



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## MECCANICA DEL VOLO

**ALESSANDRO ANTONIO QUARTA**

Academic year	2023/24
Course	INGEGNERIA AEROSPAZIALE
Code	235II
Credits	12

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
MECCANICA DEL VOLO	ING-IND/03	LEZIONI	120	ALESSANDRO ANTONIO QUARTA

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Al termine del Corso lo studente avrà acquisito le conoscenze necessarie:

- all'analisi preliminare di una classica missione di trasferimento di un velivolo commerciale da trasporto (propulso a getto oppure ad elica) dal punto di vista delle prestazioni classiche;
- allo studio del problema della controllabilità e manovrabilità di un velivolo convenzionale propulso a getto (o ad elica) in volo livellato e stazionario.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

L'accertamento delle conoscenze acquisite durante il Corso verrà principalmente effettuato risolvendo alcuni tipici problemi applicativi ed analizzando criticamente i risultati (anche numerici) ottenuti. Ci sarà anche una fase di analisi qualitativa dei modelli teorici discussi durante le lezioni prendendo spunto da alcune configurazioni di velivoli realmente esistenti.

#### *Capacità*

Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di determinare, una volta assegnate le caratteristiche di un velivolo convenzionale, le sue prestazioni classiche di missione (come ad esempio il tempo di volo, l'autonomia chilometrica o le distanze di decollo/atterraggio). Inoltre lo studente dovrà essere in grado di verificare la rigidità di una configurazione e di valutare la sua controllabilità e manovrabilità secondo le convenzioni classiche della Meccanica del Volo.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Lo studente sarà chiamato a risolvere alcuni classici problemi della Meccanica del Volo atmosferico, come ad esempio il calcolo delle prestazioni ed il bilanciamento della macchina. In particolare, lo studente sarà invitato a confrontare i risultati ottenuti tramite i modelli analitici semplificati con i parametri (noti in letteratura) di alcuni velivoli di riferimento.

#### *Comportamenti*

Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di identificare i più importanti parametri che influenzano le prestazioni di un aeromobile ad ala fissa ed il suo bilanciamento. Inoltre lo studente sarà a conoscenza dei principali requisiti regolamentari che vincolano la pianificazione di una missione commerciale di trasferimento.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Durante le esercitazioni saranno determinati numericamente (ed ampiamente commentati) alcuni parametri caratteristici della macchina. Inoltre lo studente sarà chiamato a commentare, tenendo conto dei modelli analitici determinati a lezione, i motivi per i quali è stata effettuata una scelta progettuale in un aeromobile realmente esistente.

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Lo studente deve essere in grado di padroneggiare tutti gli strumenti forniti nei corsi di base di Fisica e Meccanica Razionale. Inoltre deve avere chiari alcuni concetti fondamentali (richiamati nella prima parte del corso) forniti negli insegnamenti di "Fluidodinamica" e "Motori per Aeromobili".

#### *Corequisiti*



## UNIVERSITÀ DI PISA

Si consiglia di seguire l'insegnamento (parallelo) di Aerodinamica degli Aeromobili (cod. 22911), prof. G. Lombardi.

### Prerequisiti per studi successivi

L'insegnamento di Meccanica del Volo tratta degli argomenti utili alla corretta comprensione di una parte importante dell'insegnamento di Costruzioni Aeronautiche (cod. 23011) del secondo anno della Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale.

### Indicazioni metodologiche

Le lezioni e le esercitazioni si svolgono nella maniera classica, ovvero attraverso l'uso della lavagna. Durante le lezioni verranno commentate alcune fotografie e grafici presenti in una serie di dispense (formato esclusivamente cartaceo) messe a disposizione degli studenti all'inizio del Corso. Inoltre, al fine di agevolare la spiegazione degli schemi disegnati a lavagna, verranno commentati in alcune lezioni dei filmati.

Gli esercizi risolti durante le ore di esercitazione sono riportati, insieme alle tabelle di conversione e alle caratteristiche dell'Atmosfera Standard, in una serie di dispense (formato esclusivamente cartaceo) messe a disposizione degli studenti all'inizio del Corso.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Gli argomenti trattati nel Corso sono idealmente suddivisi in tre parti. Le lezioni che prevedono anche un'esercitazione sono indicate con il simbolo "\*\*".

#### 1) Argomenti di Carattere Introduttivo

Introduzione al Corso di Meccanica del Volo  
Classificazione e Nomenclatura  
\* Corda Media Aerodinamica  
\* Modello di Atmosfera Standard  
\* Misura della Velocità a Bordo del Velivolo  
\* Forze Aerodinamiche: la Polare Del Velivolo  
\* Forze Propulsive  
\* Fattore di Carico  
\* Trasformazioni di Coordinate  
\* Sistemi di Riferimento  
Le Equazioni Cardinali della Meccanica dei Corpi Rigidi  
Le Equazioni delle Forze nel Sistema Assi Terrestri  
Le Equazioni delle Forze nel Sistema Assi Verticali Locali  
Possibili Semplificazioni delle Equazioni delle Forze  
Le Equazioni delle Forze nei Restanti Sistemi di Riferimento  
Le Equazioni dei Momenti  
Modelli Matematici Completi della Dinamica del Velivolo  
Discussione dei Modelli Matematici Ricavati

#### 2) Prestazioni dei Velivoli

Specializzazione delle Equazioni Del Moto  
\* Analisi di Missione  
\* La Curva della Trazione Necessaria al Volo  
\* La Curva della Potenza Necessaria al Volo  
\* Analisi del Volo Livellato  
\* Autonomia Chilometrica: Velivoli a Getto  
\* Autonomia Oraria: Velivoli a Getto  
\* Autonomia Chilometrica: Velivoli ad Elica  
\* Autonomia Oraria: Velivoli ad Elica  
\* Analisi della Salita: Velivoli a Getto  
\* Analisi della Salita: Velivoli ad Elica  
\* Analisi della Discesa: Velivoli a Getto  
\* Volo Planato: Prestazioni degli Alianti  
\* Decollo ed Atterraggio  
\* Inviluppo di Volo  
\* Virata dei Velivoli a Getto  
\* Virata dei Velivoli ad Elica  
\* Analisi Qualitativa del Volo Asimmetrico

#### 3) Controllabilità, Rigidezza e Manovrabilità dei Velivoli

Analisi della Condizione d'Equilibrio



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Forze e Momenti Agenti nel Piano Longitudinale

- \* Equilibrio in Beccheggio: Carico in Coda
  - \* Portanza Totale ed Angolo d'Incidenza Complessivo
  - \* Punto Neutro (a Comandi Fissi) del Velivolo
  - \* Rigidezza in Beccheggio: Calcolo di  $C_{m\alpha}$  e di  $C_{m0}$
  - \* Analisi della Posizione del Punto Neutro dell'Ala-Fusoliera
- Effetti del Sistema Propulsivo sulla Rigidezza in Beccheggio
- \* Controllabilità Longitudinale del Velivolo
  - \* Calcolo dello Sforzo di Barra
  - \* Il Momento di Cerniera delle Superfici Mobili
  - \* Punto Neutro a Comandi Liberi

Influenza della Posizione del Baricentro sul Controllo del Velivolo

Forze e Momenti Agenti nel Piano Latero-Direzionale

Rigidezza in Imbardata

Effetto Diedro

Controllo in Imbardata

Accoppiamenti Derivanti dall'Azionamento del Timone

Controllo in Rollio

Accoppiamenti Derivanti dall'Azionamento degli Alettoni

- \* Forze e Momenti Derivanti dalla Velocità Angolare  $R$ ,  $P$ ,  $Q$
- \* Angolo d'Incidenza e di Equilibratore in Richiamata Perfetta
- \* Punto di Manovra a Comandi Fissi ed a Comandi Liberi

Limiti di Escursione del Baricentro

Introduzione alla dinamica del velivolo

Linearizzazione delle Equazioni del Moto

Esplicitazione delle Forze e dei Momenti Aerodinamici

### Bibliografia e materiale didattico

#### Testi Consigliati

1. Casarosa C., "Meccanica del Volo", ristampa 2010, Pisa University Press.
2. Quarta A., "Esercizi di Meccanica del Volo", seconda edizione 2010, ETS editore.

Il testo "Meccanica del Volo" copre (quasi) interamente gli argomenti affrontati durante le lezioni; il testo "Esercizi di Meccanica del Volo" raccoglie i problemi d'esame (con relativa soluzione e commento dettagliato) assegnati nel periodo 2001 -> 2009

#### Materiale didattico aggiuntivo

1. Dispensa contenente le figure che saranno commentate in classe ed i testi degli esempi svolti durante le ore d'esercitazione;
2. Raccolta delle tracce dei testi d'esame assegnati nel periodo 2010 -> 2019

Materiale disponibile presso la portineria dell'ex Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale (DIA, Via G. Caruso n.8) e presso la copisteria One Cent (Via Bonanno Pisano n.75).

#### Materiale da portare in aula

- la dispensa contenente le figure ed i testi degli esempi da svolgere;
- calcolatrice scientifica;
- righello ed alcune matite di colorate (3) per le costruzioni geometriche.

#### Indicazioni per non frequentanti

Si **consiglia** vivamente di seguire le lezioni e di studiare la materia **durante** l'anno accademico. Per chi fosse impossibilitato a seguire (e studiare) attivamente il Corso, si consiglia di reperire il materiale (appunti, fotocopie aggiuntive) fornito in aula, in maniera tale da preparare correttamente l'esame. In ogni caso, i testi consigliati costituiscono un'indispensabile guida nella preparazione dell'esame finale.

#### Modalità d'esame

L'esame di Meccanica del Volo prevede:



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

1. una **prova scritta** della durata di **60 minuti** in cui viene chiesto di risolvere (anche numericamente) un esercizio la cui tipologia è simile agli esempi affrontati, in classe, nelle ore d'esercitazione. Durante la prova scritta è permesso (**esclusivamente**) l'utilizzo della calcolatrice scientifica, delle tabelle dell'Atmosfera Standard e delle tabelle di conversione, una cui copia è liberamente scaricabile dalla bacheca del corso su e-learn. **Non** sono ammessi appunti, libri e dispositivi elettronici diversi dalla classica calcolatrice scientifica. Ogni elaborato verrà valutato attraverso un voto in trentesimi. Lo studente il cui elaborato ottiene un voto inferiore a 18/30 (giudizio "insufficiente"), non potrà accedere alla prova orale successiva e dovrà ripetere la prova scritta.
2. una **prova orale** riguardante gli argomenti inseriti nel programma ufficiale del corso e riportato al relativo indirizzo di Unimap.

Nel caso di prova orale sufficiente, lo studente riceverà una valutazione complessiva che tiene anche conto dell'esito della prova scritta. Nel caso di prova orale insufficiente, lo studente dovrà ripetere nuovamente l'esame, **inclusa** la prova scritta.

### Pagina web del corso

<https://elearn.ing.unipi.it/enrol/index.php?id=3151>

### Altri riferimenti web

Il registro delle lezioni ed altre informazioni sul Docente possono essere trovate sul sito di ateneo Unimap, andando al seguente indirizzo:

[http://unimap.unipi.it/cercapersone/dettaglio.php?ri=5078&template=dett\\_didattica.tpl](http://unimap.unipi.it/cercapersone/dettaglio.php?ri=5078&template=dett_didattica.tpl)

### Note

Durante i periodi di lezione è possibile concordare un orario di ricevimento (compatibile con gli impegni del docente) tramite appuntamento da fissare con e-mail.

*Ultimo aggiornamento 01/08/2023 10:58*