



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**  
**SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE**

**GUIDA DELLO STUDENTE**

**CORSO DI LAUREA**  
**MAGISTRALE IN INGEGNERIA AEROSPAZIALE**

*(Classe delle Lauree magistrali in Ingegneria Aerospaziale e Astronautica, Classe LM-20)*

Napoli, Luglio 2018

## **Finalità del Corso di Studi e sbocchi occupazionali**

Il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale si propone di fornire agli allievi una conoscenza approfondita degli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria, per metterli in grado di identificare, formulare e risolvere, anche in modo innovativo, problemi complessi o che richiedano un approccio interdisciplinare nel campo dell'ingegneria industriale in generale e di quella aerospaziale in particolare. Ulteriori obiettivi formativi riguardano la capacità di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e/o innovativi e di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità nel campo dell'ingegneria aerospaziale.

Filoni culturali specifici sono la fluidodinamica, la meccanica del volo, le costruzioni, le strutture e le tecnologie aerospaziali, gli impianti e i sistemi aeronautici e spaziali, la propulsione aerea e spaziale.

Gli ambiti professionali tipici per i laureati magistrali in Ingegneria Aerospaziale sono quelli dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi, sia nella libera professione, sia nelle imprese manifatturiere, o di servizi, che nelle amministrazioni pubbliche. I laureati magistrali potranno trovare occupazione presso industrie aeronautiche e spaziali; enti pubblici e privati ed aziende per la sperimentazione e la ricerca applicata in campo aerospaziale e per l'utilizzo a fini applicativi dei sistemi aerospaziali; aziende di trasporto aereo; enti per la regolamentazione e la gestione del traffico aereo e per la certificazione degli aeromobili; aeronautica militare e settori aeronautici di altre armi; enti per la ricerca e lo sviluppo ed aziende per la produzione e l'esercizio di macchine, impianti e apparecchiature dove sono rilevanti la fluidodinamica, le strutture leggere, la capacità di modellazione avanzata, il controllo dei sistemi, le tecnologie avanzate. In generale, il laureato magistrale in Ingegneria Aerospaziale e astronautica, pur focalizzato su un particolare profilo professionale, sarà in grado di seguire la mobilità e la variabilità del mercato del lavoro e le continue innovazioni tecnologiche e gestionali, che, giova sottolineare, proprio nel settore aerospaziale sono particolarmente forti.

## Manifesto degli Studi Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale – AA 2018/2019

| Insegnamento o attività formativa  | Modulo (ove presente) | Semestre | CFU  | SSD        | Tipologia (*) | Ambito disciplinare                     | Propedeuticità |
|--|-----------------------|----------|------|------------|---------------|---|----------------|
| <b>I Anno</b>  |                       |          |      |            |               |   |                |
| Aerodinamica degli aeromobili  |                       | 1°       | 9    | ING-IND/06 | 2             | Ingegneria aerospaziale ed astronautica |                |
| Analisi matematica III   |                       | 1°       | 6    | MAT/05     | 4             | Attività formative affini/integrative   |                |
| Strutture aerospaziali avanzate  |                       | 1°       | 9    | ING-IND/04 | 2             | Ingegneria aerospaziale ed astronautica |                |
| Meccanica applicata  |                       | 2°       | 9    | ING-IND/13 | 4             | Attività formative affini/integrative   |                |
| Economia e organizzazione aziendale  |                       | 2°       | 6    | ING-IND/35 | 4             | Attività formative affini/integrative   |                |
| Avionica   |                       | 2°       | 6    | ING-IND/05 | 2             | Ingegneria aerospaziale ed astronautica |                |
| Dinamica e simulazione di volo   |                       | 2°       | 6    | ING-IND/03 | 2             | Ingegneria aerospaziale ed astronautica |                |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente** <b>(vedi nota a)</b> , per il <i>percorso Pegasus</i> <b>(vedi nota g)</b> |                       | 1°-2°    | 0-15 |            | 3             |   |                |
| <b>II Anno</b>   |                       |          |      |            |               |   |                |
| Attività formative curriculari a scelta dello studente <b>(vedi nota b)</b>  |                       | 1°-2°    | 27   |            | 2             | Ingegneria aerospaziale ed astronautica |                |
| Ulteriori Conoscenze <b>(vedi nota c)</b>  |                       | 1°-2°    | 12   |            | 6             |   |                |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente** <b>(vedi nota a)</b>   |                       | 1°-2°    | 0-15 |            | 3             |   |                |
| Prova finale <b>(vedi nota d)</b>  |                       | 2°       | 15   |            | 5             |   |                |

### percorso “PEGASUS”

|   |  |       |      |  |   |   |  |
|---|--|-------|------|--|---|---|--|
| <b>II Anno</b>  |  |       |      |  |   |   |  |
| Attività formative curriculari a scelta dello studente <b>(vedi nota e)</b> |  | 1°-2° | 27   |  | 2 | Ingegneria aerospaziale ed astronautica |  |
| Ulteriori Conoscenze <b>(vedi nota f)</b>                                   |  | 1°-2° | 12   |  | 6 |   |  |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente** <b>(vedi nota g)</b>  |  | 1°-2° | 0-15 |  | 3 |   |  |
| Prova finale <b>(vedi nota h)</b>   |  | 2°    | 15   |  | 5 |   |  |

**Note:**

- a) I 15 CFU<sup>\*\*^</sup> di insegnamenti a scelta autonoma possono essere scelti fra:
- Insegnamenti presenti nella tabella A e nella tabella B (approvazione automatica del piano di studi)
  - Insegnamenti erogati presso la scuola politecnica o corsi svolti in ambito ERASMUS (previa approvazione del piano di studi).
  - 6 CFU possono essere conseguiti con Certificazione Lingua Inglese CEFR Level C1 ottenuta presso ente certificatore accreditato MIUR.
- b) **Tre insegnamenti** con un totale di 27 CFU<sup>^</sup> scelti nell'ambito delle attività formative indicate in tabella A
- c) I 12 CFU destinati alle attività formative Ulteriori conoscenze possono essere acquisiti mediante: Tirocinio, eventualmente in sinergia con la preparazione della prova finale, svolto in *intra moenia* o *extra moenia* presso struttura italiana o estera (per cominciare un tirocinio bisogna aver conseguito almeno 60 CFU del percorso di laurea magistrale).
- d) 14 CFU Prova Finale: attività di preparazione elaborato di laurea o attività di preparazione elaborato di laurea svolta presso struttura estera; 1 CFU Prova Finale: Presentazione e discussione elaborato di laurea.
- e) **Tre insegnamenti** con un totale di 27 CFU<sup>^</sup> scelti nell'ambito delle attività formative indicate in tabella C **di tre settori disciplinari diversi**.
- f) I 12 CFU destinati alle attività formative Ulteriori conoscenze possono essere acquisiti mediante Tirocinio, eventualmente in sinergia con la preparazione della prova finale, svolto di norma *extra moenia* presso struttura estera.
- g) I 15 CFU<sup>\*\*^</sup> di insegnamenti a scelta autonoma possono essere scelti fra:
- Insegnamenti presenti nella tabella C (approvazione automatica del piano di studi)
  - Insegnamenti erogati in lingua inglese presso la scuola politecnica o corsi svolti in ambito ERASMUS (previa approvazione del piano di studi).
  - 6 CFU possono essere conseguiti con Certificazione Lingua Inglese CEFR Level C1 ottenuta presso ente certificatore accreditato MIUR.
- h) 14 CFU Prova Finale: attività di preparazione elaborato di laurea in lingua inglese eventualmente svolta presso struttura estera; 1 CFU Prova Finale: presentazione e discussione elaborato di laurea.

(\*) Legenda delle tipologie delle attività formative ai sensi del DM 270/04

| Attività formativa | 1                   | 2                   | 3                   | 4                   | 5                   | 6                   | 7                   |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| rif. DM270/04      | Art. 10 comma 1, a) | Art. 10 comma 1, b) | Art. 10 comma 5, a) | Art. 10 comma 5, b) | Art. 10 comma 5, c) | Art. 10 comma 5, d) | Art. 10 comma 5, e) |

(\*\*) CFU collocabili al I o al II anno.

(<sup>^</sup>) Se l'allievo sceglie più di 27 CFU di attività curriculari (tipologia 2) o più di 15 CFU di attività a scelta autonoma deve presentare piano di studi con CFU totali maggiore di 120 (max 126).

**Tabella A) Attività formative curriculari a scelta dello studente  
Ambito disciplinare Ingegneria Aerospaziale e Astronautica**

| Insegnamento o attività formativa        | Modulo (ove presente)       | Semestre | CFU | SSD        | Tipologia (*) | Propedeuticità  |
|--|-----------------------------|----------|-----|------------|---------------|---|
| Aeroelasticity (1)                       | Fluid-structure Interaction | 1°       | 6   | ING-IND/04 | 2             | Strutture aerospaziali avanzate                               |
|  | Aeroelasticity              | 2°       | 6   |            |               |   |
| Aircraft Design (1)                      |                             | 2°       | 9   | ING-IND/03 | 2             | Aerodinamica degli aeromobili, Dinamica e simulazione di volo |
| Costruzioni aerospaziali II (1)          |                             | 2°       | 6   | ING-IND/04 | 2             | Strutture aerospaziali avanzate                               |
| Advanced Gasdynamics (2)                 |                             | 1°       | 9   | ING-IND/06 | 2             | Analisi matematica III  |
| Aerodinamica dell'ala rotante (2)        |                             | 1°       | 9   | ING-IND/06 | 2             | Aerodinamica degli aeromobili                                 |
| Fluid-dynamic Stability (2)              |                             | 2°       | 6   | ING-IND/06 | 2             |   |
| Fluidodinamica numerica (2)              | Fluidodinamica numerica I   | 1°       | 6   | ING-IND/06 | 2             |   |
|  | Fluidodinamica numerica II  | 2°       | 6   |            |               |   |
| Turbolenza (2)                           |                             | 2°       | 6   | ING-IND/06 | 2             |   |
| Aerospace Remote Sensing Systems (3) (4) |                             | 2°       | 9   | ING-IND/05 | 2             |   |
| Fluidodinamica spaziale (3)              | Aerodinamica ipersonica     | 1°       | 6   | ING-IND/06 | 2             |   |
|  | Space experiments (*)       | 2°       | 6   | ING-IND/06 | 2             |   |
| Space Flight Dynamics (3) (4)            |                             | 1°       | 9   | ING-IND/05 | 2             |   |
| Space Systems (3)(4)                     |                             | 1°       | 9   | ING-IND/05 | 2             |   |
| Air Traffic Management and Control (4)   |                             | Annuale  | 12  | ING-IND/05 | 2             |   |
| Unmanned Aircraft Systems (4)            |                             | 2°       | 6   | ING-IND/05 | 2             | Avionica  |

**Note:**

La scelta di **tre insegnamenti** con un totale 27 CFU contrassegnati con (1) *percorso velivoli*, (2) *percorso fluidodinamica*, (3) *percorso spazio* o (4) *percorso sistemi* rende il piano di studi di automatica approvazione.

La scelta di **tre insegnamenti** con un totale 27 CFU curriculari ricompresi in più percorsi, rende il piano di studi di automatica approvazione.

Se l'allievo sceglie più di 27 CFU di attività curriculari deve presentare piano di studi con CFU totali maggiore di 120 (max 126).

Nella stesura dell'orario delle lezioni sarà garantita la non sovrapposizione solamente per gli insegnamenti contenuti in uno stesso percorso.

**Tabella B) Attività formative disponibili per la scelta autonoma dello studente**

| Insegnamento o attività formativa  | Modulo (ove presente)                | Semestre | CFU | SSD         | Tipologia (*) | Propedeuticità  |
|--|--------------------------------------|----------|-----|-------------|---------------|---|
| Aerospace Design Project^  | Aerospace Design Project: Structures | Annuale  | 3   | ING-IND/04  | 3             |   |
|  | Aerospace Design Project: Systems    |          | 3   | ING-IND/05, |               |   |
|  | Aerospace Design: Fluid Dynamics     |          | 3   | ING-IND/06  |               |   |
| Combustione (dal Corso di Studi Magistrale in Ingegneria Chimica)                              |                                      | 1°       | 6   | ING-IND/25  | 3             |   |
| Combustione (dal Corso di studi Magistrale in Ingegneria Meccanica per l'Energia e l'Ambiente) |                                      | 2°       | 12  | ING-IND/25  | 3             |   |
| Dinamica Strutturale   |                                      | 1°       | 6   | ING-IND/04  | 3             | Strutture aerospaziali avanzate   |
| Elaborazione di segnali multimediali (dal Corso di studi Magistrale in Ingegneria Informatica) |                                      | 2°       | 9   | ING-INF/03  | 3             |   |
| Experimental Vibroacoustic^  |                                      | 2°       | 6   | ING-IND/04  | 3             |   |
| Flight Tests^  |                                      | 2°       | 6   | ING-IND/03  | 3             |   |
| Fondamenti chimici delle tecnologie  |                                      | 1°       | 9   | CHIM/07     | 3             |   |
| Impact Dynamics^   |                                      | 2°       | 6   | ING-IND/04  | 3             |   |
| Space Mission Design^  |                                      | 2°       | 9   | ING-IND/05  | 3             |   |
| Statistica per l'innovazione   |                                      | 1°       | 9   | SEC-S/02    | 3             | <i>per quanti provengono dall'ordinamento 509/99 Affidabilità e qualità</i> |

^Inseribile nel percorso "PEGASUS" nei 15 CFU a scelta autonoma

**Tabella C) Attività formative curriculari disponibili per la scelta autonoma dello studente  
Nel percorso PEGASUS**

| Insegnamento o attività formativa  | Modulo (ove presente)       | Semestre | CFU | SSD        | Tipologia (*) | Propedeuticità  |
|------------------------------------|-----------------------------|----------|-----|------------|---------------|---|
| Advanced Gasdynamics               |                             | 1°       | 9   | ING-IND/06 | 2             | Analisi matematica III  |
| Aeroelasticity                     | Fluid-structure Interaction | 1°       | 6   | ING-IND/04 | 2             | Strutture aerospaziali avanzate                               |
|                                    | Aeroelasticity              | 2°       | 6   |            |               |   |
| Aerospace Remote Sensing Systems   |                             | 2°       | 9   | ING-IND/05 | 2             |   |
| Aircraft Design                    |                             | 2°       | 9   | ING-IND/03 | 2             | Aerodinamica degli aeromobili, Dinamica e simulazione di volo |
| Air Traffic Management and Control |                             | Annuale  | 12  | ING-IND/05 | 2             |   |
| Fluid-dynamic Stability            |                             | 2°       | 6   | ING-IND/06 | 2             |   |
| Space Flight Dynamics              |                             | 1°       | 9   | ING-IND/05 | 2             |   |
| Space Systems                      |                             | 1°       | 9   | ING-IND/05 | 2             |   |
| Unmanned Aircraft Systems          |                             | 2°       | 6   | ING-IND/05 | 2             | Avionica  |

## Calendario delle attività didattiche - a.a. 2018/2019

|   | Inizio            | Termine           |
|---|-------------------|-------------------|
| <b>1° periodo didattico</b>               | 24 settembre 2018 | 21 dicembre 2018  |
| <b>1° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup> | 22 dicembre 2018  | 2 marzo 2019      |
| <b>2° periodo didattico</b>               | 6 marzo 2019      | 11 giugno 2019    |
| <b>2° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup> | 12 giugno 2019    | 31 luglio 2019    |
| <b>3° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup> | 26 agosto 2019    | 30 settembre 2019 |

<sup>(a)</sup>Gli studenti in corso possono sostenere prove di esame esclusivamente nel corso di tre "periodi di esame", con l'eccezione degli studenti iscritti all'ultimo anno del percorso normale di studi, per i quali vigono le seguenti disposizioni:

*gli allievi iscritti in corso all'ultimo anno del corso di laurea possono sostenere prove di esame a partire dalla conclusione dei corsi del I semestre, anche al di fuori dei "periodi di esame" sopra identificati, secondo la programmazione delle sedute di esame stabilita dai singoli docenti. Gli studenti che si trovano in questa condizione possono sostenere, pertanto: nei mesi da gennaio a maggio, gli esami in debito degli anni di corso precedenti nonché quelli del I semestre dell'ultimo anno; a partire dal mese di giugno, tutti gli esami.*

### Referenti del Corso di Studi

*Coordinatore dei Corsi di Studio in Ingegneria Aerospaziale* è il Professore Gennaro Cardone – Dipartimento di Ingegneria Industriale - tel. 081/7682529 - e-mail: gennaro.cardone@unina.it

*Referente del Corso di Laurea per il Programma ERASMUS* è il Professore Francesco Marulo – Dipartimento di Ingegneria Industriale - tel. 081-7683325 081-7683585 - e-mail: francesco.marulo@unina.it.

*Referente del Corso di Laurea per l'orientamento* è il Professore Francesco Franco – Dipartimento di Ingegneria Industriale - tel. 081-7683632 - e-mail: francesco.franco@unina.it.



## Insegnamento: **AERODINAMICA DEGLI AEROMOBILI**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND 06 | 9   | ✓             |    | ✓                 |    | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: NESSUNO**

| Classi  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
| Docenti |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

Studio teorico dei fenomeni aerodinamici che intervengono nelle diverse condizioni di volo di un aeromobile, impostazione dei relativi modelli fisico – matematici e metodi di soluzione.  
 Completamento della preparazione in Aerodinamica Applicata per lo studio delle altre materie professionalizzanti e per affrontare esperienze lavorative in un ufficio di Aerodinamica.

### PROGRAMMA

Profilo di missione, architettura degli aeromobili e trattamento delle geometrie. Numeri caratteristici per caratterizzare i regimi di volo; numeri di Mach critici. Funzionamento e caratteristiche aerodinamiche dei diversi tipi di superfici portanti e non. Modelli fluidodinamici nell'Ipotesi del Continuo. Richiami sulle soluzioni fondamentali dell'Aerodinamica. Le Identità di Green. Il carico alare, relazioni con la vorticità per profili ed ali. Teorie, metodi e soluzioni per superfici portanti e non portanti in campo non viscoso: teorie linearizzate, metodi semiempirici, metodi esatti. Profilo, ala diritta ed a freccia, ala a delta, effetto diedro.  
 Meccanica dei flussi viscosi. Flussi laminari, stabilità e transizione, flussi turbolenti, lo strato limite, separazione e flussi separati, bolle laminari. Campo comprimibile, interazione onda d'urto/strato limite, buffet. Stalli di bassa velocità, stalli di manovra.  
 Metodi per l'Aerodinamica Applicata: metodi a reticolo di vortici e metodi a pannelli, metodi di strato limite, accoppiamento viscoso/non viscoso, soluzione numerica (2-D) delle equazioni di Eulero e Navier-Stokes.  
 Funzionamento di profilo, ala e velivolo al variare di geometria, configurazione, numeri di Mach e Reynolds, stato delle superfici, parametri di volo. Regola delle aree. Il Sonic Boom. Polari, derivate di stabilità, decomposizione della resistenza. Effetto suolo. Ipersostentazione. Aerodinamica della propulsione: eliche, prese d'aria. Effetti delle formazioni di ghiaccio.

### MODALITA' DIDATTICHE

Didattica tradizionale. Applicazioni numeriche: SW di pubblico dominio per l'Aerodinamica Applicata (Xfoil, AVL, ANSYS-STUDENT).

### MATERIALE DIDATTICO

C. de NICOLA, APPUNTI PER UN CORSO DI AERODINAMICA DEGLI AEROMOBILI , stampato in proprio (2017)  
 V. LOSITO, "FONDAMENTI DI AERONAUTICA GENERALE", Accademia Aeronautica (1983)

### MODALITA' DI ESAME

|   |   |  |                   |  |                   |   |
|---|---|--|-------------------|--|-------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | Scritta e orale   |  | Solo scritta      |  | Solo orale        | ✓ |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla   |  | A risposta libera |  | Esercizi numerici |   |
| Altro                                   | Valutazione preliminare di attività facoltative: applicazioni numeriche individuali, elaborati monografici (anche di gruppo).<br>Verifica individuale (facoltativa) sull'acquisizione di competenze CFD |  |                   |  |                   |   |

## Insegnamento: **ANALISI MATEMATICA III**

| SSD    | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|--------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|        |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| MAT 05 | 6   | ✓             |    | ✓                 |    | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: NESSUNO**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

Gli obiettivi formativi del corso sono costituiti dall'acquisizione e dalla consapevolezza operativa di concetti matematici e di risultati fondamentali della analisi matematica, in vista delle tipiche applicazioni nell'ambito della Ingegneria e nella modellazione matematica.

### PROGRAMMA

Richiami sui numeri complessi. Funzioni elementari nel campo complesso. Serie di potenze. Funzioni analitiche. Trasformazioni conformi. Integrali di linea di funzioni di variabile complessa. Sviluppo in serie di Taylor. Sviluppo in serie di Laurent. Residui e applicazioni al calcolo di integrali. Cenni sulla misura e sull'integrazione secondo Lebesgue. Serie di Fourier; convergenza puntuale e convergenza in media quadratica, disequaglianza di Bessel. Trasformata di Fourier: definizione e proprietà formali; antitrasformata. Trasformata di Laplace: definizione; esempi notevoli di trasformata di Laplace; proprietà formali; antitrasformata; uso della trasformata di Laplace nei modelli differenziali lineari. Problemi ai limiti per equazioni differenziali omogenee e non. Identità di Green. Modellazione matematica: esempi classici. Equazione di Laplace; equazione del calore; equazioni delle onde. Classificazione delle equazioni differenziali alle derivate parziali del secondo ordine. Curve caratteristiche. Elementi di calcolo delle variazioni.

### MODALITA' DIDATTICHE

Lezioni frontali comprensive di esercitazioni.

### MATERIALE DIDATTICO

Appunti delle lezioni disponibili al sito webdocenti  
 S. Abenda - S. Matarasso, Metodi Matematici, Esculapio.  
 G.C. Barozzi, Matematica per l'Ingegneria dell'Informazione, Zanichelli.  
 S. Salsa, Equazioni a derivate parziali, Springer

### MODALITA' DI ESAME

|   |                            |  |                          |  |                          |   |
|---|----------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     |  | <b>Solo scritta</b>      |  | <b>Solo orale</b>        | ✓ |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> |  | <b>A risposta libera</b> |  | <b>Esercizi numerici</b> |   |
| Altro                                   |                            |  |                          |  |                          |   |

## Insegnamento: **STRUTTURE AEROSPAZIALI AVANZATE**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/04 | 9   | ✓             |    | ✓                 |    | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: NESSUNO**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

Il corso ha l'obiettivo di fornire i concetti essenziali per il calcolo strutturale numerico agli elementi finiti, sia per la statica che per la dinamica strutturale. Sono presentati gli elementi di base per la discretizzazione e la modellazione delle tipologie strutturali di interesse aerospaziale per consentire ai futuri ingegneri aerospaziali la capacità di analizzare e risolvere il comportamento statico e dinamico delle strutture tipiche aerospaziali con esempi di specifiche applicazioni pratiche. Sono altresì affrontate le problematiche legate alla valutazione del comportamento non-lineare delle strutture, sia dal punto di vista statico che dinamico, tenendo in conto sia le non linearità geometriche, che quelle connesse al comportamento non lineare dei materiali.

### **PROGRAMMA**

Il comportamento statico delle strutture con il metodo degli elementi finiti. Modellazione e discretizzazione. Il calcolo e l'assemblaggio della matrice di rigidezza. Il calcolo della sollecitazione e la verifica di resistenza. Gli elementi monodimensionali, bi- e tri-dimensionali. Gli elementi isoparametrici. Introduzione alla Dinamica delle Strutture. Modelli a caratteristiche concentrate. Modelli continui. Principio di Hamilton. Equazioni di Lagrange. Equazioni del moto delle vibrazioni libere in coordinate generalizzate e modali e loro soluzione con l'approccio dell'Analisi Modale. L'ortogonalità dei modi propri. Lo smorzamento nelle strutture. Modelli di smorzamento. Analisi modale reale e complessa. Risposta Dinamica delle strutture a varie tipologie di forzanti (periodiche, transitorie e random). La soluzione delle equazioni del moto con approccio diretto. Formulazione generale di un problema non-lineare. Introduzione ai metodi di analisi non lineare. Non linearità nella relazione tensioni-deformazioni (plasticità, creep, etc.). Non linearità nella relazione deformazione-spostamenti (Problemi di non linearità geometrica) per piastre sottili a comportamento misto. La schematizzazione delle non linearità dei materiali. Matrice geometrica. Matrice di rigidezza tangente. Analisi e confronti con i casi di comportamento lineare. Relazioni costitutive e impostazione del calcolo numerico per un problema dinamico non-lineare. La caratterizzazione dell'elemento finito non lineare. Altre tipologie di modelli non lineari. La Dinamica delle strutture rotanti.

### **MODALITA' DIDATTICHE**

Uso di software commerciali agli elementi finiti  
Preparazione di codici di calcolo, tipicamente in linguaggio Matlab, per applicazione del metodo agli elementi finiti

### **MATERIALE DIDATTICO**

Appunti delle lezioni  
Cook R.D., Malkus D.S., Plesha M.E., Witt R.J., "Concepts and Applications of Finite element Analysis", 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., 2002

### **MODALITA' DI ESAME**

|   |  |   |                          |   |                          |   |
|---|--|---|--------------------------|---|--------------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>                   | ✓ | <b>Solo scritta</b>      |   | <b>Solo orale</b>        |   |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b>               |   | <b>A risposta libera</b> | ✓ | <b>Esercizi numerici</b> | ✓ |
| Altro                                   | Preparazione di una tesina (facoltativa) |   |                          |   |                          |   |

## Insegnamento: **MECCANICA APPLICATA**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/13 | 9   | ✓             |    |                   | ✓  | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: NESSUNO**

| Classi  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
| Docenti |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

I corso ha lo scopo di riprendere e sviluppare alcuni argomenti della meccanica analitica per fornire gli strumenti di base per la comprensione e l'analisi dei problemi che si presentano nel funzionamento delle macchine che derivano dal movimento degli organi che le costituiscono. Tali strumenti sono quindi utilizzati per lo studio dei sistemi meccanici più diffusi in ambito industriale.

### PROGRAMMA

- Macchine e meccanismi, coppie cinematiche, gradi di libertà, classificazione delle forze, sistemi equivalenti, sistemi ridotti, resistenze passive, rendimento meccanico.
- Studio di meccanismi: meccanismo con camma, manovellismo di spinta, quadrilatero articolato, glifo, catene cinematiche aperte.
- Bilanciamento di organi rotanti. Velocità critiche flessionali e torsionali.
- Elementi di meccanica del veicolo: ruota con pneumatico; dinamica longitudinale, laterale e verticale; escursione della ruota in fase di atterraggio, ruota girevole, fenomeno dello shimmy.
- Elementi di macchine: ruote di frizione, ruote dentate, rotismi ordinari ed epicicloidali, trasmissioni con cinghia, cuscinetti, freni, sospensioni.
- Curva caratteristica meccanica; regolazione e stabilità delle condizioni di regime di un gruppo di macchine.

### MODALITA' DIDATTICHE

Sono previste visite in laboratorio per lo studio di organi meccanici, meccanismi ed alcuni fenomeni dinamici. Vengono svolte delle esercitazioni nella sala di calcolo utilizzando un software multibody commerciale. Organizzazione di seminari tenuti da relatori interni o provenienti da aziende meccaniche.

### MATERIALE DIDATTICO

Il materiale didattico è costituito da appunti disponibili sul sito del dipartimento. E consigliata la consultazione dei seguenti testi:

A.R. Guido, L. Della Pietra - Lezioni di meccanica delle macchine – CUEN

L. Della Pietra – Meccanica Applicata alle Macchine – EdiSES

M. Callegari, P. Fanghella, F. Pellicano - Meccanica Applicata alle Macchine – Citta Studi Ed.

### MODALITA' DI ESAME

|   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | <input type="checkbox"/> | <b>Solo scritta</b>      | <input type="checkbox"/> | <b>Solo orale</b>        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> | <input type="checkbox"/> | <b>A risposta libera</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Esercizi numerici</b> | <input type="checkbox"/>            |
| Altro                                   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |

## Insegnamento: **ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/35 | 6   | ✓             |    |                   | ✓  | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: NESSUNO**

| Classi  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
| Docenti |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire concetti e modelli fondamentali relativi al comportamento degli attori economici con riferimento ai sistemi micro e macroeconomici. Fornire le conoscenze di base per l'analisi delle decisioni aziendali operative e strategiche a partire dai dati sui costi e ricavi d'impresa. Fornire elementi conoscitivi di base sulla gestione e progettazione delle organizzazioni. Declinare in riferimento al settore aeronautico gli elementi fondamentali dell'economia e dell'organizzazione aziendale. Trasferire il concetto di complessità del settore aeronautico nelle sue dimensioni tecnologica, organizzativa ed economica.

### PROGRAMMA

#### PARTE PRIMA: FONDAMENTI DI ECONOMIA D'IMPRESA

1. L'impresa: definizione e modellizzazione - Costi e obiettivi - Criteri di classificazione - L'impresa, l'ambiente e il mercato; 2. Settore, impresa e competitività - L'analisi strutturale di settore - Ciclo di vita del settore; 3. Analisi interna e organizzazione di impresa; 4. Analisi dei costi - Break Even Point - BEP; 5. La valutazione degli investimenti industriali ed i relativi criteri di valutazione.

#### PARTE SECONDA: IL SETTORE AERONAUTICO

1. Natura del processo di innovazione del prodotto aeronautico - Le fasi del processo innovativo del prodotto; 2. Innovazione tecnologica ed organizzazione produttiva nel settore aeronautico - Le fasi del processo di innovazione nel settore - Le caratteristiche strutturali del settore - L'organizzazione produttiva del settore aeronautico; 3. La rete di imprese nel settore aeronautico - La rete dei rapporti oligopolistici tra le imprese - La rete dei rapporti verticali tra le imprese - I rapporti di subfornitura nel settore aeronautico - La circolazione della tecnologia tra committente e subfornitore - La relazione asimmetrica tra committente e subfornitore - Il processo di selezione delle imprese subfornitrici.

### MODALITA' DIDATTICHE

Il Corso implica la partecipazione attiva degli studenti alle lezioni, attraverso un'interazione continuativa con il docente.

In aula si svolgono discussioni e si stimolano riflessioni critiche su casi applicativi di attualità nell'ambito del settore aeronautico sia a livello nazionale che internazionale. Le lezioni possono comprendere la testimonianza in aula di esperti del settore.

### MATERIALE DIDATTICO

Dispense, slides accessorie, testo consigliato.

### MODALITA' DI ESAME

|   |                     |   |                   |   |                   |   |
|---|---------------------|---|-------------------|---|-------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | Scritta e orale     | ✓ | Solo scritta      |   | Solo orale        |   |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla |   | A risposta libera | ✓ | Esercizi numerici | ✓ |
| Altro                                   |                     |   |                   |   |                   |   |

## Insegnamento: **AVIONICA**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/05 | 6   | ✓             |    |                   | ✓  | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: NESSUNO**

| Classi  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
| Docenti |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

L'allievo alla fine del corso avrà acquisito conoscenza relativa ai principi di funzionamento, alle problematiche progettuali e di integrazione dei componenti dell'avionica di bordo di un velivolo. In particolare, saranno approfondite le problematiche relative alla navigazione aerea. L'allievo dovrà acquisire capacità di comprensione dei principali aspetti ingegneristici collegati all'utilizzo dei sistemi inerziali, dei sistemi air data, dei sistemi di radionavigazione aerea e dei sistemi di navigazione satellitare (GPS, Glonass, Galileo). Inoltre, dovrà avere padronanza delle tecniche di integrazione delle misure quali il Filtro di Kalman.

### PROGRAMMA

Sottosistemi componenti l'avionica di bordo. Moto di un giroscopio simmetrico. Strumentazione giroscopica per la misura dell'assetto: Giroscopio verticale e giroscopio orizzontale, Integrazione di un giroscopio verticale con un magnetometro, Giroscopi con un grado di libertà. Piattaforma stabilizzata. Giroscopi non convenzionali: Giroscopi di Coriolis, Dinamically Tuned Gyro, Giroscopi MEMS, Giroscopi ottici. Equazioni della navigazione inerziale. Errore della navigazione inerziale. Filtro di Kalman. Navigazione integrata. Sistemi air data. Radioassistenze: NDB, ADF, VOR, TACAN, DME, RNAV. Sistema di atterraggio strumentale (ILS). Radar Doppler. Laser altimetri. Sistemi di navigazione satellitare: Sistema GPS, Pseudorange equations, Dilution of Precision. Fonti di errore del GPS. Ricevitori a doppia frequenza. GPS differenziale. Modernizzazione del GPS e Galileo.

### MODALITA' DIDATTICHE

Lezioni frontali, esercitazioni di laboratorio, seminari con esperti del settore, visite a complessi industriali e di ricerca con riferimento alla produzione ed integrazione di avionica e sistemi di bordo.

### MATERIALE DIDATTICO

Appunti del corso e slides.

Testi di riferimento:

Collinson, R.P.G., "Introduction to Avionics Systems 2nd edition", Kluwer Academic Publishers, Boston MA, USA, 2003

Kayton, M., Fried, W.R., "Avionics Navigation Systems", 2nd ed., John Wiley&Sons, 1997

Farrell J. and Barth M., "The Global Positioning System and Inertial Navigation", McGraw Hill, New York NY, USA, 1999

Savage P.G., Strapdown Analytics, Strapdown Associates Inc., Maple Plain MN, USA, 2000

Rogers R. M., "Applied Mathematics in Integrated Navigation Instruments", AIAA Press, Washington DC, USA, 2000

Merhav, S., "Aerospace Sensor System and Applications", Springer Verlag, Washington DC, USA, 1996

Titterton, D. H., "Strapdown Inertial Navigation Technology", Peter Peregrinus, New York NY, USA, 1996

### MODALITA' DI ESAME

|   |                            |   |                          |   |                          |  |
|---|----------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|--|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | ✓ | <b>Solo scritta</b>      |   | <b>Solo orale</b>        |  |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> |   | <b>A risposta libera</b> | ✓ | <b>Esercizi numerici</b> |  |
| Altro                                   |                            |   |                          |   |                          |  |

## Insegnamento: **Dinamica e Simulazione**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/03 | 6   | ✓             |    |                   | ✓  | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: NESSUNO**

| Classi  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
| Docenti |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire gli elementi per effettuare la predizione del moto vario di un velivolo, anche in regime non lineare, e la stima dei carichi strutturali, conseguenti sia alle azioni del pilota sia a perturbazioni esterne (da raffica discreta e continua). Introdurre le moderne tecniche di simulazione del volo con l'ausilio di programmi di calcolo per la soluzione numerica delle equazioni del moto, la rappresentazione grafica del volo, la gestione dei sistemi di comando. Introdurre i principi della stabilità dinamica longitudinale e latero-direzionale di un velivolo per valutarne le qualità di volo. Gli studenti saranno guidati attraverso un ciclo di esercitazioni alla comprensione degli argomenti

### PROGRAMMA

Terne di riferimento, derivazione delle equazioni del moto, equilibrio dinamico del velivolo e moto di regime iniziale. Analisi e calcolo dei carichi di manovra. Analisi completa della virata, del rollio rapido e della vite. Carichi e risposta del velivolo in aria turbolenta. Soluzione numerica delle equazioni complete del moto. Cenni storici sui simulatori di volo. Caratteristiche dei moderni simulatori di volo. Rappresentazione delle azioni aerodinamiche e propulsive. Rappresentazione grafica degli scenari simulati. Controllo interattivo del moto dell'aeroplano e forze feedback sui comandi di volo. Uso di Matlab e Simulink, del C++, e dei metalinguaggi XML e VMRL nella simulazione del volo. Equazioni linearizzate del moto di un velivolo. Stabilità dinamica dei velivoli. Moto longitudinale e latero-direzionale. Moti caratteristici di un velivolo. Analisi dei moti di corto periodo, fugoide e dutch roll mediante l'uso di Matlab e Simulink. Qualità di volo relative al moto longitudinale e latero-direzionale.

### MODALITA' DIDATTICHE

Lezioni teoriche ed esercizi vari.

### MATERIALE DIDATTICO

Slides del corso e note. Vari Matlab files.

### MODALITA' DI ESAME

|   |                     |   |                   |   |                   |  |
|---|---------------------|---|-------------------|---|-------------------|--|
| L'esame si articola in prova            | Scritta e orale     | ✓ | Solo scritta      |   | Solo orale        |  |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla |   | A risposta libera | ✓ | Esercizi numerici |  |
| Altro                                   |                     |   |                   |   |                   |  |

Insegnamento: **AEROELASTICITY – modulo: FLUID-STRUCTURE INTERACTION**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/04 | 6   |               | ✓  | ✓                 |    |          | ✓       |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Strutture Aerospaziali Avanzate**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

The background of the students inside the structural aerospace engineering field will be completed by correlating several arguments. They are interpreted in a modern sense as fluid-structure interaction. The student:

- \*) will be introduced to the specific themes by using examples very close to the common engineering practice;
- \*) will acquire lexicon, tools and methods;
- \*) will learn how to manage complex and complete procedures;
- \*) will analyse if the available data and tools are suitable and enough for getting the required results.

**PROGRAMMA**

- Generalities about the Fluid-Structure Interaction (Aero/Acousto/Elasticity)
- The piston-pipe system: the simplest coupled system.
- Summary of the Deterministic Approaches (modal methods) in continuous and discrete coordinates schemes.
- Non-Lifting Aeroelasticity: remarks on instability and response for simplified scheme.
- Influence of the excitation/acquisition set-up on the measurements
- Fundamentals of Waves, Modes and Energy (characteristic wave speed in solids, modal density, mechanical and acoustic impedances, damping).
- Energy Methods and Energy Distribution Approach.
- Notes on Similitude and Scaling Approaches.
- Spectral Finite Element Approach: Dispersion Curves (material characterization).
- Stochastic response of linear systems.
- Fundamentals of aeroacoustoelastic problems.

**MODALITA' DIDATTICHE**

Classical oral lessons and numerical/experimental laboratory activities. It will be asked to the students a high level of participation to the lessons and related homework. This course should be actively lived in order to get the best results. For this reason each course, year by year, will offer and develop different contents.

**MATERIALE DIDATTICO**

- Course Notes
- Cremer, Heckl and Petersson, Structure-Borne Sound (Required)
- Hambric, Nefske, and Sung (editors), (Optional) Engineering Vibroacoustic Analysis: Methods and Applications, Wiley, 2016.
- Nilsson and Liu, Vibro-Acoustics, Springer (Optional)

**MODALITA' DI ESAME**

|   |   |   |                          |   |                          |   |
|---|---|---|--------------------------|---|--------------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>                            | ✓ | <b>Solo scritta</b>      |   | <b>Solo orale</b>        |   |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b>                        |   | <b>A risposta libera</b> | ✓ | <b>Esercizi numerici</b> | ✓ |
| Altro                                   | <b>Writing a technical report (not mandatory)</b> |   |                          |   |                          |   |



*Insegnamento: AEROELASTICITY – modulo: AEROELASTICITY*

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/04 | 6   |               | ✓  |                   | ✓  |          | ✓       |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Strutture Aerospaziali Avanzate**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

The objective of the course is to introduce the student to the problems of the interaction of aerodynamics, inertia and elastic forces for a flexible structure and the phenomena that can result. The course will be based upon the knowledge of the finite element method and the aerodynamics of lifting surfaces, and moves toward the methods of the aeroelasticity from both the numerical and the experimental point of view. The ability of setting up an experimental modal testing will be discussed and the students will be requested to deal with ground vibration testing and identification methods. The aeroelastic approach will represent furthermore the basis for the design and multidisciplinary optimization of flexible structures.

**PROGRAMMA**

Structural dynamics of single and multi degree of freedom systems. Vibration of continuous systems. Static aeroelasticity. Lift distribution, divergence and control effectiveness. Introduction to unsteady aerodynamics. Experimental modal analysis. Ground vibration tests. Measurements and identification of structural modal parameters. The reduced frequency. The simple aeroelastic wing section. Dynamic aeroelasticity. Unsteady aerodynamics. The Doublet Lattice Method. The flutter phenomenon. The wing section flutter speed. The numerical flutter calculations. The aeroelastic behavior of control surfaces. The V-g and p-k method. Effect of non-linearities. Buffeting. Gust and turbulence encounters in time domain and frequency domain. Ground manoeuvres. Flight flutter testing. Aeroelastic wind tunnel testing. The aeroelasticity of civil structures. Aeroelastic phenomena of rotating structures.

**MODALITA' DIDATTICHE**

Practice with commercial finite element programs  
Implementation of self-coded program, usually using Matlab, for solving simple aeroelastic problems

**MATERIALE DIDATTICO**

Course notes  
Bisplinghoff R. L., Ashley H., Halfman R. L., Aeroelasticity, Dover Publications, 1996  
Wright J. R., Cooper J. E., Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads, John Wiley & Sons, Ltd. 2007

**MODALITA' DI ESAME**

|   |   |                          |                          |                                     |                          |                                     |
|---|---|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>                            | <input type="checkbox"/> | <b>Solo scritta</b>      | <input checked="" type="checkbox"/> | <b>Solo orale</b>        | <input type="checkbox"/>            |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b>                        | <input type="checkbox"/> | <b>A risposta libera</b> | <input checked="" type="checkbox"/> | <b>Esercizi numerici</b> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Altro                                   | <b>Writing a technical report (not mandatory)</b> |                          |                          |                                     |                          |                                     |

## Insegnamento: AIRCRAFT DESIGN

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/03 | 9   |               | ✓  |                   | ✓  |          | ✓       |

### Insegnamenti propedeutici previsti: Aerodinamica degli Aeromobili, Dinamica e Simulazione di Volo

| Classi  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
| Docenti |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

The course will show a complete and organic methodology for the preliminary design of transport aircraft. Starting from the design requirements, all problems concerning design of airplane component's and the design of the complete aircraft will be shown. A software tool for preliminary sizing of aircraft is demonstrated. Application, methods and data to enable case studies of subsonic aircraft design are provided and students will develop in group the preliminary design of a transport aircraft also enhancing their soft skill and team-working capabilities.

### PROGRAMMA

Aircraft design process and phases. Certification rules and impact on the design. Overall configuration. Design requirements. Preliminary design and optimization. Different configurations and arrangements. Propulsion and engine position. Preliminary sizing (aircraft weights, wing area and installed thrust).  
 Wing Design. Flight performances, cruise speed. Drag divergence and buffeting.  
 High-lift system design. Stall speed. Take-off and Landing.  
 Fuselage design. Drag polar estimation. Flight performances calculation.  
 Range(propeller and jet). Block speed. Pay-load Range diagram. Direct Operative Costs (DOC). Optimal range and speed. Transport efficiency. Aileron efficiency and design. Aircraft weight estimation. Weight and balance.  
 Landing gear design. Tail design for stability and control. Longitudinal stability and control. Horizontal plane design. Stick fixed and stick free stability (neutral point). Stick force. Maneuvering stability.  
 Directional stability and control. Vertical tailplane design. Minimum control speed (VMC). Adverse yaw. Lateral stability and dihedral effect. Aircraft cost, safety and environmental issues

### MODALITA' DIDATTICHE

Lectures on theory and exercises and applied examples focused on the development of a conceptual/preliminary design of an airplane.

### MATERIALE DIDATTICO

Slides and course notes. The students will be also working with a specific software called ADAS for aircraft preliminary design.

### MODALITA' DI ESAME

|   |   |   |                          |   |                          |  |
|---|---|---|--------------------------|---|--------------------------|--|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>  | ✓ | <b>Solo scritta</b>      |   | <b>Solo orale</b>        |  |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b>  |   | <b>A risposta libera</b> | ✓ | <b>Esercizi numerici</b> |  |
| Altro                                   | Examination consists on a written essay on two assigned topics (i.e. design of the wing, design of the vertical tail). Evaluation of student's capabilities concerning synthesis, link among different topics and design procedures. The development of the group design project gives an additional score (it is not mandatory). |   |                          |   |                          |  |

**Insegnamento: COSTRUZIONI AEROSPAZIALI II**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/04 | 6   |               | ✓  |                   | ✓  | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Strutture Aerospaziali Avanzate**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Il corso ha come obiettivo l'acquisizione di strumenti teorici e pratici per la risoluzione di problemi strutturali relativamente ai materiali compositi di utilizzo aerospaziale, tramite il calcolo dello stato tensionale in laminati ortotropi, la definizione dei criteri di rottura e la definizione dei criteri di dimensionamento strutturale. Viene inoltre analizzata la meccanica della frattura elastico lineare in strutture realizzate con materiali metallici e definiti i criteri di calcolo della progressione di cricche in diverse tipologie strutturali.

**PROGRAMMA**

Effetto dell'impedimento dei vincoli nelle travi a sezione sottile: shear lag e flessotorsione. Comportamento elastico di laminati multi-direzionali sottoposti a carichi termo-mecanici. Teoria classica della laminazione. Criteri di rottura in laminati. Stress e rotture interlaminari di laminati multi-direzionali. Metodi di progetto di strutture in composito. Delaminazioni per impatti a basse velocità. Buckling di piastre in laminato composito. Dimensionamento di un tronco di fusoliera. Applicazioni FEM  
 Curve S-N e vita a fatica. Fattore di intensificazione delle tensioni. Criteri energetici nella meccanica della frattura. Modelli di propagazione della cricca. Calcolo della propagazione della cricca in un componente strutturale aeronautico (ad es. fusoliera pressurizzata). Verifiche degli elementi strutturali di un tronco di fusoliera irrigidito pressurizzato. Applicazioni FEM. Cenni sui metodi non distruttivi. Applicazioni in laboratorio di tecniche ad ultrasuoni per la determinazione di delaminazioni.

**MODALITA' DIDATTICHE**

Didattica tradizionale

**MATERIALE DIDATTICO**

- T.H. Megson, Aircraft structures for Engineering Students – Edward Arnold
- R.M. Jones, Mechanics Of Composite Materials, CRC Press
- M.C.-Y. Niu, Composite airframe structures: practical design information and data, Conmlit Press LTD 1992
- Basic Mechanics of Laminated Composite Plates, NASA RP 1351 (Free download from: [http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19950009349\\_1995109349.pdf](http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19950009349_1995109349.pdf))
- Appunti del corso,

**MODALITA' DI ESAME**

|   |                            |   |                          |  |                          |   |
|---|----------------------------|---|--------------------------|--|--------------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | ✓ | <b>Solo scritta</b>      |  | <b>Solo orale</b>        |   |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> |   | <b>A risposta libera</b> |  | <b>Esercizi numerici</b> | ✓ |
| Altro                                   | Sviluppo di elaborati      |   |                          |  |                          |   |

**Insegnamento: ADVANCED GASDYNAMICS**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/06 | 9   |               | ✓  | ✓                 |    |          | ✓       |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Analisi Matematica III**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

In depth study of the gasdynamics and compressible flow.  
 Methodologies for the determination of unsteady and two-dimensional compressible flow fields.  
 Solution of dissipative motions with integral methods.

**PROGRAMMA**

Mass addition. Generalized one dimensional flow.  
 Conical supersonic flow. Solution of the Taylor Maccoll equation.  
 Detonation and deflagration. Structure of a shock wave.  
 Potential equation. Partial differential equation, theory of the characteristics.  
 Unsteady flow and theory of the characteristics. Intersection and reflections of waves. Shock tube. Linearized equations for subsonic and supersonic flows and second order corrections.  
 3D flows.  
 Transonic flows.  
 Shallow water Analogy and Traffic Analogy.  
 Viscous flow and heat transfer in ducts. Wedge flow and Falkner Scan equation.

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lectures and exercises.

**MATERIALE DIDATTICO**

Slides del corso. Anderson, Modern Compressible Flow, 1990. John and Keith, Gas dynamics, 2006. Liepmann and Roshko, Elements of gasdynamics, 2002. Thompson, Compressible Fluid Dynamics, McGraw-Hill, 1972. Hodge and Koenig, Compressible Fluid Dynamics: With Personal Computer Applications, 1995. Shapiro, The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow, Vol. I and II, 1953. White Fluid Mechanics, 1999.

**MODALITA' DI ESAME**

|   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | <input type="checkbox"/> | <b>Solo scritta</b>      | <input type="checkbox"/> | <b>Solo orale</b>        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> | <input type="checkbox"/> | <b>A risposta libera</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Esercizi numerici</b> | <input type="checkbox"/>            |
| Altro                                   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |

*Insegnamento:* **AERODINAMICA DELL'ALA ROTANTE**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/06 | 9   |               | ✓  | ✓                 |    | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Aerodinamica degli Aeromobili**

| Classi  |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
| Docenti |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Acquisizione degli strumenti teorici e pratici necessari alla progettazione aerodinamica di eliche, rotori e turbine eoliche.

**PROGRAMMA**

Aerodinamica dell'elica. Introduzione all'aerodinamica instazionaria. Teorie impulsive. Teorie dell'elemento di pala. Eliche intubate. Effetti della comprimibilità. Propeller design. Aerodinamica del rotore. Il rotore in hovering: teoria impulsiva per il rotore in hovering, teoria dell'elemento di pala per il rotore in hovering, il rotore ideale, il rotore ottimo, il rotore reale, cifra di merito, curve di funzionamento in salita e discesa. Il rotore rigido in volo traslato: teoria impulsiva per le eliche in flusso non assiale, il rotore in volo traslato, stima della potenza necessaria al volo traslato livellato. Il rotore articolato, calcolo dei coefficienti di flappeggio, stallo del rotore. Aerodinamica degli aeromotori. Aeromotori ad asse orizzontale: generalità, le caratteristiche delle turbine, il limite di Betz, coppia e potenza ottime per un aeromotore ad asse orizzontale, geometria della pala, concentratori di vento. Aeromotori ad asse verticale: turbine ad azione differenziale, turbine tipo Darrieus, teoria a singolo tubo di flusso. Metodi numerici per l'ala rotante. Metodi per flussi non viscosi. Metodi per flussi viscosi. Un modello numerico di disco attuatore.

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lezioni; esercitazioni che richiedono l'uso sia di calcolatrici tascabili che di personal computers; proiezioni di filmati. Seminari.

**MATERIALE DIDATTICO**

Lezioni di Aerodinamica dell'ala rotante di Renato Tognaccini, disponibili online.

**MODALITA' DI ESAME**

|   |                                      |   |                          |  |                          |   |
|---|--------------------------------------|---|--------------------------|--|--------------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>               | ✓ | <b>Solo scritta</b>      |  | <b>Solo orale</b>        |   |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b>           |   | <b>A risposta libera</b> |  | <b>Esercizi numerici</b> | ✓ |
| Altro                                   | Sviluppo di progetti al calcolatore. |   |                          |  |                          |   |

## Insegnamento: FLUID-DYNAMIC STABILITY

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/06 | 6   |               | ✓  |                   | ✓  |          | ✓       |

**Insegnamenti propedeutici previsti: nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

The course addresses basic theories and advanced investigation methodologies to analyze flows instabilities. Inner and open shear flows are particularly investigated. Industrial problems such as the prediction of laminar-to-turbulence transition and the break-up of two-phase interface leading to atomization phenomena are some of the major application fields.

### PROGRAMMA

Basic concepts and definitions of stability in Fluid mechanics. Lyapunov and asymptotic stability. Bifurcation and instability. Basic elements of function spaces, inner product and norm. Linearized equations of disturbances. Temporal normal modes analysis for parallel flows. Sturm-Liouville eigenvalues problem. Some classic models: Kelvin-Helmholtz instability, capillary instability of a jet. Localized disturbances in space and time, spatio-temporal theory. Absolute and convective instability. Spatial normal modes. Landau-Ginzburg equation. Stability of parallel flows: inviscid and viscous theories. Rayleigh inflection point theorem. Squire theorem. Orr-Sommerfeld equation. Stability of non-parallel flows. Global instability. Connections between global instability and absolute/convective instability for locally parallel flows. Theory of non-modal instability. Growth function and pseudospectrum. Comparison of modal and non-modal theories for industrial flows: Poiseuille flow, Blasius flow, jet, wake, mixing layer. Laminar-to-turbulent transition in wall bounded flows. Criteria of turbulence prediction.  $e^N$  method.

### MODALITA' DIDATTICHE

Lectures, numerical exercises, application seminars.

### MATERIALE DIDATTICO

Notes on lectures delivered by the teacher and available on web site <https://www.docenti.unina.it>. Some suggested textbooks: P.G. Drazin, Introduction to Hydrodynamic Stability, Cambridge University Press, 2002. P. Huerre and P.A. Monkewitz, Ann. Rev. Fluid Mech., 32, 473-537, 1990. P.J. Schmid and D. S. Henningson, Stability and Transition in Shear Flows, Springer, 2001.

### MODALITA' DI ESAME

|   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | <input type="checkbox"/> | <b>Solo scritta</b>      | <input type="checkbox"/> | <b>Solo orale</b>        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> | <input type="checkbox"/> | <b>A risposta libera</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Esercizi numerici</b> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Altro                                   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |

Insegnamento: **FLUIDODINAMICA NUMERICA** modulo: **FLUIDODINAMICA NUMERICA I**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/06 | 6   |               | ✓  | ✓                 |    | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Obiettivo comune ai due moduli è quello di fornire all'allievo i fondamenti razionali della Fluidodinamica Numerica che poggiano su di una base di conoscenze di analisi matematica, algebra lineare, metodi numerici e meccanica dei fluidi.

In questo primo modulo del corso l'allievo avrà modo di comprendere le problematiche lineari associate ai flussi Stokesiani stazionari e non stazionari, esercitandosi nella costruzione di codici alle Differenze Finite (DF) e con il Metodo degli Elementi Finiti (MEF) ed affacciandosi alle problematiche del trattamento numerico dei termini convettivi delle Equazioni di Navier-Stokes.

Scopo della preparazione dell'intero corso di Fluidodinamica Numerica è quello di fornire all'allievo i mezzi sia per rispondere alla domanda di lavoro nel settore della Fluido-Dinamica Computazionale (CFD), sia per disporre -da utente- di sufficiente consapevolezza delle potenzialità e dei limiti dei codici commerciali di Fluidodinamica Computazionale.

**PROGRAMMA**

Richiami di algebra lineare: Spazi Vettoriali a dimensioni finite, Matrici come operatori lineari tra detti spazi vettoriali, Spazi Normati, Spazi di Hilbert. Norme di Hoelder e Medie di Jensen. Alcune matrici particolari. Autovettori ed Autovalori; criteri di localizzazione degli autovalori. Norme matriciali e Norme matriciali indotte. Metodi di calcolo alle Differenze Finite (DF) per problemi di natura ellittica e parabolica. Il Metodo agli Elementi Finiti (MEF) con il MATLAB: PDE\_tool.

Fondamenti di calcolo iterativo per problemi lineari e non lineari.

Il Problema Inverso del Calcolo Vettoriale (PICV) e la sua risoluzione numerica alle DF e col MEF: test case con i metodi analitici classici nel caso di specificazione 2D del PICV nel modello delle Equazioni di Cauchy-Riemann. Uso del PICV per la Risoluzione Numerica delle Equazioni di Navier-Stokes (NS) per moti incompressibili in regime laminare stazionario e non stazionario. Modelli per flussi Stokesiani con le DF ed il MEF: matrici di Galerkin associate e problematiche della loro risoluzione numerica.

Il trasporto lineare di grandezze scalari passive. I termini convettivi nell'equazione di bilancio della quantità di moto delle NS incompressibili: le varie forme analitiche ed il loro trattamento numerico: l'approccio semi-Lagrangiano e gli schemi principali nei metodi ai Volumi di Controllo.

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lezioni teoriche, applicazioni al computer illustrate dal docente ed esercitazioni pratiche svolte dagli allievi presso i Laboratori di Informatica utilizzando il linguaggio MATLAB.

**MATERIALE DIDATTICO**

Meola-de Felice: Fondamenti Lineari per la Fluidodinamica Numerica - L'Ateneo Napoli. Appunti del docente, Prototipi di Codici di Calcolo in MATLAB illustrati durante le esercitazioni..

**MODALITA' DI ESAME**

|   |   |   |                          |  |                          |   |
|---|---|---|--------------------------|--|--------------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>                                | ✓ | <b>Solo scritta</b>      |  | <b>Solo orale</b>        |   |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b>                            |   | <b>A risposta libera</b> |  | <b>Esercizi numerici</b> | ✓ |
| Altro                                   | Lavoro finale al computer (a casa) e colloquio orale. |   |                          |  |                          |   |

Insegnamento: **FLUIDODINAMICA NUMERICA** modulo: **FLUIDODINAMICA NUMERICA II**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/06 | 6   |               | ✓  |                   | ✓  | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Obiettivo comune ai due moduli è quello di fornire all'allievo i fondamenti razionali della Fluidodinamica Numerica che poggiano su di una base di conoscenze di analisi matematica, algebra lineare, metodi numerici e meccanica dei fluidi.

In questo secondo modulo del corso verranno considerate le problematiche non-lineari tipiche della Simulazione Numerica delle Equazioni di Navier Stokes per i flussi compressibili. Infine si accennerà alla modellistica della turbolenza nei moti incompressibili ed alle relative applicazioni numeriche.

Scopo della preparazione dell'intero corso di Fluidodinamica Numerica è quello di fornire all'allievo i mezzi sia per rispondere alla domanda di lavoro nel settore della Fluidodinamica Computazionale (CFD), sia per disporre -da utente- di sufficiente consapevolezza delle potenzialità e dei limiti dei codici commerciali di Fluidodinamica Computazionale.

**PROGRAMMA**

Problemi del trasporto convettivo non lineare con particolare riferimento ai flussi compressibili instazionari a partire dal modello dell'eq. di Burgers: soluzioni deboli, soluzioni stabili, proprietà di monotonia, TVD. Teorema di Lax-Wendroff per gli schemi alle DF; Teorema di Godunov. Principi di costruzione dei flussi numerici per le Equazioni di Eulero nel caso 1D, basata sulla conoscenza delle Soluzioni d'Onda e delle Soluzioni Simili. Costruzione in aula di codici per flussi compressibili non viscosi.

I problemi di modellazione della convezione per i flussi turbolenti: modifica delle variabili dipendenti e chiusura del modello convettivo (RANS).

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lezioni teoriche, applicazioni ed esercitazioni al computer. Sviluppo di un elaborato finale.

**MATERIALE DIDATTICO**

Testi classici per metodi numerici per flussi compressibili. Appunti del docente, Codici da esercitazioni al computer

**MODALITA' DI ESAME**

|                              |                        |   |                     |  |                   |  |
|------------------------------|------------------------|---|---------------------|--|-------------------|--|
| L'esame si articola in prova | <b>Scritta e orale</b> | ✓ | <b>Solo scritta</b> |  | <b>Solo orale</b> |  |
|------------------------------|------------------------|---|---------------------|--|-------------------|--|

|   |                            |  |                          |  |                          |   |
|---|----------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|---|
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> |  | <b>A risposta libera</b> |  | <b>Esercizi numerici</b> | ✓ |
|---|----------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|---|

|       |   |  |  |  |  |  |
|-------|---|--|--|--|--|--|
| Altro | Sviluppo di un progetto finale al calcolatore |  |  |  |  |  |
|-------|---|--|--|--|--|--|



## Insegnamento: TURBOLENZA

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/06 | 6   |               | ✓  |                   | ✓  | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

Dopo aver introdotto le problematiche più basilari dei moti turbolenti ed i corrispondenti modelli semplificati per flussi interni ed esterni, condurre gli allievi, attraverso opportuni approfondimenti teorici, alla comprensione ed all'impiego cosciente delle modellistiche teoriche e simulate più recenti.

### PROGRAMMA

Origine e natura dei moti turbolenti. Necessità dell'approccio statistico-probabilistico: richiami elementari. Equazioni mediate per il bilancio della massa, della quantità di moto e di grandezze scalari. L'equazione del tensore di Reynolds ed il problema della chiusura. Equazioni di bilancio per l'energia cinetica per il moto medio e turbolento. La viscosità turbolenta. Flussi turbolenti in prossimità di pareti. La legge di parete. Effetti della rugosità. Flussi turbolenti di getti, mixing layers e scie. Moti turbolenti intorno a corpi di diversa forma: abachi e diagrammi. Lo studio della struttura della turbolenza: fenomeni casuali nello spazio e nel tempo, correlazioni spaziali e temporali. Stazionarietà ed omogeneità statistiche, turbolenza isotropa. Le scale della turbolenza ed i meccanismi di scambio e dissipazione dell'energia cinetica turbolenta dal punto di vista dello spazio reale e di quello spettrale. La teoria dell'equilibrio universale di Kolmogorov. Limitazioni prevedibili nell'ambito della Simulazione Numerica Diretta (DNS). Modelli algebrici, Modelli differenziali ad Una, Due (tipo K-epsilon) e Sette equazioni (RSM): analisi di vantaggi ed inconvenienti. Large Eddy Simulation (LES): filtri ed equazioni filtrate, il tensore residuale degli sforzi e sue decomposizioni, il modello di Smagorinsky. Equazioni di Navier-Stokes nello spazio dei numeri d'onda. Qualche modello più raffinato per il tensore residuale degli sforzi: il modello Dinamico e quello Misto. Problematiche della simulazione in prossimità di pareti. Cenni sulle problematiche numeriche in approcci LES/DNS: schemi upwind o centrati, viscosità artificiale, instabilità non lineari e conservazione discreta dell'energia cinetica. Cenni alla questione dell'imprevedibilità ed i suoi effetti sulla propagazione dell'errore modellistico a livello delle grandi scale. Cenni alle problematiche dei flussi turbolenti compressibili ed ai relativi approcci simulativi.

### MODALITA' DIDATTICHE

Lezioni tradizionali, Proiezione e Commento di filmati pertinenti del National Committee for Fluid Mechanics Film, Illustrazione interattiva di applicazioni numeriche sui modelli RANS/LES/DNS.

### MATERIALE DIDATTICO

J.O. Hinze, TURBULENCE, McGraw-Hill 1975  
 S. B. Pope, TURBULENT FLOWS, Cambridge University Press, 2003  
 A.S. Monin & A. M. Yaglom Statistical Fluid Mechanics: Mechanics of Turbulence Vol. 1 Dover Publications (2007 Copia Anastatica dell'edizione 1971 MIT Press)  
 A.S. Monin & A. M. Yaglom Statistical Fluid Mechanics: Mechanics of Turbulence Vol. 2 Dover Publications (2007 Copia Anastatica dell'edizione 1971 MIT Press)  
 P.A. Durbin & B.A. Pettersson Reif Statistical Theory and Modeling for Turbulent Flows Second Edition (2011) John Wiley and Sons Publications

### MODALITA' DI ESAME

|   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | <input type="checkbox"/> | <b>Solo scritta</b>      | <input type="checkbox"/> | <b>Solo orale</b>        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> | <input type="checkbox"/> | <b>A risposta libera</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Esercizi numerici</b> | <input type="checkbox"/>            |
| Altro                                   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |



Insegnamento: **FLUIDODINAMICA NUMERICA** modulo: **FLUIDODINAMICA NUMERICA II**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/06 | 6   |               | ✓  |                   | ✓  | ✓        |         |

Insegnamenti propedeutici previsti: **Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Obiettivo comune ai due moduli è quello di fornire all'allievo i fondamenti razionali della Fluidodinamica Numerica che poggiano su di una base di conoscenze di analisi matematica, algebra lineare, metodi numerici e meccanica dei fluidi.

In questo secondo modulo del corso verranno considerate le problematiche non-lineari tipiche della Simulazione Numerica delle Equazioni di Navier Stokes per i flussi compressibili. Infine si accennerà alla modellistica della turbolenza nei moti incompressibili ed alle relative applicazioni numeriche.

Scopo della preparazione dell'intero corso di Fluidodinamica Numerica è quello di fornire all'allievo i mezzi sia per rispondere alla domanda di lavoro nel settore della Fluidodinamica Computazionale (CFD), sia per disporre -da utente- di sufficiente consapevolezza delle potenzialità e dei limiti dei codici commerciali di Fluidodinamica Computazionale.

**PROGRAMMA**

Problemi del trasporto convettivo non lineare con particolare riferimento ai flussi compressibili instazionari a partire dal modello dell'eq. di Burgers: soluzioni deboli, soluzioni stabili, proprietà di monotonia, TVD. Teorema di Lax-Wendroff per gli schemi alle DF; Teorema di Godunov. Principi di costruzione dei flussi numerici per le Equazioni di Eulero nel caso 1D, basata sulla conoscenza delle Soluzioni d'Onda e delle Soluzioni Simili. Costruzione in aula di codici per flussi compressibili non viscosi.

I problemi di modellazione della convezione per i flussi turbolenti: modifica delle variabili dipendenti e chiusura del modello convettivo (RANS).

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lezioni teoriche, applicazioni ed esercitazioni al computer. Sviluppo di un elaborato finale.

**MATERIALE DIDATTICO**

Testi classici per metodi numerici per flussi compressibili. Appunti del docente, Codici da esercitazioni al computer

**MODALITA' DI ESAME**

|                              |                        |                                     |                     |                          |                   |                          |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| L'esame si articola in prova | <b>Scritta e orale</b> | <input checked="" type="checkbox"/> | <b>Solo scritta</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Solo orale</b> | <input type="checkbox"/> |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|

|   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> | <input type="checkbox"/> | <b>A risposta libera</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Esercizi numerici</b> | <input checked="" type="checkbox"/> |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|

|       |   |  |  |  |  |  |
|-------|---|--|--|--|--|--|
| Altro | Sviluppo di un progetto finale al calcolatore |  |  |  |  |  |
|-------|---|--|--|--|--|--|

## Insegnamento: TURBOLENZA

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/06 | 6   |               | ✓  |                   | ✓  | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

Dopo aver introdotto le problematiche più basilari dei moti turbolenti ed i corrispondenti modelli semplificati per flussi interni ed esterni, condurre gli allievi, attraverso opportuni approfondimenti teorici, alla comprensione ed all'impiego cosciente delle modellistiche teoriche e simulate più recenti.

### PROGRAMMA

Origine e natura dei moti turbolenti. Necessità dell'approccio statistico-probabilistico: richiami elementari. Equazioni mediate per il bilancio della massa, della quantità di moto e di grandezze scalari. L'equazione del tensore di Reynolds ed il problema della chiusura. Equazioni di bilancio per l'energia cinetica per il moto medio e turbolento. La viscosità turbolenta. Flussi turbolenti in prossimità di pareti. La legge di parete. Effetti della rugosità. Flussi turbolenti di getti, mixing layers e scie. Moti turbolenti intorno a corpi di diversa forma: abachi e diagrammi. Lo studio della struttura della turbolenza: fenomeni casuali nello spazio e nel tempo, correlazioni spaziali e temporali. Stazionarietà ed omogeneità statistiche, turbolenza isotropa. Le scale della turbolenza ed i meccanismi di scambio e dissipazione dell'energia cinetica turbolenta dal punto di vista dello spazio reale e di quello spettrale. La teoria dell'equilibrio universale di Kolmogorov.

Limitazioni prevedibili nell'ambito della Simulazione Numerica Diretta (DNS). Modelli algebrici, Modelli differenziali ad Una, Due (tipo K-epsilon) e Sette equazioni (RSM): analisi di vantaggi ed inconvenienti. Large Eddy Simulation (LES): filtri ed equazioni filtrate, il tensore residuale degli sforzi e sue decomposizioni, il modello di Smagorinsky. Equazioni di Navier-Stokes nello spazio dei numeri d'onda. Qualche modello più raffinato per il tensore residuale degli sforzi: il modello Dinamico e quello Misto. Problematiche della simulazione in prossimità di pareti. Cenni sulle problematiche numeriche in approcci LES/DNS: schemi upwind o centrati, viscosità artificiale, instabilità non lineari e conservazione discreta dell'energia cinetica. Cenni alla questione dell'impredicibilità ed i suoi effetti sulla propagazione dell'errore modellistico a livello delle grandi scale. Cenni alle problematiche dei flussi turbolenti compressibili ed ai relativi approcci simulativi.

### MODALITA' DIDATTICHE

Lezioni teoriche, applicazioni ed esercitazioni al computer. Sviluppo di un elaborato finale.

### MATERIALE DIDATTICO

J.O. Hinze, TURBULENCE, McGraw-Hill 1975  
 S. B. Pope, TURBULENT FLOWS, Cambridge University Press, 2003  
 A.S. Monin & A. M. Yaglom Statistical Fluid Mechanics: Mechanics of Turbulence Vol. 1 Dover Publications (2007 Copia Anastatica dell'edizione 1971 MIT Press)  
 A.S. Monin & A. M. Yaglom Statistical Fluid Mechanics: Mechanics of Turbulence Vol. 2 Dover Publications (2007 Copia Anastatica dell'edizione 1971 MIT Press)  
 P.A. Durbin & B.A. Pettersson Reif Statistical Theory and Modeling for Turbulent Flows Second Edition (2011) John Wiley and Sons Publications

### MODALITA' DI ESAME

|   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | <input type="checkbox"/> | <b>Solo scritta</b>      | <input type="checkbox"/> | <b>Solo orale</b>        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> | <input type="checkbox"/> | <b>A risposta libera</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Esercizi numerici</b> | <input type="checkbox"/>            |
| Altro                                   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |

## Insegnamento: AEROSPACE REMOTE SENSING SYSTEMS

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/05 | 9   |               | ✓  |                   | ✓  |          | ✓       |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

This course is intended to provide a basic knowledge of scientific and engineering problems related to the aerospace systems for earth observation, with particular reference to airborne and spaceborne high resolution sensors, both in the electro-optical and microwave region of the electromagnetic spectrum, and to space remote sensing mission analysis and design.

### PROGRAMMA

Basics of physics of remote sensing. Basics of atmospheric effects on radiation propagation and atmospheric windows. Basics on spectral properties and spectral signatures of natural and man-made targets. Impact on spectral band selection of remote sensors. Examples.

Passive electro-optical systems, basics of radiometry and optics, telescopes, detectors. Amplitude and Phase Modulation Transfer Functions and geo-radiometric resolution. Multispectral and hyperspectral systems. Data acquisition and basics of digital processing. Radiometric Calibration, Geometric Calibration, Image Registration and Georeferencing.

Active microwave systems, pulse, Doppler and chirp radar, side-looking radar. Basics on antenna pattern and radar equation for point and extended targets. Synthetic aperture radar (SAR), geometrical issues and range and azimuth resolutions, range-Doppler analogy, Pulse Repetition Frequency, ambiguity. Basics on chirp compression and SAR processing.

Interferometric and multistatic systems, basics of interferometric processing. Examples of possible solutions and system design.

Mission analysis of space remote sensing systems, sunsynchronous orbits, repetition factor and coverage patterns, pointing maneuvers, factors affecting orbit and pointing design. Constellations. Examples. Elements on Ground Stations.

### MODALITA' DIDATTICHE

Lectures and exercises

### MATERIALE DIDATTICO

T. M. Lillesand et al., "Remote Sensing and Image Interpretation", J. Wiley & Sons, 2004 - A. V. Oppenheim et al., "Signals and Systems", Prentice Hall, 1997 - F. T. Ulaby et al., "Microwave Remote Sensing Active and Passive", Addison-Wesley, 1981 - A. Moccia, "Synthetic Aperture Radar", Encyclopedia of Aerospace Engineering, J. Wiley & Sons, 2012 - K.I. Duck et al. "Orbital Mechanics for Remote Sensing", in Manual of Remote Sensing, American Society of Photogrammetry, Virginia, Vol. 1, 1983.

### MODALITA' DI ESAME

|   |                            |   |                          |   |                          |   |
|---|----------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | ✓ | <b>Solo scritta</b>      |   | <b>Solo orale</b>        |   |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> |   | <b>A risposta libera</b> | ✓ | <b>Esercizi numerici</b> | ✓ |
| Altro                                   |                            |   |                          |   |                          |   |

Insegnamento: **FLUIDODINAMICA SPAZIALE** modulo: **AERODINAMICA IPERSONICA**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/06 | 6   |               | ✓  | ✓                 |    | ✓        |         |

Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno

|         |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
| Classi  |  |  |  |  |
| Docenti |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Introdurre la problematica del rientro e delle correnti ad alta velocità. Spiegare i principi fisici dell'Aerodinamica degli alti numeri di Mach e l'evoluzione del gas in cui avvengono reazioni chimiche. Generalizzare le equazioni del bilancio e quelle di strato limite per tenere conto della presenza di reazioni chimiche e diffusione di specie chimiche. Introdurre l'aerodinamica dei mezzi discreti e descrizione della fenomenologia dei regimi di molecole libere e di transizione.

**PROGRAMMA**

Problematica ipersonica. Rientro. Aerotermochimica. Modello di Lighthill e modello di Monti-Napolitano. Richiami sulle onde d'urto, equazioni fondamentali, calcolo dell'angolo d'urto (metodo di Newton-Raphson) e valutazione della zona di rilassamento chimico a valle di onde d'urto normali. Risoluzione del campo ipersonico e metodo delle caratteristiche per campi non omoentropici e campi non isoentropici. Metodo del "Predictor-Corrector" di Eulero. Teoria dei piccoli disturbi, principio di equivalenza di Hayes e sua applicazione. Teorie approssimate e paragone dei risultati. Campo di moto intorno al cono, campo conico, equazioni di Taylor a Maccoll e tecnica dei valori ai limiti. Strato limite ipersonico: soluzioni simili e "shooting technique". Interazione viscosa. Valutazione sperimentale degli effetti della catalicità sul flusso di calore. Regimi di moto in mezzi rarefatti: regime di molecole libere e teoria di Maxwell, regime di transizione e metodo del DSMC (Direct Simulation Monte Carlo). Gallerie ipersoniche

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lezioni; esercitazioni che richiedono l'uso di personal computers. Le esercitazioni di laboratorio sono svolte nella galleria ipersonica ad arco del Dipartimento di Ingegneria Industriale

**MATERIALE DIDATTICO**

libri di testo:(Aerodinamica Iperonica. R. Monti e G. Zuppardi, Liguori Editore; Appunti del corso. Agli studenti sono fornite anche fotocopie di dati e grafici utili sia a fini esercitativi in aula che di laboratorio.

**MODALITA' DI ESAME**

|   |  |  |                   |  |                   |   |
|---|--|--|-------------------|--|-------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | Scritta e orale  |  | Solo scritta      |  | Solo orale        | ✓ |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla                                    |  | A risposta libera |  | Esercizi numerici |   |
| Altro                                   | Discussione di elaborati svolti con personal computers |  |                   |  |                   |   |

Insegnamento: **FLUIDODINAMICA SPAZIALE** modulo: **SPACE EXPERIMENTS**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/06 | 6   |               | ✓  |                   | ✓  |          | ✓       |

Insegnamenti propedeutici previsti: **Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

This course is intended to provide an overview of the scientific and engineering problems related to the execution of experiments onboard space platforms, with particular reference to fluid dynamics aspects and to the current microgravity research. Topics include fundamentals of microgravity, study of fluids behaviour under reduced gravity conditions and related theoretical and numerical modeling. The subject is addressed from different perspectives, discussing past and present space programmes, as well as the experimental facilities available onboard space stations and spacecrafts.

**PROGRAMMA**

Introduction to space utilization and overview of main scientific space programmes. Role of principal investigators, space industries and agencies. Historical perspectives of human space flight. Lessons learned. Space Agencies organization and activities. Current governative and commercial space programs. Motivations for research in microgravity. Overview of main research fields in Fluid, Material, Life Sciences and related applications. Short-duration microgravity opportunities: drop towers and drop tubes, parabolic flights on aircrafts, sounding rockets, orbital platforms. Fluid science fundamentals. Fluids and materials behaviour in space. Microgravity Fluid dynamics: capillarity, balance equations, order of magnitude analysis and examples. Buoyancy and surface tension-driven convection. Technological issues: containerless processing. The International Space Station (ISS). Pressurized and unpressurized elements. Accomodation and utilisation resources for payloads. Columbus laboratory. Microgravity facilities. Scientific operations. Ground Segment. Optical diagnostics for microgravity fluid dynamics.

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lectures, laboratory, seminars. Utilization of fluid dynamics softwares for specific exercises related to numerical simulation of fluids behaviour under reduced gravity conditions

**MATERIALE DIDATTICO**

Slides, chapters of books related to Microgravity Sciences and International Space Station facilities and operations

**MODALITA' DI ESAME**

|   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |
|---|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>                                    | <input type="checkbox"/> | <b>Solo scritta</b>      | <input type="checkbox"/> | <b>Solo orale</b>        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b>                                | <input type="checkbox"/> | <b>A risposta libera</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Esercizi numerici</b> | <input type="checkbox"/>            |
| Altro                                   | Discussion of exercises developed with personal computers |                          |                          |                          |                          |                                     |

*Insegnamento: **SPACE FLIGHT DYNAMICS***

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/05 | 9   |               | ✓  | ✓                 |    |          | ✓       |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

The course is aimed at introducing the methods of space flight dynamics that are applied to real space systems. Starting from the basic knowledge acquired during the Laurea degree course, several topics will be covered in depth, including orbit perturbations analysis and propagation methods, orbit maintenance approaches, interplanetary trajectories, and advanced attitude control methods. Special emphasis will also be given to the study of relative dynamics in space and its application to distributed space systems, and to autonomous rendezvous and docking in missions such as on orbit servicing and active debris removal.

**PROGRAMMA**

Orbit perturbations analysis:

- General and special perturbation techniques. Orbit propagation methods and tools
- Perturbations effects on different classes of Earth orbits

Orbit correction and maintenance

Orbit determination and estimation

Fundamentals of interplanetary trajectories

Relative motion in space

- Hill's equations and advanced mathematical models
- Formation flying, on orbit monitoring, rendezvous and docking
- Spaceborne collision avoidance strategies

Advanced attitude control methods:

- Gyro-based control methods
- Magnetic-based control methods

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lectures, tutorials, exercises

**MATERIALE DIDATTICO**

Slides, lecture notes, technical papers.

Main textbooks:

D.A. Vallado, Fundamentals of Astrodynamics and Applications, 4th ed., Springer Space Technology Library, 2013.

R. R. Bate, Fundamentals of Astrodynamics, Dover Publications, 1972.

V.A. Chobotov, Orbital Mechanics, AIAA Education Series, 2002.

J.R. Wertz, Spacecraft Attitude Determination and Control, D. Reidel Publishing Company, 1978.

M.H. Kaplan, Modern Spacecraft Dynamics and Control, John Wiley and Sons, 1976.

**MODALITA' DI ESAME**

|   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | <input type="checkbox"/> | <b>Solo scritta</b>      | <input type="checkbox"/> | <b>Solo orale</b>        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> | <input type="checkbox"/> | <b>A risposta libera</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Esercizi numerici</b> | <input type="checkbox"/>            |
| Altro                                   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |



## Insegnamento: **SPACE SYSTEMS**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/05 | 9   |               | ✓  | ✓                 |    |          | ✓       |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

The course provides the basic elements for the design of a space system in response to space mission requirements and objectives, with particular concern to the subsystems on board a satellite, in terms of mathematical and physical modeling of the subsystem behavior, technologies and development examples and solutions.

### PROGRAMMA

Elements of space system design and engineering: space program life-cycle, space mission architecture (mission objective and payload, space segment, ground segment, launcher), system and subsystem mass and power budgets, design margins. Exercise and practical design examples.

The Space Environment and its interaction with the satellite and its subsystems: the atmosphere, the ionosphere, the magnetosphere, the radiation environment and its main effects on satellite units and subsystems, the thermal environment, the main perturbations acting on a satellite and their effects

Elements for the design of satellite subsystems: main subsystems/units and components of a satellite, architectures and technological solutions, operating principles, derivation of the design requirements from mission objectives.

Simplified mathematical models for subsystem and component design: attitude and orbit control subsystem, electrical power subsystem, thermal control subsystem, telemetry and telecommunication subsystem, launcher interfaces.

Exercises and practical design examples. Introductory elements on space qualification and ground testing.

### MODALITA' DIDATTICHE

Lessons and exercises

### MATERIALE DIDATTICO

Course viewgraphs and the following suggested textbooks: Charles D. Brown, Elements of Spacecraft Design, AIAA education series 2002, ISBN 1563475243; James Richard Wertz, Wiley J. Larson, Space mission analysis and design, Volume 8, Springer, 1999, ISBN 0792359011; James Richard Wertz, Spacecraft attitude determination and control, Springer, 1978, ISBN 9027709599; Vincent L. Pisacane, Fundamentals of space systems, Oxford University Press US, 2005, ISBN 0195162056

### MODALITA' DI ESAME

|   |                            |   |                          |   |                          |   |
|---|----------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | ✓ | <b>Solo scritta</b>      |   | <b>Solo orale</b>        |   |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> |   | <b>A risposta libera</b> | ✓ | <b>Esercizi numerici</b> | ✓ |
| Altro                                   |                            |   |                          |   |                          |   |

## Insegnamento: **AIR TRAFFIC MANAGEMENT AND CONTROL**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/05 | 12  |               | ✓  | ✓                 | ✓  |          | ✓       |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

This course will provide a complete overview about Air Traffic Management and Air Traffic Control systems and procedures. In this framework, the aircraft is considered a component of a global traffic scenario at national, continental, and intercontinental level. The main topic discussed in the course can be summarized as follows: Regulations; ii) Surveillance; iii) Navigation; iv) Operations; v) Weather and environmental issues; vi) Advanced topics: UAS integration, 4D navigation, Airport Automation, and modernization. Since Air Traffic Management is developing several innovations in the last few years, a large analysis of future most important changes will be presented at the end of the course. It includes all topics accounted in the main innovation projects worldwide, i.e. Next Gen in the US and SESAR in Europe, such as UAS integration, 4D navigation, and Airport Automation. Moreover, this course will give students knowledge of Aeronautical Communications System and Air Routes. Theoretical, technological, design, installation and operational issues will be addressed. Course aims at enabling students to manage at system level Voice Communications, Digital Communications, and Mission Path Planning.

### PROGRAMMA

1. ATM fundamentals: System Structure, Basic Procedures; Operational Rules.
2. Surveillance: Ground infrastructure (radars and ground control rooms); Onboard systems (transponders); ADSB.
3. Onboard systems and advanced cockpit: TCAS; GPWS; TAWS.
4. Navigation: Advanced concepts of radio navigation;
5. Terrestrial Radio Navigation; Satellite Radio Navigation; Advanced concepts of integrated navigation;
6. Operations: Airport and Terminal Operations; En route Operations; Oceanic Operations;
7. Weather and environmental issues;
8. ATM System Modeling;
9. UAS integration;
10. 4D Navigation;
11. Airport Automation: ASMGCS;
12. System Modernization: Next Gen and Sesar. Communications Basics of radio communications Regulations and standards for aeronautical radio communications Voice radio links; Data radio links.
13. Air routes: Definition of air routes and flight planning;
14. Geodesics as paths over the Earth ellipsoid.

### MODALITA' DIDATTICHE

Oral lectures, laboratory experiences, seminars with field experts, tours to companies and research institutions that are involved in production and integration of ATM related systems.

### MATERIALE DIDATTICO

Course slides and lecture notes.

Reference textbooks: Nolan, M., S., Fundamentals of Air Traffic Control, Cengage Learning; Kayton, M. and Fried, W.R., Avionics Navigation Systems, Wiley-Interscience; Spitzer, C.R., and Ferrel, U., Digital Avionics Handbook, CRC Press; Helfrick, A., Principles of Avionics, Avionics Communications Inc.; Ashford, N.J., Stanton, H.P.M., and Moore, C.A., Airport Operations, McGraw-Hill Professional Publishing; Tooley, M. and Wyatt, D., Aircraft Communications and Navigation Systems. Principles, Maintenance and Operation, Routledge; Stacey, D., Aeronautical Radio Communication Systems and Networks, John Wiley and Sons

### MODALITA' DI ESAME

|   |                            |   |                          |   |                          |  |
|---|----------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|--|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | ✓ | <b>Solo scritta</b>      |   | <b>Solo orale</b>        |  |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> |   | <b>A risposta libera</b> | ✓ | <b>Esercizi numerici</b> |  |
| Altro                                   |                            |   |                          |   |                          |  |

**Insegnamento: UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/05 | 6   |               | ✓  |                   | ✓  |          | ✓       |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

The course is intended to provide a basic knowledge about architecture and operation of Unmanned Aircraft Systems (UAS), dealing in particular with UAS classification, regulations, sensors and data fusion algorithms, autonomous guidance, navigation and control, communication and data links, ground stations. Special emphasis will be given to enabling technologies for integrating UAS in the civil airspace such as ground-based and airborne sense and avoid systems.

**PROGRAMMA**

Introduction. Definitions and principles.  
 UAS Configurations and Applications: Military & Civilian Roles. Evolution, current and future systems.  
 UAS Onboard Systems:  
 - Basics of airborne sensors: atmospheric transmission, radar, electro-optical (visible/IR), lidar, other sensors. Estimation and data fusion techniques: basics of stochastic filtering, Kalman filter, Extended Kalman filter, nonlinear filtering techniques, taxonomy of data fusion algorithms. Basics of airborne tracking systems;  
 - UAS guidance, navigation and control systems. Architectures and basic algorithms of UAS autopilots.  
 UAS communications and data links.  
 UAS ground stations and human factors, levels of automation, mission planning systems.  
 Regulations and airspace integration: airspace categories and current UAS operations, cooperative and non cooperative collision avoidance systems, ground-based and airborne sense and avoid systems and algorithms. Practical anti-collision system design examples.  
 MicroUAS and vision-based techniques.

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lectures, tutorials, exercises

**MATERIALE DIDATTICO**

Slides, lecture notes, technical papers.  
 Textbooks:  
 J. Gundlach, Designing Unmanned Aircraft Systems: A Comprehensive Approach, AIAA Education Series, 2012  
 R.K. Barnhart, S. B. Hottman, D.M. Marshall J.D., E. Shappee (Editors), Introduction to Unmanned aircraft systems, CRC press, 2011  
 R. Austin, Unmanned Aircraft Systems: UAVs Design, Development and Deployment, Wiley, 2010  
 R.W. Beard, T.W. McLain, Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice, Princeton University Press, 2012  
 S. Blackman, R. Popoli, Design and analysis of modern tracking systems, Artech House, 1999.  
 R.C. Nelson, Flight Stability and Automatic Control, McGraw Hill, 1998

**MODALITA' DI ESAME**

|   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | <input type="checkbox"/> | <b>Solo scritta</b>      | <input type="checkbox"/> | <b>Solo orale</b>        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> | <input type="checkbox"/> | <b>A risposta libera</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Esercizi numerici</b> | <input type="checkbox"/>            |
| Altro                                   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |

Insegnamento: **AEROSPACE DESIGN PROJECT**

| SSD              | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|                  |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/04-05-06 | 9   |               | ✓  | ✓                 | ✓  |          | ✓       |

Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno

|         |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
| Classi  |  |  |  |  |
| Docenti |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

*This course takes its motivation from the strong interest and growing need of the industrial world in a multidisciplinary approach to engineering problems and design. To answer these requests, this course is aimed to contribute to some specific learning outcomes. The class will be subdivided in group of students. Each group will autonomously select a specific project to be completed by the end of the course. Each student is forced to acquire ability in working in a team environment, improving his/her project management and communication skills, to identify, formulate, and solve engineering problems, to explore and propose solutions, to design a system, or a component, or a process to meet requirements and specifications, managing engineering standards. They will also learn how to communicate effectively in oral and written form..*

**PROGRAMMA**

*This course provides an opportunity to tackle with complex aerospace system, in a team environment, designing tasks and simulating real working situations, aiming to propose credible and reliable conceptual design solutions. The course is primarily project-based. Student design teams may propose their own project providing a sustainable team working organisation. A design brief for an aerospace system is provided, to be used to generate a set of project requirements and specifications to be complied. The student team is asked to provide, to evaluate and to select suitable design concepts to meet the project requirements according to the requested specifications*

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lectures, tutorials, Seminars with field experts

**MATERIALE DIDATTICO**

Course slides and lecture notes

**MODALITA' DI ESAME**

|   |   |                                     |                   |                                     |                   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova            | Scritta e orale                         | <input checked="" type="checkbox"/> | Solo scritta      | <input type="checkbox"/>            | Solo orale        | <input type="checkbox"/>            |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla                     | <input type="checkbox"/>            | A risposta libera | <input checked="" type="checkbox"/> | Esercizi numerici | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Altro                                   | Project report and project presentation |                                     |                   |                                     |                   |                                     |

Insegnamento: **DINAMICA STRUTTURALE**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/04 | 6   |               | ✓  | ✓                 |    | ✓        |         |

Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno

|         |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
| Classi  |  |  |  |  |
| Docenti |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Completare le conoscenze relativamente alla dinamica strutturale e l'identificazione e caratterizzazione dinamica di sistemi complessi. Questi obiettivi sono perseguiti sia con metodologie analitiche, numeriche, sperimentali e principalmente focalizzando l'attenzione sulla possibilità di confrontare i suddetti approcci al fine di ottenere una ottimizzazione dei modelli proposti.

**PROGRAMMA**

Confronto tra soluzioni modali, esplicite e implicite.  
 Introduzione alla soluzione di problemi dinamici analitici e/o semi-analitici.  
 La convergenza di una soluzione modale.  
 Richiami sulle tecniche numeriche di estrazione di parametri modali.  
 Parallelismo con l'approccio di Rayleigh-Ritz.  
 Richiami di analisi dei segnali per la valutazione sperimentale della risposta dinamica di un sistema.  
 Identificazione di sistemi dinamici mediante prove dinamiche (modelli SDOF e MDOF).  
 Verifica dei modelli dinamici sintetizzati da dati sperimentali.  
 Model updating e ottimizzazione strutturale.

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lezioni frontali, esercitazioni guidate, seminari applicativi su alcuni temi specifici.

**MATERIALE DIDATTICO**

1. L. Meirovitch: *Elements of Vibration Analysis, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1986.*
2. D. J. Ewins: *Modal Testing: Theory, Practice and Application, Research Studies Press Ltd., 2001.*
3. R. D. Cook: *Concepts and Applications of Finite Element Analysis, John Wiley & Sons, 2001.*
4. L. Meirovitch: *Computational Methods in Structural Dynamics, Sijthoff & Noordhoff, 1980.*

**MODALITA' DI ESAME**

|   |  |   |                   |  |                   |  |
|---|--|---|-------------------|--|-------------------|--|
| L'esame si articola in prova            | Scritta e orale                                  | ✓ | Solo scritta      |  | Solo orale        |  |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla                              |   | A risposta libera |  | Esercizi numerici |  |
| Altro                                   | Redazione di un elaborato e successivo colloquio |   |                   |  |                   |  |

Insegnamento: **FONDAMENTI CHIMICI DELLE TECNOLOGIE**

| SSD     | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|---------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|         |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| CHIM/07 | 9   |               | ✓  | ✓                 |    | ✓        |         |

Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno

|         |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
| Classi  |  |  |  |  |
| Docenti |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Il corso permette di approfondire le conoscenze riguardanti la struttura della materia, le interazioni materia/energia radiante, origine ed applicazioni dell'energia nucleare e della radioattività, cinetica chimica ed elettrochimica con particolare attenzione a problematiche di interesse ingegneristico quali: le principali tecniche di indagine dei materiali, interpretazione delle proprietà (elettriche, meccaniche e magnetiche) dei materiali, materiali nano-strutturati, combustione e ossidazione a bassa ed alta temperatura

**PROGRAMMA**

Origini della meccanica quantistica: teoria classica della radiazione e teoria dei fotoni. Interazioni tra materia ed energia radiante. Tecniche spettroscopiche. Tecnica della diffrazione dei raggi X. Struttura elettronica dell'atomo e legame chimico secondo la meccanica quantistica. Il legame chimico: teorie del legame di valenza e degli orbitali molecolari. Solidi cristallini ed amorfi. Curve di Condon-Morse; elasticità ed anelasticità. Genesi delle bande di valenza e di conduzione nei conduttori e semiconduttori, intrinseci e drogati; struttura delle bande ed effetto fotovoltaico. Difetti presenti nei cristalli (difetti di punto, di linea e di piano) ed influenza sulle proprietà elettriche e meccaniche. Chimica nucleare e radioattività ed applicazioni. Cinetica chimica. Equazioni cinetiche e meccanismi di reazione. Energia di attivazione. La catalisi. Elementi di chimica delle fiamme, limiti d'infiammabilità, curve di autoignizione. L'ossidazione. Celle galvaniche. Potenziali elettrochimici. Equazione di Nernst. Elettrolisi e metodi di deposizione elettrolitica: galvanostegia e galvanoplastica. Sensori elettrochimici. Misura delle costanti di equilibrio con metodi elettrochimici. Corrosione e passivazione dei metalli. Metodi elettrochimici utilizzati in metallurgia. Ferro, alluminio, rame e loro leghe. Tecnologie per la produzione e l'accumulo dell'energia. Pile ed accumulatori. Celle a combustibile. Chimica organica: idrocarburi, gruppi funzionali, classi di reazione. Stechiometria e termochimica delle reazioni di combustione: potere calorifico superiore ed inferiore, aria teorica di combustione, temperatura teorica di combustione, perdite a camino, potenziale termico, analisi dei fumi. La distillazione del petrolio. Combustibili liquidi e solidi, lubrificanti. Polimeri sintetici e meccanismi di polimerizzazione. Compositi nano strutturati: opportunità e problematiche.

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lezioni e esercitazioni

**MATERIALE DIDATTICO**

Martin S. Silberberg, Chimica, McGraw-Hill;  
Oxtoby, Gillis, Champion, Chimica Moderna Edises;  
Materiale didattico distribuito a lezione.

**MODALITA' DI ESAME**

|   |                     |                          |                   |                          |                   |                                     |
|---|---------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova            | Scritta e orale     | <input type="checkbox"/> | Solo scritta      | <input type="checkbox"/> | Solo orale        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla | <input type="checkbox"/> | A risposta libera | <input type="checkbox"/> | Esercizi numerici | <input type="checkbox"/>            |
| Altro                                   |                     |                          |                   |                          |                   |                                     |

Insegnamento: **STATISTICA PER L'INNOVAZIONE**

| SSD       | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|-----------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|           |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| SECS-S/02 | 9   |               | ✓  | ✓                 |    | ✓        |         |

Insegnamenti propedeutici previsti: **Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Il corso è di tipo metodologico-applicativo e ha come obiettivo trasferire all'allievo gli strumenti statistici utilizzati per promuovere e gestire l'innovazione dei sistemi di ingegneria in rapporto all'ambiente in cui essi devono operare. Tali metodi vengono trattati sia dal punto di vista matematico, finalizzato a spiegare "il perché" degli algoritmi proposti; che da quello applicativo, finalizzato a spiegare "il come" detti algoritmi debbano essere utilizzati in specifici contesti

**PROGRAMMA**

Complementi sulle variabili aleatorie e teoria dei valori estremi. Densità di rischio e periodo di ritorno. Modelli di variabili aleatorie deducibili dall'Esponenziale: Gumbel e Weibull. Grafici di probabilità. Applicazioni al controllo di fenomeni naturali. Metodo Monte Carlo. Generazione di determinazioni di una v.a. Uniforme. Generazione di determinazioni di una v.a. con Cdf invertibile analiticamente. Generazione di determinazioni di una v.a. con Cdf non invertibile analiticamente. Applicazioni. Accuratezza del metodo e numero di pseudo-esperimenti. Progettazione degli esperimenti e analisi della varianza. Approccio "classico" ed approccio "statistico". Piano casualizzato completamente. Piano casualizzato a blocchi. Quadrati latini e greco-latini. Analisi della varianza ad una via e a due vie. Analisi delle interazioni tra fattori. Stima degli effetti. Progettazione robusta e innovazione. Significato di progettazione robusta e innovazione. Valutazione economica della variabilità. Funzioni di perdita. Piani ortogonali ridotti. Confusione degli effetti. Piani incrociati. Superfici di risposta e curve di livello. Funzione segnale-rumore. Metodo Taguchi. Applicazione all'innovazione di prodotto. Analisi di regressione. Regressione lineare semplice. Metodo dei minimi quadrati. Test di dipendenza lineare. Test d'ipotesi ed intervalli di confidenza dei parametri e della risposta. Controllo dei valori anomali e dei residui. Regressione lineare multipla e polinomiale. Scelta del modello interpretativo migliore. Conversione di dati non lineari. Regressione non lineare. Esperimenti di statistica condotti in aula per la verifica di efficacia dei metodi proposti. Tubo di Galton. Catapulta romana. Red Beads. Funnel. Total quality management. Significato di qualità totale. Evoluzione storica. I principi fondamentali della qualità totale. I 14 punti di Deming. Analisi critica di casi applicativi.

**MODALITA' DIDATTICHE**

Lezioni e esercitazioni, Software: R, JMP, Minitab  
Esperimenti di statistica mediante macchine sperimentali (cfr. programma)

**MATERIALE DIDATTICO**

P. Erto, Probabilità e statistica per le scienze e l'ingegneria. McGraw-Hill, terza edizione, 2008 (:§ 3.3; § 5.2.1; § 9.1.3; Cap. 8; Cap. 11; Cap. 12; Cap. 13 (sino al § 13.6 incluso); Appendice B).  
P. Erto, La qualità totale. Maggioli Editore, 2012.

**MODALITA' DI ESAME**

|   |                            |   |                          |   |                          |   |
|---|----------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | ✓ | <b>Solo scritta</b>      |   | <b>Solo orale</b>        |   |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> |   | <b>A risposta libera</b> | ✓ | <b>Esercizi numerici</b> | ✓ |
| Altro                                   |                            |   |                          |   |                          |   |

## Insegnamento: **COMBUSTIONE**

| SSD        | CFU  | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|------|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |      | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/25 | 6-12 |               | ✓  |                   | ✓  | ✓        |         |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso si propone di fornire gli strumenti metodologici e le conoscenze per inquadrare i processi di combustione nell'ambito delle applicazioni propulsive e di generazione di potenza per valutare il loro potenziale sviluppo sotto i vincoli di nuovi combustibili, di nuovi limiti di emissione di inquinanti e di nuove categorie di prestazioni. Inoltre il corso definisce nelle configurazioni prototipali più rilevanti le equazioni che descrivono i processi di combustione che evolvono sotto fissate condizioni al contorno/iniziali, analizzandone i parametri più significativi e le variazioni più sensibili. Tale inquadramento sistematico dei processi di combustione permette di enucleare i più significativi sottoprocessi che possano essere affrontati con metodi di calcolo consolidati a carattere monodisciplinare. Infine il corso analizza categorie di processi di combustione specifici col fine di esercitare gli strumenti metodologici acquisiti, di familiarizzare con rudimenti di progettazione di processi semplici e di sviluppare percorsi critici che permettano di considerare nuove configurazioni nelle loro potenzialità e nelle loro similitudini con configurazioni consolidate

### PROGRAMMA

Definizioni e tematiche legate alla Combustione/Formulazione caratterizzazione combustione/ Combustibili gassosi e liquidi/ Combustibili e propellenti solidi/ Temperatura Adiabatica. Equilibri/ Fondamenti di cinetica chimica e meccanica statistica/Esplosione ed auto ignizione/RankineHugoniot . Classificazione processi di Combustione/Detonazione/Deflagrazioni /Strutture di fiamme premiscelate. /Fiamme a diffusione laminari/Elementi turbolenza euleriana e lagrangiana/Fiamme a diffusione turbolente/Vaporizzazione singola goccia/Combustione gocce e schiere/Strutture fluidodinamiche isoterme dei processi di combustione/Atomizzazione e spray/Tecnologia degli spray/Progettazione di massima dei combustori stazionari in relazione alle prestazioni per le conversioni termochimiche finalizzate alla produzione di energia e alla propulsione /Aspetti diagnostici e di controllo /Processi innovativi di combustione. Combustione Dolce. /I sistemi di combustione nelle turbine a gas/ Fornaci/Caldaie/ Processi di combustione nei motori alternativi a combustione interna/ Formazione e tecniche per la riduzione degli inquinanti/ Esercitazioni su codici modello con l'uso di data base di letteratura

### MODALITA' DIDATTICHE

Lezioni e seminari applicativi

### MATERIALE DIDATTICO

Video-registrazione delle lezioni riportate in <https://www.docenti.unina.it/downloadPub.do?tipoFile=md&id=593616>  
 Slides del corso riportate in <http://www.federica.unina.it/corsi/combustione/>  
 Libri di testo: "Lezioni di Combustione" di Antonio Cavaliere, Ed Enzo Albano, 2001 e riportato in [http://www.combustion-institute.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=61&Itemid=7](http://www.combustion-institute.it/index.php?option=com_content&view=article&id=61&Itemid=7)

### MODALITA' DI ESAME

|   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>     | <input type="checkbox"/> | <b>Solo scritta</b>      | <input type="checkbox"/> | <b>Solo orale</b>        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> | <input type="checkbox"/> | <b>A risposta libera</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Esercizi numerici</b> | <input type="checkbox"/>            |
| Altro                                   |                            |                          |                          |                          |                          |                                     |



Insegnamento: **EXPERIMENTAL VIBROACOUSTIC**

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/04 | 6   |               | ✓  |                   | ✓  |          | ✓       |

Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno

|         |  |  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
| Classi  |  |  |  |  |
| Docenti |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

The student knowledge regarding the management of dynamic phenomena where interaction of vibrating structure with confined or open air fluid emerge, will be deeply studied under the experimental point of view. The course will introduce the student to the several instrumentation and techniques to measure and evaluate both the acoustic and the vibrational parameters and relative correlation; also the methods for the verification and updating of the related numerical model will be widely studied.

At the end of the course, the student:

- \*) will be introduced to the specific themes through the study of a large variety of examples very close to the common engineering practice;
- \*) will acquire knowledge, tools and methods for experimental measurement in the field of the course
- \*) will learn how to manage complex and complete experimental set-up
- \*) will be able to organize a test report
- \*) will be able to manage the verification and updating process of numerical models

### PROGRAMMA

Fundamentals of acoustic and vibration phenomena, experimental measurement sensors and actuators (accelerometers, laser vibrometer, microphones, intensity probes, beam forming antennas, force and acoustic actuators), measurement errors and relative management, acoustic measurement techniques of different sound field indicators (pressure, intensity and power) and relative reference normative, measurement of acoustic absorption properties of materials (laboratory and in-situ techniques), evaluation of transmission loss and insertion loss properties of structural and acoustic systems, vibration measurement, evaluation of structural insertion loss and damping loss factor of damping systems, operational deflection shape and experimental modal analysis test of complex structures, near field acoustic measurement and correlation with vibrational field, vibro-acoustic response of complex structures (eigenmodes and odf), data analysis techniques, processes and tools for numerical model updating.

All the topics will be introduced by the use of a large variety of real applicative cases and student will be involved in many laboratory sessions where will be able to experiment the theoretical knowledge self-performing real test.

### MODALITA' DIDATTICHE

Oral lessons and numerical/experimental laboratory activities

### MATERIALE DIDATTICO

Textbooks and learning aids:

4. M. Viscardi. Experimental Vibroacoustics handouts
5. C.M. Harrys . Handbook of Noise Control . McGraw-Hill Higher Education; 2nd edition
6. B&K Technical Review Collection
7. LMS Reference manual
8. R. Spagnolo. Manuale di acustica applicata . Edizione 2005
9. UNI-EN and ISO reference normative

### MODALITA' DI ESAME

|   |                       |  |                   |  |                   |   |
|---|-----------------------|--|-------------------|--|-------------------|---|
| L'esame si articola in prova            | Scritta e orale       |  | Solo scritta      |  | Solo orale        | ✓ |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla   |  | A risposta libera |  | Esercizi numerici |   |
| Altro                                   | Final student project |  |                   |  |                   |   |

## Insegnamento: *Flight Tests*

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/03 | 6   |               | ✓  |                   | ✓  |          | ✓       |

**Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno**

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

The course will show all problems and procedures related to the flight test phase of aircraft with also a focus on aircraft certification process. The course will also deal with Flight Test Instrumentation (FTI) design and operational characteristics. All the flight tests required for a complete flight test campaign useful for Aircraft certification and qualification will be shown. Part of the course will be also linked to experience on an airfield with practical management of flight test (with preparation of flight test cards), if possible also flight test experience on-board and post-processing of flight tests data acquired with redaction of an accurate flight test report

### PROGRAMMA

General aspects concerning aircraft certification. Choice of FTI and all characteristics required. Element of signal processing and A/D or D/A conversion. Planning the flight tests. Flight test cards. Aircraft weight and CG. Flight test tolerances.  
 Source and magnitude of errors.  
 Airspeed system theory and calibration. Flight tests for the calibration of the air-speed measurement system. In-flight calibration.  
 Stall speed tests. Weight and Balance.  
 Engines, propellers. Estimation of developed thrust and power in flight.  
 Level flight performance theory. Reduction methods (PIW-VIW). Range and Endurance.  
 Climb tests. Climb performance methods, data-reduction and expansion.  
 Methods for drag determination in flight. The drag polar. Take-off and landing.  
 Static longitudinal stability theory and flight tests. Dynamic longitudinal stability. Longitudinal control theory and flight tests.  
 Lateral-directional stability and control flight tests. Dynamic lateral-directional stability.  
 Flight qualities. Spin testing for light and aerobatic aircraft. Brief notes on flutter flight testing

### MODALITA' DIDATTICHE

Lectures on theory and practical examples with spreadsheet or Matlab applications. Video. Flight experiences on the airfield with a light airplane

### MATERIALE DIDATTICO

Slides and course notes.  
 Flight testing of fixed-wing aircraft. – Kimberlin  
 Introduction to flight test engineering – Ward, Strganac

### MODALITA' DI ESAME

|   |  |   |                          |  |                          |  |
|---|--|---|--------------------------|--|--------------------------|--|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b>   | ✓ | <b>Solo scritta</b>      |  | <b>Solo orale</b>        |  |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b>   |   | <b>A risposta libera</b> |  | <b>Esercizi numerici</b> |  |
| Altro                                   | Examination consists on a written report (in group) which will deal with exercises and practical applications on the airfield of students. The individual examination will be with oral examination. |   |                          |  |                          |  |

## Insegnamento: *Space Mission Design*

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/05 | 9   |               | ✓  |                   | ✓  |          | ✓       |

### Insegnamenti propedeutici previsti: Space Systems

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

The course will provide students with the competences for the preliminary design of a space mission starting from assigned objectives and requirements. The aim is the preliminary design/selection of the main elements of the space mission architecture (e.g. space, launch and ground segment), and of the satellite performing the assigned mission. The course aims at improving student soft skills by familiarizing them with the distinctive teamwork of space mission projects, with the organization in project phases and relevant concepts as: project review, concurrent engineering, critical path, cost and market analysis, design trade-offs

### PROGRAMMA

The course starts with introductory lessons in which the space mission design overall process is presented, using also practical examples, and a set of space mission design assignments (or project works) is proposed to the students divided into teams. A specific task will be assigned to each team. The assignments may concern the design of different space missions, the design of the elements of a given space mission or the concurrent design of the same space mission, looking also at specific aspects as project management, organization and cost and market analysis. Then, interactive problem solving lessons are started in which the students, organized in teams, present the identified solutions and the advancement status of the various project works for group discussion. For each assignment, at least two intermediate formal reviews are foreseen in which each team has to perform a power point presentation of the project work status: the PRR (Preliminary Requirement Review) and the PDR (Preliminary Design Review). The PDR will take place at the end of the course.

### MODALITA' DIDATTICHE

Oral lectures, tutorials, interactive lectures, use of open source software for space mission analysis, cost analysis, etc., internet-based analysis

### MATERIALE DIDATTICO

- Charles D. Brown, Elements of Spacecraft Design, AIAA education series, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2002, ISBN 1563475243
- James Richard Wertz, Wiley J. Larson, Space mission analysis and design, Space Technology Library, Volume 8, Springer, 1999, ISBN 0792359011
- James Richard Wertz, Spacecraft attitude determination and control, Astrophysics and space science library, Springer, 1978, ISBN 9027709599
- Vincent L. Pisacane, Fundamentals of space systems, Johns Hopkins University/Applied Physics Laboratory series in science and engineering, Oxford University Press US, 2005, ISBN 0195162056
- ECSS Standards (<http://www.ecss.nl>)

Lecture notes and slides

### MODALITA' DI ESAME

|                              |                        |   |                     |  |                   |  |
|------------------------------|------------------------|---|---------------------|--|-------------------|--|
| L'esame si articola in prova | <b>Scritta e orale</b> | ✓ | <b>Solo scritta</b> |  | <b>Solo orale</b> |  |
|------------------------------|------------------------|---|---------------------|--|-------------------|--|

|   |                            |  |                          |  |                          |  |
|---|----------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|--|
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> |  | <b>A risposta libera</b> |  | <b>Esercizi numerici</b> |  |
|---|----------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|--|

|       |  |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|
| Altro | The oral exam will concern the content of the project work and will be like a critical design review conducted according to international standards. Each student of a given team shall be able to defend the content and design choices of the related project work, also by making use of computer presentations and multimedia files. The discussion will be managed by the teacher who will act as a customer. |  |  |  |  |  |
|-------|--|--|--|--|--|--|

## Insegnamento: *Impact Dynamics*

| SSD        | CFU | Anno (I o II) |    | Semestre (I o II) |    | Lingua   |         |
|------------|-----|---------------|----|-------------------|----|----------|---------|
|            |     | I             | II | I                 | II | Italiano | Inglese |
| ING-IND/04 | 6   |               | ✓  |                   | ✓  |          | ✓       |

### Insegnamenti propedeutici previsti:

|                |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|
| <b>Classi</b>  |  |  |  |  |
| <b>Docenti</b> |  |  |  |  |

### OBIETTIVI FORMATIVI

The course aims to provide an in-depth description of all aspects related to the design of vehicles with respect to their crashworthiness. Here within are included technical aspects, which are finally placed in the context of the total product development processes of current industries. This course introduces students to different computational techniques used for modelling engineering problems in solids and structures.

### PROGRAMMA

Basic physical principles of impact; Structural aspects and material selection for airworthiness; Introduction to Low Velocity Impact (LVI) phenomena; Damages involving composite laminates; FEM explicit approach; Numerical models for the prediction of both first failure and delamination area involving composite laminate under LVI phenomena; Finite element (FE) method for the simulation of LVI phenomenon; Damage modelling techniques according to FE method; Global-Local approach for the modelling of both intra and inter-laminar damages; Practice exercise; Compression After Impact (CAI) test for the residual strength assessment; CAI test simulation by means of quasi-static analysis; Biomechanics and multibody approach; Design of experiments DOE.

### MODALITA' DIDATTICHE

It enables students to develop skills in utilizing modern modelling and analysis techniques in the context of relevance to practical engineering problems thanks to the use of explicit codes.

### MATERIALE DIDATTICO

1. Course notes and Slides
2. Serge Abrate - Impact Engineering of Composite Structures. Cambridge University Press, 2005. ISBN: 0521018323, 9780521018326.
3. Matthew Huang - Vehicle crash mechanics. CRC press, 2002.
4. F. Marulo, M. Guida, L. Maio, F. Ricci, "Numerical simulations and experimental experiences of impact on composite structures". Dynamic Response and Failure of Composite Materials. Springer, The Netherlands 2017. ISBN 9780081008874.

### MODALITA' DI ESAME

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| L'esame si articola in prova            | <b>Scritta e orale</b> <input checked="" type="checkbox"/> | <b>Solo scritta</b> <input type="checkbox"/>                 | <b>Solo orale</b> <input type="checkbox"/>                   |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | <b>A risposta multipla</b> <input type="checkbox"/>        | <b>A risposta libera</b> <input checked="" type="checkbox"/> | <b>Esercizi numerici</b> <input checked="" type="checkbox"/> |
| Altro                                   | Self-selected project work                                 |  |  |

## Requisiti curriculari minimi per l'accesso alla Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale (LM-20)

(ai sensi del Regolamento didattico del Corso di Laurea Magistrale e del Decreto del Presidente della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base n.176 del 27.11.2015)

L'ammissione ai Corsi di Laurea Magistrale non a ciclo unico prevede, ai sensi dell'Art. 6 D.M. 16 marzo 2007 (Decreto di Istituzione delle Classi delle Lauree Magistrali), la verifica del possesso dei **requisiti curriculari** specificati nel Regolamento didattico del Corso di Laurea Magistrale, nonché la verifica di **requisiti di adeguatezza della personale preparazione** dello studente.

### Requisiti curriculari

Per essere ammessi al Corso di Laurea Magistrale occorre essere in possesso della Laurea, ovvero di altro titolo di studio conseguito all'estero riconosciuto idoneo. La Commissione di Coordinamento Didattico (CCD) ha individuato per l'accesso diretto al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale i seguenti requisiti curriculari minimi in termini di CFU acquisiti per Settore Scientifico Disciplinare

| SSD   | CFU minimi |
|---|------------|
| MAT/03, MAT/05, ING-INF/05, FIS/01, CHIM/07   | 42         |
| ING-IND/03, ING-IND/04, ING-IND/05, ING-IND/06, ING-IND/07  | 69         |
| MAT/07, MAT/08, ICAR/08, ING-IND/10, ING-IND/13, ING-IND/14, ING-IND/15, ING-IND/16, ING-IND/22, ING-IND/31, ING-IND/35, ING-INF/04, SEC-S/02 | 30         |

Le condizioni indicate in tabella sono **necessarie ma non sufficienti** per l'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Magistrale in Ingegneria Aerospaziale. La Commissione di Coordinamento Didattico del Corso di Studio valuterà il possesso di requisiti culturali che si ritengono necessari per una adeguata frequenza del Corso di Laurea Magistrale (distribuzione dei CFU tra i settori scientifico disciplinari, presenza di specifici insegnamenti), analizzando nel dettaglio il curriculum dello studente. La Commissione di Coordinamento Didattico del Corso di Studio potrà individuare, motivandole, eventuali equivalenze di crediti di settori scientifico disciplinari differenti da quelli previsti nella precedente tabella.

### **Il possesso dei requisiti curriculari è automaticamente soddisfatto dai laureati in Ingegneria Aerospaziale dell'Università di Napoli Federico II.**

I laureati in Ingegneria Chimica, Ingegneria Gestionale, Ingegneria Navale e Ingegneria Meccanica presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II che abbiano ottenuto un voto di laurea maggiore o uguale al 105/110 possono immatricolarsi al presente Corso di Laurea Magistrale senza integrazioni curriculari ma con prescrizioni sul piano di studi della laurea magistrale. Si consiglia allo studente che intende avvalersi di questa opportunità di adeguare autonomamente la propria preparazione tenendo conto della tabella riportata in precedenza.

L'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale non è consentita in difetto dei requisiti minimi curriculari specificati nel regolamento didattico del Corso. La CCD, eventualmente avvalendosi di un'apposita commissione istruttoria, valuta in questo caso i requisiti curriculari posseduti dal candidato e ne riconosce i crediti in tutto o in parte.

La CCD, quindi, dispone la modalità attraverso la quale lo studente può effettuare l'integrazione curriculare, da selezionare, in ragione dell'entità e della natura delle integrazioni richieste, tra le

opzioni seguenti:

- 1) integrazioni curriculari da effettuare anteriormente alla iscrizione, ai sensi dell'art. 6 comma 1 del D.M. 16 marzo 2007, mediante iscrizione a singoli corsi di insegnamento attivati l'Ateneo e superamento dei relativi esami di profitto, ai sensi dell'art. 16 comma 6 del RDA (cfr.: <http://www.unina.it/-/5601348-iscrizione-ai-corsi-singoli>).
- 2) iscrizione ad un Corso di Laurea che dà accesso automatico al CdS con abbreviazione di percorso ed assegnazione di un Piano di Studi che prevede le integrazioni curriculari richieste per l'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale.
- 3) iscrizione al corso di Laurea Magistrale con assegnazione di un Piano di Studi che prevede le integrazioni curriculari richieste, in coerenza con l'art. 6 comma 3 del D.M. 16 marzo 2007. Questa opzione contempla la possibilità che le integrazioni curriculari richieste comportino un numero complessivo di CFU superiore a 120.

### **Requisiti di adeguatezza della personale preparazione dello studente**

L'art. 6 comma 2 del D.M. 16 marzo 2007 stabilisce la verifica dell'adeguatezza della personale preparazione dello studente, ai fini della ammissione al Corso di Laurea Magistrale.

Sono esonerati dalla verifica dell'adeguatezza della personale preparazione gli studenti che si trovano in una delle seguenti condizioni:

- 1) studenti in possesso del titolo di Laurea che dà titolo alla iscrizione al Corso di Laurea Magistrale conseguito presso l'Ateneo Federico II a completamento di un Corso di Laurea al quale l'interessato si è immatricolato anteriormente al 1 settembre 2011;
- 2) studenti che non si trovino nella condizione precedente per i quali la media **M** delle votazioni (in trentesimi) conseguite negli esami di profitto per il conseguimento del titolo di Laurea che dà accesso al Corso di Laurea Magistrale - pesate sulla base delle relative consistenze in CFU - e la durata degli studi **D1** espressa in anni di corso - confrontata con la **durata normale D2** del percorso di studi - soddisfino il seguente criterio di **automatica ammissione**:

| provenienti da Federico II |                |                | provenienti da altri Atenei |
|----------------------------|----------------|----------------|-----------------------------|
| <b>D1=D2</b>               | <b>D1=D2+1</b> | <b>D1≥D2+2</b> | <b>D1 qualunque</b>         |
| M ≥ 21                     | M ≥ 22.5       | M ≥ 24         | M ≥ 24                      |

Richieste di ammissione al Corso di Laurea Magistrale da parte di studenti **in difetto dei criteri per l'automatica ammissione** saranno esaminate dalla CCD che valuterà con giudizio insindacabile l'ammissibilità della richiesta, stabilendo gli eventuali adempimenti da parte dell'interessato ai fini dell'ammissione al Corso. La CCD potrà esaminare il curriculum seguito dall'interessato, eventualmente prendendo in considerazione le votazioni di profitto conseguite in insegnamenti caratterizzanti o in insegnamenti comunque ritenuti di particolare rilevanza ai fini del proficuo svolgimento del percorso di Laurea Magistrale, ovvero predisponendo modalità di accertamento (colloqui, test) per la verifica della adeguatezza della personale preparazione dello studente, ovvero adottando le modalità 1 o 3 previste per le integrazioni curriculari.