



Corso di studi: Ingegneria Aerospaziale (Laurea magistrale)

Denominazione: Ingegneria Aerospaziale

Dipartimento : INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE

Classe di appartenenza: LM-20 INGEGNERIA AEROSPAZIALE E ASTRONAUTICA

Obiettivi formativi: Basandosi sull'esperienza formativa pluridecennale del Corso di Laurea precedente di uguale denominazione, il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale si propone di formare un laureato specialistico nel settore aerospaziale in grado di operare con efficacia nella progettazione e nella gestione dei complessi sistemi aeronautici e spaziali.

Questo obiettivo viene perseguito fornendo un'approfondita preparazione teorico-scientifica nelle discipline aerospaziali ed una capacità progettuale e gestionale di sistema. Più specificatamente, partendo dalla base di conoscenza acquisita con la Laurea in Ingegneria Aerospaziale, vengono, innanzi tutto, trattati in modo approfondito gli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria aerospaziale nei campi delle strutture, dell'aerodinamica, della propulsione e dei comandi e controlli di volo per poi sviluppare le metodologie di progetto e di gestione di sistema attraverso due curricula specifici, uno aeronautico ed uno spaziale. Il curriculum aeronautico è ulteriormente arricchito da più orientamenti di approfondimento nei tre campi:

- Strutture
- Aerodinamica
- Meccanica del volo.

Il Corso di Laurea Magistrale è poi completato da un'importante attività individuale in cui le conoscenze e le metodologie acquisite sono ulteriormente sviluppate e finalizzate alla risoluzione di problemi progettuali o di ricerca applicata nelle due aree aeronautica e spaziale.

In virtù dell'accordo esistente con l'Institut Supérieure de l'Aéronautique et l'Espace (ISAE) di Tolosa, il Corso di Laurea Magistrale comprende un percorso finalizzato al conseguimento di un doppio titolo. Gli studenti che completano il percorso multinazionale ricevono i diplomi di entrambe le istituzioni, ovvero la Laurea Magistrale dall'Università di Pisa e il corrispondente titolo francese da ISAE. I corsi sono tenuti in lingua inglese e vedono la partecipazione di docenti di entrambe le istituzioni.

L'insieme delle conoscenze e delle competenze caratterizzanti il laureato magistrale in ingegneria aerospaziale sono riassumibili in:

- conoscenza approfondita dagli aspetti teorico-scientifici della matematica e delle altre scienze di base e capacità di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;

- conoscenza approfondita dagli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli dell'ingegneria aerospaziale ed astronautica, e

- capacità di identificare, formulare e risolvere anche in modo innovativo, problemi complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;

- capacità di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e/o innovativi;

- capacità di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità;

- capacità di comunicare efficacemente in lingua inglese

Numero stimato immatricolati: 110

Requisiti di ammissione e modalità di verifica: Per essere ammessi al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale Classe LM-20 occorre essere in possesso della laurea o del diploma universitario di durata triennale, ovvero di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo. Il candidato deve presentare domanda con allegati almeno il certificato di laurea, o equivalente, e i programmi degli esami sostenuti. In base ai criteri di seguito illustrati vengono stabiliti i requisiti curriculari e l'adeguatezza della personale preparazione per l'accesso al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale, Classe LM-20 ai sensi dell'art. 6, comma 2, del D.M. 270/2004. L'ammissione al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale Classe LM-20 viene decisa sulla base dell'esistenza di entrambi i requisiti (curriculari e di preparazione). Il Consiglio di Corso di Studio (CDS) nomina una Commissione Istruttoria di Valutazione (CIV), composta da due o più docenti con il compito di: • esaminare le domande di ammissione, • valutare i curricula di candidati, • verificare il possesso dei requisiti curriculari e personali, • proporre al CDS l'ammissione o la non ammissione del candidato, • indicare le eventuali modalità per l'ottenimento dei requisiti mancanti.

REQUISITI CURRICULARI Il candidato che ha acquisito CFU nei seguenti settori scientifico disciplinari (SSD) sotto riportati soddisfa i requisiti curriculari. SSD Gruppo 1 [MAT/02], [MAT/03], [MAT/05], [MAT/06], [MAT/07], [MAT/08], [MAT/09], [SECS-S/02] almeno 36,

SSD Gruppo 2 [FIS/01], [ING-INF/01], [CHIM/07], [ING-IND/21], [ING-IND/22] almeno 30,

SSD Gruppo 3 [ING-IND/15] almeno 6,

SSD Gruppo 4 [ING-IND/04], [ING-IND/05], [ING-IND/06], [ING-IND/07] almeno 36,

SSD Gruppo 5 [ICAR/08] almeno 12,

per un totale di almeno 120 CFU.

In caso di candidato con titolo acquisito all'estero, la CIV valuterà i requisiti curriculari sulla base della durata temporale dei singoli insegnamenti e dei programmi dei relativi esami sostenuti. È inoltre richiesta una adeguata conoscenza della lingua inglese equiparabile almeno di livello B2 del Quadro Comune Europeo di riferimento per le lingue. Il possesso di tale requisito potrà essere certificato dagli studenti in fase di iscrizione o, in assenza di una certificazione, sarà verificato tramite colloquio o esame del curriculum durante la verifica della personale preparazione dello studente

REQUISITI DI PREPARAZIONE PERSONALE In accordo con il Regolamento Didattico di Ateneo, la CIV: • può proporre al CDS di accettare ovvero di respingere la domanda di iscrizione del Candidato sulla base della valutazione della documentazione presentata con la domanda di ammissione, • può proporre al CDS di rimandare il candidato al colloquio di ammissione indicando il programma su cui verterà il colloquio, secondo la procedura descritta di seguito. Colloquio di Ammissione Il colloquio di ammissione ha lo scopo di accertare che il candidato possiede la preparazione necessaria per affrontare proficuamente gli studi magistrali. I colloqui di ammissione si svolgono in almeno due sessioni nel corso dell'anno accademico. Al candidato è assegnata, con provvedimento del Presidente del CDS, una specifica commissione esaminatrice composta da due o più docenti. Il programma del colloquio, individuato dalla CIV, sarà preventivamente comunicato al candidato dal Presidente del CDS. Al termine del colloquio la commissione esaminatrice formula un giudizio definitivo di idoneità oppure di non idoneità all'ammissione, eventualmente evidenziando requisiti mancanti

Specifiche CFU: Il Corso di Studio, conformemente al Regolamento Didattico dell'Ateneo e fatti salvi i casi in cui ciò risultasse incompatibile con normative europee, adotta, nel definire il calendario delle lezioni, delle esercitazioni e dei laboratori, i seguenti criteri:

1. per le attività formative aventi la tipologia di lezione: il lavoro complessivo dello studente deve essere svolto mediamente per 1/3 seguendo le attività in aula e per 2/3 dedicandosi allo studio individuale degli argomenti trattati.



Regolamento Ingegneria Aerospaziale

2. per le attività formative aventi la tipologia di esercitazione o di laboratorio progettuale: il lavoro complessivo dello studente deve essere svolto mediamente per 1/2 seguendo le attività in aula e per 1/2 dedicandosi allo studio individuale degli argomenti trattati.

3. per le attività formative aventi la tipologia di laboratorio sperimentale: il lavoro complessivo dello studente deve essere svolto interamente in laboratorio.

Per ciascun corso, la suddivisione in ore di lezione ed esercitazione, nonché le attività di laboratorio e le loro tipologie, sono approvate dal Consiglio di Corso di Studio, con il vincolo che ore di esercitazione non possono superare il 50% delle ore complessive di insegnamento (lezioni più esercitazioni).

Tutte le attività formative, conformemente al Regolamento Didattico di Ateneo, sono basate su moduli da 3, 6, 9 e 12 CFU. A ciascun corso, ad esclusione dei corsi di lingua e delle attività diverse (stage, tirocini, prove finali), è attribuito un minimo di 6 CFU. I corsi integrati sono composti da non più di due moduli didattici, relativi a discipline effettivamente omogenee o affini.

Modalità determinazione voto di Laurea: Come previsto dal Regolamento Didattico di Ateneo, la commissione di laurea stabilisce il voto di laurea tenendo conto del voto della prova finale, del curriculum e della media esami dello studente.

Attività di ricerca rilevante: I docenti afferenti al Corso di Studio svolgono attività di ricerca sia nell'ambito delle materie di base, quali l'Analisi Matematica, la Fisica e la Chimica, sia nell'ambito delle materie caratterizzanti l'ingegneria aerospaziale. Relativamente a tali settori le principali tematiche di ricerca riguardano: Strutture e Materiali, Sistemi, Meccanica del Volo, Fluidodinamica, Propulsione e Spazio. Diverse ricerche sono svolte in collaborazione con Enti operanti nel settore del trasporto aereo, Enti di ricerca e industrie sia nazionali che estere. Informazioni dettagliate su tali attività di ricerca vengono fornite nel sito Web dell'ex Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale, al quale afferiscono molti docenti del corso di Laurea.

Rapporto con il mondo del lavoro: I principali sbocchi professionali, per il laureato, sono nelle industrie di produzione aeronautica, nelle Industrie e negli Enti per l'esercizio del trasporto aereo, negli Enti di ricerca nazionali ed internazionali del settore, nella scuola superiore (in particolare Istituti Tecnici e Professionali), nell'Università. Inoltre, per la ampia preparazione a carattere generale, i laureati trovano ulteriori sbocchi professionali nelle Industrie di produzione o di esercizio del settore della meccanica in generale.



Curriculum: Aeronautical Engineering

Primo anno (60 CFU)

AERODINAMICA DEGLI AEROMOBILI (12 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
AERODINAMICA DEGLI AEROMOBILI	12	ING-IND/06	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

AEROSPACE DYNAMIC SYSTEMS ANALYSIS (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Aerospace System Analysis	6	ING-IND/05	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

AEROSPACE STRUCTURES (12 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Aerospace Structures I	6	ING-IND/04	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica
Aerospace Structures II	6	ING-IND/04	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

MECCANICA DEL VOLO (12 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
MECCANICA DEL VOLO	12	ING-IND/03	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

COSTRUZIONE DI MACCHINE (12 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Costruzione di Macchine	12	ING-IND/14	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

DINAMICA E CONTROLLO DI VEICOLI AEROSPAZIALI (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Dinamica e controllo di veicoli aerospaziali	6	ING-IND/03	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative



Curriculum: Aeronautical Engineering

Secondo anno (60 CFU)

COSTRUZIONI AERONAUTICHE (12 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
COSTRUZIONI AERONAUTICHE II	6	ING-IND/04	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica
COSTRUZIONI AERONAUTICHE I	6	ING-IND/04	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

Gruppo: Attività di orientamento (curriculum aeronautico) (12 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Attività obbligatorie per l'orientamento scelto dallo studente.	Affini o integrative	
Note: Orientamento strutture: attività del gruppo" Orientamento: Strutture" Orientamento Aerodinamica: attività del gruppo" Orientamento Aerodinamica" Orientamento Meccanica del Volo: attività del gruppo" Orientamento Meccanica del Volo"		

Gruppo: Gruppo per libera scelta (curriculum aeronautico) (12 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Vengono indicate le scelte consigliate ed approvate automaticamente. Altre scelte devono essere approvate dal Consiglio di Corso di Studio. CURRICULUM AERONAUTICO Orientamento "Strutture": insegnamenti del gruppo GR1 Orientamento "Aerodinamica": insegnamenti del gruppo GR2 Orientamento "Meccanica del volo": insegnamenti del gruppo GR3.		

PROVA FINALE (24 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
PROVA FINALE	24	PROFIN_S	Altre attività - prova finale	Per la prova finale



Curriculum: Space Engineering

Primo anno (60 CFU)

AEROSPACE DYNAMIC SYSTEMS ANALYSIS (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Aerospace System Analysis	6	ING-IND/05	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

AEROSPACE STRUCTURES (12 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Aerospace Structures I	6	ING-IND/04	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica
Aerospace Structures II	6	ING-IND/04	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

FLUID DYNAMICS OF PROPULSION SYSTEMS I (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
FLUID DYNAMICS OF PROPULSION SYSTEMS I	6	ING-IND/07	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

FUNDAMENTALS OF SPACECRAFT TECHNOLOGY (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Fundamentals of Spacecraft Technology	6	ING-IND/05	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

SPACEFLIGHT MECHANICS (12 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Spaceflight Mechanics	12	ING-IND/03	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

DINAMICA E CONTROLLO DI VEICOLI AEROSPAZIALI (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Dinamica e controllo di veicoli aerospaziali	6	ING-IND/03	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

Gruppo: Gruppo per scelta libera (curriculum spaziale) (12 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Scelte consigliate per il curriculum spaziale. Altre scelte devono essere approvate dal Consiglio di Corso di Studio.		



Curriculum: Space Engineering

Secondo anno (60 CFU)

SPACE SYSTEMS (12 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
SPACE SYSTEMS	12	ING-IND/05	Caratterizzanti	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

ROCKET PROPULSION (12 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Rocket Propulsion	12	ING-IND/07	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

SPACECRAFT STRUCTURES AND MECHANISMS (12 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Spacecraft Structures and Mechanisms	12	ING-IND/04	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

PROVA FINALE (24 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
PROVA FINALE	24	PROFIN_S	Altre attività - prova finale	Per la prova finale



Gruppi per attività a scelta nel CDS Ingegneria Aerospaziale

Gruppo GR2 (12 CFU)

Descrizione: Attività a scelta per l'Orientamento Aerodinamica. Altre scelte devono essere approvate dal Consiglio di Corso di Studio.

Tipologia : Affini o integrative

Attività contenute nel gruppo

AERODINAMICA APPLICATA (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
AERODINAMICA APPLICATA	6	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

AERODINAMICA SPERIMENTALE (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
AERODINAMICA SPERIMENTALE	6	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

FLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
FLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE	6	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

Gruppo GR3 (12 CFU)

Descrizione: Attività a scelta per l'Orientamento Meccanica del Volo. Altre scelte devono essere approvate dal Consiglio di Corso di Studio.

Tipologia : Affini o integrative

Attività contenute nel gruppo

DINAMICA DEL VOLO DEGLI ELICOTTERI (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
DINAMICA DEL VOLO DEGLI ELICOTTERI	6	ING-IND/03 MECCANICA DEL VOLO	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

IMPIANTI AERONAUTICI II (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
IMPIANTI AERONAUTICI II	6	ING-IND/05 IMPIANTI E SISTEMI AEROSPAZIALI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

Gruppo GR1 (12 CFU)

Descrizione: Attività a scelta per l'Orientamento Strutture. Altre scelte devono essere approvate dal Consiglio di Corso di Studio.

Tipologia : Affini o integrative

Attività contenute nel gruppo

COMPLEMENTI DI STRUTTURE AERONAUTICHE (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
COMPLEMENTI DI STRUTTURE AERONAUTICHE	6	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente


Regolamento Ingegneria Aerospaziale
ELEMENTI DI STRUTTURE E MATERIALI AEROSPAZIALI (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Elementi di strutture e materiali aerospaziali	6	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

Gruppo Attività di orientamento (curriculum aeronautico) (12 CFU)

Descrizione: Attività obbligatorie per l'orientamento scelto dallo studente.

Tipologia : Affini o integrative

Note:

Orientamento strutture: attività del gruppo "Orientamento: Strutture"

Orientamento Aerodinamica: attività del gruppo "Orientamento Aerodinamica"

Orientamento Meccanica del Volo: attività del gruppo "Orientamento Meccanica del Volo"

Gruppo Orientamento: Meccanica del Volo (12 CFU)

Descrizione: Obbligatorio (curriculum Aeronautico - Orientamento: Meccanica del Volo)

Tipologia : Affini o integrative

Note:

Attività contenute nel gruppo

DINAMICA DEL VOLO (12 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
DINAMICA DEL VOLO	12	ING-IND/03 MECCANICA DEL VOLO	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

Gruppo Orientamento: Aerodinamica (12 CFU)

Descrizione: Obbligatorio (curriculum Aeronautico - Orientamento: Aerodinamica)

Tipologia : Affini o integrative

Attività contenute nel gruppo

COMPLEMENTI DI FLUIDODINAMICA E TURBOLENZA (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
COMPLEMENTI DI FLUIDODINAMICA E TURBOLENZA	6	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

GASDINAMICA (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
GASDINAMICA	6	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

Gruppo Orientamento: Strutture (12 CFU)

Descrizione: Obbligatorio (curriculum Aeronautico - Orientamento: Strutture)

Tipologia : Affini o integrative

Attività contenute nel gruppo

AEROELASTICITA' APPLICATA (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
--------	-----	-----	-----------	----------------	--------



Regolamento Ingegneria Aerospaziale

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
AEROELASTICITA' APPLICATA	6	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

METODI DI PROGETTO DI STRUTTURE AERONAUTICHE (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
METODI DI PROGETTO DI STRUTTURE AERONAUTICHE	6	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

Gruppo Gruppo per scelta libera (curriculum spaziale) (12 CFU)

Descrizione: Scelte consigliate per il curriculum spaziale. Altre scelte devono essere approvate dal Consiglio di Corso di Studio.

Attività contenute nel gruppo

ELECTRIC PROPULSION I (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Electric Propulsion I	6	ING-IND/07 PROPULSIONE AEROSPAZIALE	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

ELECTRIC PROPULSION II (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Electric Propulsion II	6	ING-IND/07 PROPULSIONE AEROSPAZIALE	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

FLUID DYNAMICS OF PROPULSION SYSTEMS II (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
FLUID DYNAMICS OF PROPULSION SYSTEMS II	6	ING-IND/07 PROPULSIONE AEROSPAZIALE	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

Gruppo Gruppo per libera scelta (curriculum aeronautico) (12 CFU)

Descrizione: Vengono indicate le scelte consigliate ed approvate automaticamente. Altre scelte devono essere approvate dal Consiglio di Corso di Studio.

CURRICULUM AERONAUTICO

Orientamento "Strutture": insegnamenti del gruppo GR1

Orientamento "Aerodinamica": insegnamenti del gruppo GR2

Orientamento "Meccanica del volo": insegnamenti del gruppo GR3.



Attività formative definite nel CDS Ingegneria Aerospaziale

AERODINAMICA APPLICATA (6 CFU)

Denominazione in Inglese: APPLIED AERODYNAMICS

Obiettivi formativi: Descrivere fenomeni e metodologie di valutazione tipici di alcune applicazioni non aeronautiche dell'aerodinamica, con particolare riferimento all'aerodinamica dei corpi tozzi e ai fenomeni aeroelastici ad essi associati.

Obiettivi formativi in Inglese: Describing the phenomena and evaluation methods of some typical non-aviation applications of aerodynamics, with particular reference bluff-body aerodynamics and their associated aeroelastic phenomena.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
AERODINAMICA APPLICATA	6	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

AERODINAMICA DEGLI AEROMOBILI (12 CFU)

Denominazione in Inglese: AIRCRAFT AERODYNAMICS

Obiettivi formativi: L'insegnamento ha l'obiettivo principale di approfondire le nozioni di aerodinamica fondamentali per il progetto di un aeromobile, e la capacità di utilizzarle in fase di progettazione aerodinamica. Per questo vengono descritte le caratteristiche aerodinamiche dei vari tipi di corpo e analizzate le metodologie di base, numeriche e sperimentali, per la loro valutazione.

Obiettivi formativi in Inglese: The course will provide the students with integrations and additions of issues related to the aerodynamics of various types of Aircraft. The main objective of the course is to let the students acquire the capability of using the acquired knowledge in the design of aircrafts, and especially in the aerodynamic design. To this purpose the aerodynamic characteristics of the different types of bodies are described and the basic numerical and experimental methods for aerodynamic computations are analyzed.

CFU: 12

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
AERODINAMICA DEGLI AEROMOBILI	12	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

AERODINAMICA SPERIMENTALE (6 CFU)

Denominazione in Inglese: EXPERIMENTAL AERODYNAMICS

Obiettivi formativi: Il corso ha lo scopo di fornire allo studente le nozioni fondamentali sul ruolo della sperimentazione nella progettazione aerodinamica e su strumenti e tecniche dell'aerodinamica sperimentale. Alla fine del corso gli allievi dovranno essere in grado di definire nel dettaglio un programma di sperimentazione aerodinamica in galleria del vento in funzione degli obiettivi progettuali, e di indicare le metodologie per la sua esecuzione e per l'analisi dei relativi risultati.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at providing the students with the basic knowledge on the role of experimentation in the aerodynamic design and on the tools and techniques of experimental aerodynamics. At the end of the course students should be able to define in detail an aerodynamic test program in wind tunnel as a function of the design objectives, and to indicate the methods for its implementation and the analysis of their results.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
AERODINAMICA SPERIMENTALE	6	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

AEROELASTICITA' APPLICATA (6 CFU)

Denominazione in Inglese: APPLIED AEROELASTICITY

Obiettivi formativi: L'insegnamento si propone di fornire agli studenti le fondamentali nozioni sui fenomeni aeroelastici, derivanti dalla interazione fra strutture, in particolare per le strutture aeronautiche in volo, alla luce della crescente influenza



Regolamento Ingegneria Aerospaziale

dei fenomeni aeroelastici sul progetto dei velivoli moderni e, anche, in campi diversi della ingegneria. Nel corso vengono analizzati i principali fenomeni aeroelastici statici e il fenomeno aeroelastico dinamico, come il flutter.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at providing the students with the fundamentals of aeroelasticity, i.e. the phenomena related to the interaction between fluids and deformable structures, such as airplanes.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Aerodinamica, Aerospace structures

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
AEROELASTICITA' APPLICATA	6	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

AEROSPACE DYNAMIC SYSTEMS ANALYSIS (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Aerospace Dynamic Systems Analysis.

Obiettivi formativi: L'insegnamento ha lo scopo di far acquisire all'allievo gli elementi fondamentali relativi all'analisi dei sistemi in ambito lineare nel dominio del tempo e mediante l'uso delle trasformate di Laplace.

L'allievo sarà introdotto all'utilizzazione dei pacchetti di analisi assistita dal calcolatore (mediante Matlab).

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at letting the students acquire the required elements for the analysis of linear systems in the frequency domain and in the time domain, and by means of Laplace transforms. Early in the design phase the student will be introduced to the use of computer assisted analysis tools (using Matlab).

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova scritta e prova orale

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Aerospace System Analysis	6	ING-IND/05 IMPIANTI E SISTEMI AEROSPAZIALI	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

AEROSPACE STRUCTURES (12 CFU)

Denominazione in Inglese: Aerospace Structures

Obiettivi formativi: L'insegnamento ha lo scopo di fornire gli strumenti per l'analisi dello stato di tensione e deformazione e della stabilità dell'equilibrio delle strutture aerospaziali sotto l'azione di carichi statici e dinamici. Il corso viene svolto anche in lingua inglese per gli studenti del percorso spaziale.

Obiettivi formativi in Inglese: The course is designed to provide the tools for analyzing the state of stress and deformation and stability of the equilibrium of aerospace structures under the action of static and dynamic loads. The course is held also in english language for the students of the space curriculum.

CFU: 12

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Aerospace Structures I	6	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria aerospaziale ed astronautica
Aerospace Structures II	6	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

Attività a libera scelta (12 CFU)

Denominazione in Inglese: Free choice

Obiettivi formativi: Vengono indicate le scelte consigliate ed approvate automaticamente. Altre scelte devono essere approvate dal Consiglio di Corso di Studio.

CURRICULUM AERONAUTICO

Orientamento "Strutture": insegnamenti del gruppo GR1

Orientamento "Aerodinamica": insegnamenti del gruppo GR2



Regolamento Ingegneria Aerospaziale

Orientamento "Meccanica del volo": insegnamenti del gruppo GR3.

CURRICULUM SPAZIALE

Insegnamenti del "Gruppo per scelta libera (curriculum spaziale)"

CFU: 12

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Esame scritto e/o orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Attività a libera scelta	12	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

COMPLEMENTI DI FLUIDODINAMICA E TURBOLENZA (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Complements of fluid dynamics and turbulence

Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di approfondire alcuni argomenti le cui nozioni di base sono state acquisite nei corsi precedenti. In particolare, si approfondiscono il processo di transizione alla turbolenza, le caratteristiche dei flussi turbolenti e i vari approcci e modelli di chiusura usati per la simulazione numerica di tali flussi, evidenziandone vantaggi, svantaggi e applicazioni.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at providing students with integrations of topics, whose fundamentals have been given in previous courses. In particular, the main topics are the following: transition to turbulence, turbulent flow features and the different approaches and closure models for the numerical simulation of such flows (advantages, drawbacks and applications),

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
COMPLEMENTI DI FLUIDODINAMICA E TURBOLENZA	6	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

COMPLEMENTI DI STRUTTURE AERONAUTICHE (6 CFU)

Denominazione in Inglese: COMPLEMENTI DI STRUTTURE AERONAUTICHE

Obiettivi formativi: L'insegnamento comprende i seguenti punti fondamentali: determinazione dei carichi agenti sulle strutture; analisi a fatica; applicazione della meccanica della frattura; prove strutturali; predisposizione ed esecuzione di piani di manutenzione.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at providing the students with the basic knowledge necessary to conduct experimental analyses of the tensions, with structural analysis tools also using energy methods and at dealing with the typical problems of damaged structures, typical of aerospace vehicles.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Aerospace structures

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
COMPLEMENTI DI STRUTTURE AERONAUTICHE	6	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

CONSTRUZIONE DI MACCHINE (12 CFU)

Denominazione in Inglese: MACHINE DESIGN

Obiettivi formativi: L'insegnamento ha lo scopo di fornire le competenze necessarie per la progettazione e la costruzione di macchine e di sistemi meccanici e sviluppare le capacità di modellazione, anche tramite l'elaboratore, degli stessi. Descrivere gli elementi costruttivi delle macchine e le metodologie per la progettazione degli stessi. Approfondire le conoscenze relative al comportamento meccanico dei materiali, alla progettazione affidabilistica, all'ottimizzazione ed alla progettazione integrata. Fornire un quadro dei principali aspetti relativi alla qualità, alla sicurezza, all'interazione uomo-macchina, alla valutazione economica, alla compatibilità ambientale, alla producibilità ed alla manutenibilità di sistemi meccanici. L'allievo sarà introdotto all'utilizzazione dei pacchetti di progettazione assistita dal calcolatore fin dalle prime fasi della progettazione stessa.

Obiettivi formativi in Inglese: Provide the necessary skills for the design and manufacturing of machines and mechanical systems, and develop the pertinent modeling capabilities, also through the use of computer codes.



Regolamento Ingegneria Aerospaziale

Describe the components of the machines and, in particular, the mechanical components for aviation and space applications, defining the principles and methodologies for their design.
Deepen the understanding of the behavior mechanical materials, of the design for reliability, of the design optimization and of the integrated design.

Provide an overview of the main aspects of quality, safety, human-machine interaction, the economic assessment, environmental compatibility, manufacturability and maintainability of mechanical systems.

CFU: 12

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Discussione del progetto sviluppato dallo studente e prova orale.

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Costruzione di Macchine	12	ING-IND/14 PROGETTAZIONE MECCANICA E COSTRUZIONE DI MACCHINE	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

COSTRUZIONI AERONAUTICHE (12 CFU)

Denominazione in Inglese: AIRCRAFT CONSTRUCTION

Obiettivi formativi: L'insegnamento si propone di sviluppare, utilizzando ed integrando le conoscenze già acquisite nei corsi di Meccanica del Volo, Aerodinamica e Strutture Aerospaziali, le metodologie di progetto degli aeroplani. Vengono in particolare sviluppati i metodi di concezione e, limitatamente alla parte strutturale, il progetto preliminare e gli aspetti significativi del progetto di dettaglio.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at providing the methodological tools for the design of airplanes. The basic knowledge acquired in the fields of aerodynamics, flight mechanics, propulsion, structures and aeronautical systems are finalized towards to design of the aircraft, developing methodologies and tools for the preliminary and detailed design. The conceptual phase, leading to the establishment of an appropriate reference architecture of the airplane, is developed in a comprehensive manner; the preliminary stage is treated with reference to the structural design, the detailed phase is illustrated with reference to some significant structural components.

CFU: 12

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Aerospace structures

Modalità di verifica finale: Discussione del progetto svolto e prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
COSTRUZIONI AERONAUTICHE II	6	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Caratterizzanti	lezioni frontali	Ingegneria aerospaziale ed astronautica
COSTRUZIONI AERONAUTICHE I	6	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

DINAMICA DEL VOLO (12 CFU)

Denominazione in Inglese: FLIGHT DYNAMICS

Obiettivi formativi: Obiettivo del corso è la familiarizzazione con le problematiche legate alle qualità di volo ed all'interazione uomo-macchina e con le relative normative e criteri di progetto. La risposta dinamica del velivolo ai comandi del pilota ed ai disturbi dovuti alla turbolenza atmosferica viene studiata per via analitica e numerica, correlandone le caratteristiche con i parametri architettonici del velivolo e con le condizioni di volo. Ulteriore obiettivo è il consolidamento delle conoscenze sugli strumenti fondamentali per l'analisi della dinamica dei sistemi lineari e la sintesi di sistemi di controllo di tipo SAS e autopilota.

Il corso prevede esercitazioni pratiche in aula informatica con impiego di Matlab e Simulink per la simulazione numerica della dinamica del velivolo e la sintesi di sistemi di controllo.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at giving the students the essential notions concerning the dynamic behavior of airplane with rigid wings through the analysis of response to the commands of the pilot and to atmospheric disturbances. These responses are studied by analytical and numerical methods, correlating their characteristics with the architectural parameters of the airplane and the flight conditions. A key objective consists in familiarizing the students with the problems related to flying qualities and human-machine interactions and with the applicable design rules and criteria. A further objective is the consolidation of knowledge on basic tools for analyzing the dynamics of linear systems and the synthesis of control systems of the SAS and AUTOPILOT types.

The course includes practical exercises in the computer laboratory, with the use of Matlab and Simulink, for the numerical simulation of the aircraft dynamics and for the design of aircraft control systems.

CFU: 12

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Aerospace Dynamic Systems Analysis, Aerospace Control System Design, Meccanica del volo

Modalità di verifica finale: Prova pratica in aula informatica e prova orale

Lingua ufficiale: Italiano



Regolamento Ingegneria Aerospaziale

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
DINAMICA DEL VOLO	12	ING-IND/03 MECCANICA DEL VOLO	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

DINAMICA DEL VOLO DEGLI ELICOTTERI (6 CFU)

Denominazione in Inglese: HELICOPTER DYNAMICS

Obiettivi formativi: Elementi costruttivi. Cenni storici sulla nascita e l'evoluzione dell'elicottero. Il rotore: analisi delle diverse tipologie di rotore; sistemi di articolazione delle pale; collegamenti pala-rotore. Analisi dei principali comandi di volo. Richiami di meccanica. Grandezze scalari e vettoriali. Definizione di terna inerziale e terna mobile. Calcolo delle componenti di accelerazione di un generico punto della pala. Momenti e prodotti d'inerzia. Studio dei moti della pala. Equazione del moto di flapping. Equazione del moto di lagging. Equazione del moto di feathering Trim dell'elicottero. Impostazione generale del problema. Equilibrio nel piano longitudinale. Equilibrio nel piano laterale. Effetto della coda. Calcolo delle performance in volo avanzato
Aerodinamica del rotore. Considerazioni generali. Teoria del disco attuatore. Teoria dell'elemento di pala. Calcolo delle caratteristiche in hovering e in volo avanzato. Velocità indotta: modello di Glauert e metodo di Mangler-Squire
Autorotazione. Autonomia oraria e chilometrica.
Dinamica, Stabilità e Controllo. Considerazioni generali. Dinamica longitudinale e laterale dell'elicottero. Analisi delle principali derivate aerodinamiche.

Obiettivi formativi in Inglese: Structural components. Historical notes on the birth and the evolution of the helicopter. The rotor: analysis of different types of rotors; systems of articulation of the blades; rotor-blade connections. Analysis of the main flight controls.

Basic mechanics. Scalar and vector quantities. Definition of inertial frames and moving frames. Calculation of acceleration components of a generic point of the blade. Moments and products of inertia.

Study of motion of the blade. Equation of the flapping motion. Equation of the lagging motion. Equation of the feathering motion.

Trim of the helicopter. General approach to the problem. Equilibrium in the longitudinal plane. Equilibrium in the lateral plane. Effect of the tail. Performance calculation in advancing flight.

Aerodynamics of the rotor. General considerations. Actuator disk theory. Theory of the blade element. Calculation of the characteristics in hovering and forward flight. Glauert's induced speed model and Mangler Squire method. Autorotation.

Time and mileage range.

Dynamics, Stability and Control. General considerations. Longitudinal and lateral dynamics of the helicopter. Analysis of the main aerodynamic derivatives.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Aerospace Dynamic Systems Analysis, Meccanica del volo

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
DINAMICA DEL VOLO DEGLI ELICOTTERI	6	ING-IND/03 MECCANICA DEL VOLO	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

DINAMICA E CONTROLLO DI VEICOLI AEROSPAZIALI (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Aerospace Control System Design

Obiettivi formativi: L'insegnamento ha lo scopo di far acquisire all'allievo gli elementi propedeutici alla progettazione dei sistemi di controllo di tipico impiego sugli aeromobili ed i satelliti. Vengono inoltre illustrati gli effetti che tali sistemi di controllo hanno sulla dinamica dei veicoli aerospaziali. Le metodologie di progetto comprendono l'uso delle trasformate di Laplace ed il disegno attraverso varie tecniche nel dominio della frequenza e la simulazione nel dominio del tempo. L'allievo viene introdotto all'utilizzo dei pacchetti di progettazione assistita dal calcolatore ed alla simulazione della dinamica del sistema controllato mediante MATLAB/Simulink.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at letting the students acquire the required elements for the design of control systems of typical use in aircrafts and satellites. The techniques illustrated in the course include the use of Laplace transforms and the design through several techniques in the frequency domain and in the time domain approaches. Early in the design phase the student will be introduced to the use of computer assisted design tools (using Matlab).

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Aerospace Dynamic Systems Analysis.

Modalità di verifica finale: Prova scritta e prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Dinamica e controllo di veicoli aerospaziali	6	ING-IND/03 MECCANICA DEL VOLO	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative



Regolamento Ingegneria Aerospaziale

ELECTRIC PROPULSION I (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Electric Propulsion I

Obiettivi formativi: L'insegnamento ha lo scopo di approfondire alcuni argomenti relativi alla propulsione a razzo, con particolare rilievo verso la propulsione elettrica per impieghi spaziali. Saranno trattati i fondamenti della fisica del plasma necessari alla comprensione del funzionamento dei propulsori elettrici.

Obiettivi formativi in Inglese: Provide the students with the basic background necessary to tackle the study and the experimentation of the electric propulsion systems for space applications. Provide the students with the basic knowledge of plasma physics and describe its application to the analysis of the acceleration process in electric thrusters for space applications.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Electric Propulsion I	6	ING-IND/07 PROPULSIONE AEROSPAZIALE	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

ELECTRIC PROPULSION II (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Electric Propulsion II

Obiettivi formativi: Saranno trattati i vari propulsori elettrici, dal punto di vista del funzionamento, delle prestazioni, delle applicazioni, della tecnologia costruttiva e della loro sperimentazione in laboratorio.

Obiettivi formativi in Inglese: Provide the students with a specialized competence in the propulsion field extended to the most advanced or more recently introduced technologies. Provide the students with the knowledge concerning the principles of operation, the typical performance, the critical aspects and the state of development of electric thrusters for space applications needed to address the main problems of analysis, design, integration and usage.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Electric Propulsion I

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Electric Propulsion II	6	ING-IND/07 PROPULSIONE AEROSPAZIALE	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

ELEMENTI DI STRUTTURE E MATERIALI AEROSPAZIALI (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Elements of Aerospace structures and materials

Obiettivi formativi: L'insegnamento si propone di far acquisire allo studente, partendo da nozioni precedentemente acquisite nei corsi propedeutici (Tecnologia delle Costruzioni Aeronautiche II, Strutture Aeronautiche), i concetti fondamentali per comprendere il comportamento delle strutture aeronautiche e spaziali, tenendo presente anche le proprietà caratteristiche dei materiali utilizzati in tali realizzazioni.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Aerospace Structures

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Elementi di strutture e materiali aerospaziali	6	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

FLUID DYNAMICS OF PROPULSION SYSTEMS I (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Fluid Dynamics of Propulsion Systems I

Obiettivi formativi: Termodinamica: principi, equilibrio e formulazioni alternative; gas ideali/reali; processi termodinamici e stabilità. Termodinamica: equilibrio chimico in gas reagenti ideali/reali; proprietà di formazione. Cinetica di reazione: ordine e molecolarità; reazioni consecutive, competitive, opposte, a catena ed esplosive; modelli cinetici. Equazioni di flusso: formulazioni; proprietà di trasporto; equazioni di governo; similitudine fluidodinamica. Teoria cinetica e meccanica statistica dei gas. Trasmissione del: conduzione 1D stazionaria/instazionaria; ablazione. Convezione: strati limite termici termico, raffreddamento ad iniezione/traspirazione. Irraggiamento: leggi; proprietà dei materiali radianti; reti radiative in cavità; irraggiamento delle fiamme. Dinamica dei gas e idrodinamica: condizioni di ristagno; flussi quasi-1D in condotti; onde d'urto



Regolamento Ingegneria Aerospaziale

piane normali/oblique, detonazioni e deflagrazioni, tubi d'urto. Flussi idrodinamici quasi-1D stazionari/instazionari in condotti.

Obiettivi formativi in Inglese: Thermodynamics: principles, equilibrium and alternative formulations; ideal/real gases; thermodynamic processes and stability. Thermochemistry: chemical equilibrium in ideal/real reacting gases; formation properties. Reaction kinetics: order and molecularity; consecutive, competitive, opposite, chain and explosive reactions; kinetic models. Flow equations: formulations; transport properties; governing equations; flow similarity. Gas kinetic theory and statistical mechanics. Heat transfer: steady/unsteady 1D conduction; ablation. Convection: thermal BLs, transpiration/injection cooling. Radiation: laws; radiant material properties; radiative networks in enclosures, flame radiation. Gas dynamics and hydrodynamics: stagnation conditions; quasi-1D duct flows; planar normal/oblique shocks, detonations and deflagrations, shock tubes. Quasi-1D steady/unsteady hydrodynamic flows in ducts.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
FLUID DYNAMICS OF PROPULSION SYSTEMS I	6	ING-IND/07 PROPULSIONE AEROSPAZIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

FLUID DYNAMICS OF PROPULSION SYSTEMS II (6 CFU)

Denominazione in Inglese: FLUID DYNAMICS OF PROPULSION SYSTEMS II

Obiettivi formativi: Flussi ideali potenziali, onde a superficie libera e loro instabilità. Generazione, propagazione e attenuazione di onde acustiche, le interazioni onda-superficie, onde stazionarie, guide d'onda e smorzatori acustici. Flussi laminari viscosi in tubazioni, flussi di taglio, intorno a cilindri e sfere, in strati limite cinematici e termici, getti, scie e strati di taglio; flussi di ristagno ed ipersonici. Stabilità fluidodinamica e transizione turbolenta: sviluppo, dipendenza parametrica e previsione. Flussi turbolenti in strati limite, condotti, getti liberi e scie; modelli di turbolenza. Flussi bifase con particelle solide e gocce in sospensione; dinamica delle bolle e cavitazione; flussi dispersi liquido/gas/vapore e liquido/vapore, effetti termici. Flussi chimicamente reagenti ed elementi di combustione; fiamme diffusive laminare, premiscelate, evaporazione e combustione di gocce; fiamme turbolente.

Obiettivi formativi in Inglese: Ideal potential flows, free surface waves and instabilities. Acoustic wave generation, propagation and attenuation, wave-surface interactions, standing waves, waveguides and acoustic dampers. Laminar viscous flows in pipes, shear flows, around cylinders and spheres, in kinematic and thermal boundary layers, jets, wakes and shear layers; stagnation and hypersonic flows. Fluid dynamic stability and turbulent transition: development, parametric dependence and prediction. Turbulent flows in boundary layers, ducts, free jets and wakes; turbulence models. Two-phase dusty and misty flows; bubble dynamics and cavitation; dispersed liquid/gas/vapor and liquid/vapor flows, thermal effects. Chemically reacting flows and elements of combustion; laminar, premixed and diffusive flames, droplet evaporation and combustion; turbulent flames.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova Orale

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
FLUID DYNAMICS OF PROPULSION SYSTEMS II	6	ING-IND/07 PROPULSIONE AEROSPAZIALE	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

FLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE (6 CFU)

Denominazione in Inglese: NUMERICAL FLUID DYNAMICS

Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di fornire agli studenti una conoscenza dei principali metodi di discretizzazione numerica delle equazioni alle derivate parziali, che permetta l'utilizzo critico e l'implementazione pratica di tali metodi in un linguaggio di programmazione. Nell'ambito del corso vengono inoltre forniti esempi di programmazione in ambiente Matlab.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at giving the students an understanding of the main methods of numerical discretization of Partial Differential Equations, allowing the critical use and implementation of such methods in a programming language. As part of the course examples are also provided of programming in Matlab environment.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
---------------	-----	-----	-----------	----------------	--------



Regolamento Ingegneria Aerospaziale

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
FLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE	6	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

FUNDAMENTALS OF SPACECRAFT TECHNOLOGY (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Fundamentals of Spacecraft Technology

Obiettivi formativi: L'insegnamento ha lo scopo di fornire una introduzione ai metodi di progetto delle moderne piattaforme satellitari e dei relativi strumenti imbarcati. Dopo una introduzione sull'ambiente spaziale e sulle condizioni operative che caratterizzano le diverse tipologie di missione spaziale, vengono introdotti i principali sistemi di bordo dei veicoli spaziali. Sono presentati e discussi in dettaglio i sistemi di generazione della potenza, il sistema di controllo d'assetto, le problematiche e le tecniche di controllo termico, i sistemi di telecomunicazione e i principali sensori. Sono esaminati aspetti dei sistemi di comunicazione satellitare relativi ai segnali e alle antenne; le basi del telerilevamento ottico e radar; i sistemi di telemetria e l'analisi dei collegamenti a lunga distanza. Il corso include una introduzione alle tecniche di gestione dei progetti spaziali.

Obiettivi formativi in Inglese: The course is designed to provide an introduction to the design of modern spacecraft platforms and payloads. Following an introduction on the space environment and operating conditions for various mission categories, the course introduces and discusses the main spacecraft subsystems. The topics presented include power generation, attitude control, thermal aspects of spacecraft design, telecommunications, and the basic types of space instrumentation and space sensors. The discussion covers aspects of satellite communications including topics related to signals and antennas; remote sensing as well as radar and image processing; telemetry and link budget. An introduction to space project management is also provided.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Fundamentals of Spacecraft Technology	6	ING-IND/05 IMPIANTI E SISTEMI AEROSPAZIALI	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

GASDINAMICA (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Gas Dynamics

Obiettivi formativi: Il corso ha lo scopo principale di fornire un'adeguata conoscenza degli aspetti fondamentali dei vari regimi di moto dei fluidi comprimibili e di descrivere in dettaglio le principali metodologie utilizzate per la loro caratterizzazione e per la determinazione dei carichi agenti su corpi in moto ad alta velocità, con particolare riferimento al regime supersonico.

Obiettivi formativi in Inglese: The main objective of the course is providing an adequate knowledge of the fundamental features of the different flow regimes of compressible fluids and describing in detail the main methods for their characterization and for the evaluation of the loads acting on bodies moving at high velocities, with particular reference to the supersonic regime.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova scritta e prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
GASDINAMICA	6	ING-IND/06 FLUIDODINAMICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

IMPIANTI AERONAUTICI II (6 CFU)

Denominazione in Inglese: AIRCRAFT SYSTEMS II

Obiettivi formativi: Il corso ha lo scopo di fornire allo studente approfondimenti sui sistemi primari di attuazione e di controllo automatico del volo. In particolare, viene descritto il principio di funzionamento dei principali sensori di bordo per sistemi Fly-by-Wire e per sistemi di navigazione tradizionali e avanzati.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at providing the students with insight on the implementation of primary actuation systems and automatic flight control systems. In particular, the working principle of the main onboard sensors for Fly-by-Wire systems and for traditional and advanced navigation systems is described.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Regolamento Ingegneria Aerospaziale IMPIANTI AERONAUTICI II	6	ING-IND/05 IMPIANTI E SISTEMI AEROSPAZIALI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

MECCANICA DEL VOLO (12 CFU)

Denominazione in Inglese: FLIGHT MECHANICS

Obiettivi formativi: • Il corso ha lo scopo di introdurre le equazioni e gli aspetti fisici fondamentali della meccanica del volo dei velivoli ad ala fissa. Alla fine del corso gli allievi dovranno essere in grado di padroneggiare le tecniche analitiche utili allo studio delle prestazioni classiche, effettuare il progetto aeromeccanico preliminare della macchina ed essere in grado di interpretare le principali risposte dinamiche del velivolo a disturbi esterni o comandi. Di molti argomenti trattati si forniscono degli approfondimenti applicativi, i quali fanno parte integrante delle esercitazioni del corso. Nell'ambito delle esercitazioni possono essere utilizzati anche alcuni codici di calcolo sviluppati dal docente e/o di origine commerciale.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at providing students with the basic methods for assessing the aircraft performance, stability and control, to be used both for aircraft design and the management.

CFU: 12

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova scritta e prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
MECCANICA DEL VOLO	12	ING-IND/03 MECCANICA DEL VOLO	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

METODI DI PROGETTO DI STRUTTURE AERONAUTICHE (6 CFU)

Denominazione in Inglese: DESIGN METHODS FOR AEROSPACE STRUCTURES

Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire agli studenti le conoscenze di base relative al metodo agli elementi finiti ed illustrarne l'applicazione nell'ambito di problematiche di analisi e di progetto delle strutture aeronautiche.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at providing the students with basic knowledge relative to the finite element method and its application in the context of the analysis and design of aeronautical structures.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Aerospace Structures

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
METODI DI PROGETTO DI STRUTTURE AERONAUTICHE	6	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

PROVA FINALE (24 CFU)

Denominazione in Inglese: FINAL TEST

CFU: 24

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Presentazione della tesi di laurea alla commissione.

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
PROVA FINALE	24	PROFIN_S Prova finale per settore senza discipline	Altre attività - prova finale	prova finale	Per la prova finale

ROCKET PROPULSION (12 CFU)

Denominazione in Inglese: Rocket Propulsion

Obiettivi formativi: Introdurre gli aspetti fondamentali e fornire le nozioni necessarie per comprendere il funzionamento degli endoreattori a propellente chimico ed affrontarne i principali problemi di analisi, progettazione, integrazione ed impiego.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at providing the students with the knowledge needed to understand the operation of chemical propellant rockets and solve the main problems of analysis, design, integration and use.

CFU: 12

Reteirabilità: 1



Regolamento Ingegneria Aerospaziale

Propedeuticità: Fluid Dynamics of Propulsion Systems I

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Rocket Propulsion	12	ING-IND/07 PROPULSIONE AEROSPAZIALE	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

SPACE SYSTEMS (12 CFU)

Denominazione in Inglese: SPACE SYSTEMS

Obiettivi formativi: Il corso illustra gli aspetti principali del progetto di sistemi spaziali tramite un approccio pratico basato sull'esercitazione. Il corso è incentrato su un'esercitazione di progetto di una missione spaziale in orbita terrestre o interplanetaria, svolta da gruppi di studenti, in risposta ad una descrizione di alto livello degli scopi della missione. Durante l'esercitazione sono prese in esame le attività principali relative alla definizione di una missione spaziale, quali l'identificazione dei requisiti di missione derivanti da un'analisi critica degli obiettivi generali della missione, la valutazione comparativa di architetture di missione alternative, la scelta del sistema di lancio, le operazioni di missione. Nell'ambito del corso vengono introdotte e discusse le problematiche di lavoro in gruppo alla base dei processi di concurrent engineering e le tecniche di presentazione efficace dei risultati; le particolarità del progetto di missioni con piccoli satelliti sono analizzate in dettaglio, così come le moderne tecniche di progetto di traiettorie a bassa spinta.

I progetti proposti comprendono lo studio della fattibilità tecnica ed economica di diversi scenari di missione; la scelta del profilo di missione; l'analisi delle orbite e traiettorie; la definizione delle operazioni di lancio e orbitali; il dimensionamento preliminare dei principali sottosistemi dei veicoli spaziali coinvolti (assetto, potenza, controllo termico, propulsione, comunicazioni, sensori, etc.); cenni agli aspetti di programmazione e gestione.

Obiettivi formativi in Inglese: The course illustrates the fundamental aspects of modern space system design with a practical, hands-on approach. The core part of the course is dedicated to a near-Earth or interplanetary space mission design project, to be carried out by student teams on the basis of a broad-scope mission definition statement. Starting with the identification of the mission requirements derived from a critical analysis of the high-level mission goals, the main design choices and the main criteria involved in the design the various elements of the mission are reviewed, including specialized orbits, space vehicle architecture, ground segment and launch systems. The main issues involved in the design of a space mission are addressed: from the definition of mission goals, to the evaluation of alternative mission concepts, to the selection of a launch system, to mission operations. Team work aspects for a concurrent engineering approach and presentation techniques for complex projects are also introduced and discussed. Special attention is given to the specific design issues of small spacecraft missions and to modern low-thrust trajectory design. Projects deal with assessment of the technical feasibility and economic viability of different mission scenarios; selection of mission profile and timeline; design of orbits and trajectories; launch and in-orbit operations; sizing of the main onboard subsystems (attitude, power, thermal conditioning, propulsion, telecommunications, sensors, etc.) for the relevant space vehicles; and basic project management.

CFU: 12

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
SPACE SYSTEMS	12	ING-IND/05 IMPIANTI E SISTEMI AEROSPAZIALI	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria aerospaziale ed astronautica

SPACECRAFT STRUCTURES AND MECHANISMS (12 CFU)

Denominazione in Inglese: Spacecraft Structures and Mechanisms

Obiettivi formativi: L'insegnamento ha lo scopo di fornire le competenze necessarie per la progettazione e la costruzione di macchine e di sistemi meccanici e sviluppare le capacità di modellazione, anche tramite l'elaboratore, degli stessi.

Descrivere gli elementi costruttivi delle macchine e le metodologie per la progettazione degli stessi. Approfondire le conoscenze relative al comportamento meccanico dei materiali, alla progettazione affidabilistica, all'ottimizzazione ed alla progettazione integrata. Fornire un quadro dei principali aspetti relativi alla qualità, alla sicurezza, all'interazione uomo-macchina, alla valutazione economica, alla compatibilità ambientale, alla producibilità ed alla manutenibilità di sistemi meccanici. L'allievo sarà introdotto all'utilizzazione dei pacchetti di progettazione assistita dal calcolatore fin dalle prime fasi della progettazione stessa.

Obiettivi formativi in Inglese: Provide the necessary skills for the design and manufacturing of machines and mechanical systems, and develop the pertinent modeling capabilities, also through the use of computer codes.

Describe the components of the machines and, in particular, the mechanical components for aviation and space applications, defining the principles and methodologies for their design.

Deepen the understanding of the behavior mechanical materials, of the design for reliability, of the design optimization and of the integrated design.

Provide an overview of the main aspects of quality, safety, human-machine interaction, the economic assessment, environmental compatibility, manufacturability and maintainability of mechanical systems.

CFU: 12

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Aerospace Structures

Modalità di verifica finale: Prova orale

Lingua ufficiale: Inglese



Regolamento Ingegneria Aerospaziale

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Spacecraft Structures and Mechanisms	12	ING-IND/04 COSTRUZIONI E STRUTTURE AEROSPAZIALI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

SPACEFLIGHT MECHANICS (12 CFU)

Denominazione in Inglese: Spaceflight Mechanics

Obiettivi formativi: L'insegnamento ha lo scopo di introdurre le equazioni e gli aspetti fisici fondamentali della meccanica del volo dei satelliti, definendo le metodologie per lo studio delle manovre orbitali, della meccanica orbitale in ambito kepleriano (problema dei due corpi) e non kepleriano (problema degli n-corpi ed introduzione dei vari effetti perturbativi).

Obiettivi formativi in Inglese: The course is aimed at introducing the equations and the basic physical aspects of the flight mechanics of satellites, by defining the methodologies for the study of orbital maneuvers and the orbital mechanics in the Keplerian (two-bodies problem) and non-Keplerian approximation.

CFU: 12

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Prova scritta e orale

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Spaceflight Mechanics	12	ING-IND/03 MECCANICA DEL VOLO	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Ingegneria aerospaziale ed astronautica