci sperimentali e numerici.

Metodo delle caratteristiche e cenni alla sua implementazione numerica. Metodi per soluzione numerica di flussi comprimibili. Visualizzazione sperimentale degli urti.

English

Gas dynamics equations.

Brief review of thermodynamics. Compressibility and speed of sound. Real gases and their modeling. Navier-Stokes equation. Euler equation. Vector and index notation. Mach number. Wave propagation in fluids. Acoustic equations for perfect gases and small perturbations. Sound propagation in the air. Representation in Fourier space.

Shock waves

Phenomenology. Definition of shock wave. Jump relations due to normal shock and oblique shock. Overview on shock in real gases and liquids and connection with cavitation.

Quasi-1D flows.

Equations for compressible quasi-1D flows. Converging and divergent ducts. Role of the throat section. Convergent-divergent nozzle and its applications.

Rarefied gases

Kinetic theory of gases. Maxwell-Boltzmann distribution. Knudsen's number and wall slippage. Gasdynamics in mechanical microdevices.

Experimental and numerical approaches.

Method of characteristics and overview on its numerical implementation. Methods for numerical solution of compressible flows. Experimental visualization of shock waves.

Modalità di valutazione

Prova orale X

Valutazione di progetto X

Descrizione delle modalità e dei criteri di verifica dell'apprendimento

Italiano

La valutazione dello/la studente prevede una prova orale (24/30) e la discussione di un approfondimento preparato su un tema scelto dallo/la studente da una lista preparata dal docente (6/30).

La prova orale si divide in due fasi.

La prima fase prevede l'accertamento della conoscenza dei concetti fondamentali esposti a lezione e della loro formulazione fisico/matematica. Lo/la studente dovrà dimostrare di conoscere gli argomenti principali trattati nel corso e di saper correttamente formulare i principali modelli matematici per lo studio della dinamica dei gas. A questa parte dell'orale vengono assegnati 10 punti. Dal momento che questa prova verte su temi fondamentali, lo/la studente che non ottenga almeno 6 punti, non accede al resto dell'esame.

La seconda parte dell'orale mirerà a verificare la capacità dello/la studente di integrare i vari argomenti trattati in varie parti del programma e, ove possibile, di effettuare stime quantitative su casi specifici. Lo/la studente dovrà dimostrare di aver compreso le connessioni tra i vari aspetti trattati a lezione e di saper motivare la scelta dei modelli utilizzati (e commentarne criticamente i limiti) in funzione delle caratteristiche del problema in esame. A questa parte di esame vengono assegnati 14 punti.

La terza parte dell'esame prevede la scelta da parte dello/la studente di una tematica di approfondimento autonomo. Durante il corso, il docente fornirà una lista di temi di approfondimento. Lo/la studente selezionerà un singolo tema e preparerà: una breve relazione tecnica e un breve seminario (10-20 minuti). La discussione della relazione e il seminario permetteranno di valutare la capacità di apprendimento autonomo e le capacità comunicative sviluppate. La valutazione di questa parte di esame è di 6 punti.

Il voto finale si otterrà attraverso il seguente sistema di graduazione:

Non idoneo: importanti carenze e/o inaccurately nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni e limitate capacità critiche e di giudizio, gli argomenti sono esposti in modo non coerente e con linguaggio inappropriato,

18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili generalizzazioni e imperfezioni; capacità di analisi sintesi e autonomia di giudizio sufficienti, gli argomenti sono esposti in modo frequentemente poco coerente e con un linguaggio poco appropriato/tecnico,

21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica sufficientemente coerente e linguaggio appropriato/tecnico

24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso ma con un linguaggio non sempre appropriato/tecnico.

27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi e sintesi. Buona autonomia di giudizio. Argomenti esposti in modo rigoroso e con linguaggio appropriato/tecnico

30-30L: Ottimo livello di conoscenza e comprensione approfondita degli argomenti. Ottime capacità di analisi, di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale e con linguaggio tecnico appropriato.

English

The student's evaluation includes an oral exam (24/30) and the discussion of an report on a topic chosen by the student from a list prepared by the teacher (6/30).

The oral exam is divided into two phases.

The first phase is aimed at the evaluation of the knowledge of the fundamental concepts presented in the lessons and their physical/mathematical formulation. The student have to demonstrate to know the main topics covered in the course and to be able to correctly formulate the main mathematical models for the study of gas dynamics. 10 points are awarded for this part of the oral. Since this test focuses on fundamental topics, the student have to obtain at least 6 points in order to continue the exam.

The second part of the oral exam aim at verifying the student's ability to integrate the various topics covered in different parts of the program and, where possible, to make quantitative estimates on specific cases. The student have to demonstrate that she/he has understood the connections between the various aspects covered in the class and that she/he is able to motivate the choice of the models used (and critically comment on their limits). 14 points are awarded for this part of the exam.

The third part of the exam deal with a topic of independent study. During the course, the teacher will provide a list of topics. The student will select a single theme and prepare: a brief technical report and a short seminar (10-20 minutes). The discussion of the report and the seminar will allow us to evaluate the capability for autonomous learning and the developed communication skills. The evaluation of this part of the exam is 6 points.

The final grade of the exam is expressed out of thirty and will be obtained through the following graduation system:

Not pass: important deficiencies and / or inaccuracies in the knowledge and understanding of the topics; limited capacity for analysis and synthesis, frequent generalizations and limited critical and judgment skills, the arguments are presented in an inconsistent way and with inappropriate language,

18-20: just sufficient knowledge and understanding of the topics with possible generalizations and imperfections; sufficient capacity for analysis, synthesis and autonomy of judgment, the topics are frequently exposed in an inconsistent way and with inappropriate / technical language,

21-23: Routine knowledge and understanding of topics; ability to analyze and synthesize with sufficiently coherent logical argument and appropriate / technical language

24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analysis and synthesis skills with rigorously expressed arguments but with a language that is not always appropriate / technical.

27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable abilities of analysis and synthesis. Good autonomy of judgment. Topics exposed rigorously and with appropriate / technical language

30-30L: Excellent level of knowledge and in-depth understanding of the topics. Excellent skills of analysis, synthesis and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way and with appropriate technical language.

Testi adottati

Italiano

Liepmann, H. W., & Roshko, A. (2001). Elements of gasdynamics. Courier Corporation.
Gasdinamica. Filippo Sabetta (2009)

English

Liepmann, H. W., & Roshko, A. (2001). Elements of gasdynamics. Courier Corporation.
Gasdinamica. Filippo Sabetta (2009)

Modalità di svolgimento

Modalità in presenza X

Descrizione della modalità di svolgimento e metodi didattici adottati **Italiano**

Il corso segue un modello didattico tradizionale basato su lezioni frontali ed esercitazioni. Le lezioni introduttive verranno principalmente svolte alla lavagna, derivando le equazioni in modo tradizionale. Il resto del corso utilizzerà anche presentazioni e video. Il materiale verrà pubblicato on-line tipicamente prima delle lezioni. Nella parte finale del corso, verranno tenuti seminari specialistici su temi specifici (esempio: gas rarefatti, tecniche numeriche). Per supportare gli studenti nella stesura della relazione e nella preparazione della presentazione per l'esame, verranno anche erogate lezioni e seminari su tecniche di comunicazione scientifica e scrittura di articoli.

English

The course follows a traditional teaching model based on lectures and exercises. The introductory lessons will mainly be carried out on the blackboard, deriving the equations in a traditional and rigorous way. The rest of the course will also use presentations and videos. The material will be published on-line typically before classes. In the final part of the course, specialized seminars will be held on selected topics (e.g. rarefied gas, numerical techniques). To support students in the preparation of the report and in the preparation of the presentation for the exam, lectures and seminars on scientific communication techniques and article writing will also be provided.

Modalità di frequenza

Frequenza facoltativa X

Frequenza obbligatoria

Descrizione della modalità di frequenza

Italiano

La frequenza non è obbligatoria ma fortemente suggerita. In ogni caso, il materiale è a disposizione di studenti non frequentanti.

English

Attendance is not mandatory but strongly suggested. In any case, the material is available to non-attending students.