Guia docent
220301 - 220301 - Aerodinàmica i Mecànica de Vol i Orbital

Última modificació: 18/05/2026

Unitat responsable: Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa
Unitat que imparteix: 748 - FIS - Departament de Física.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA AERONÀUTICA (Pla 2014). (Assignatura obligatòria).

Curs: 2026 **Crèdits ECTS:** 7.5 **Idiomes:** Català, Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: Josep Oriol Lizandra i Dalmases

Altres: Manel Soria Guerrero
Adrià Rovira Garcia

CAPACITATS PRÈVIES

Les mateixes que se suposa l'estudiant ha demostrat en el grau previ que li ha donat accés al MUEA, d'acord amb la normativa establerta per la UPC.

REQUISITS

Donat que és una assignatura de primer curs, no es defineixen requisits específics, tret d'aquelles assignatures que se suposa l'estudiant ja ha cursat en el grau previ que li ha donat accés al MUEA, d'acord amb la normativa establerta per la UPC.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:
CE03. MUEA/MASE: Comprensió i domini de les lleis de la Aerodinàmica Extern als diferents règims de vol, i aplicació de les mateixes a la Aerodinàmica Numèrica i Experimental.
CE05. MUEA/MASE: Comprensió i domini de la mecànica del vol atmosfèric (Actuacions i Estabilitat i Control Estàtics i Dinàmics), i de la mecànica Orbital i Dinàmica d'Actitud.
CG09-MUEA. Competència en totes aquelles àrees relacionades amb les tecnologies aeroportuàries, aeronàutiques o espacials que, per la seva naturalesa, no siguin exclusives d'altres branques de l'enginyeria.
CE12. MUEA/MASE: Coneixement adequat de Mecànica de Fluids Avançada, amb especial incidència en les tècniques experimentals i numèriques utilitzades en la mecànica de fluids.

Bàsiques:
CB06. Posseir i comprendre coneixements que aportin una base o oportunitat de ser originals en el desenvolupament i / o aplicació d'idees, sovint en un context de recerca.
CB08. Que els estudiants siguin capaços d'integrar coneixements i enfrontar-se a la complexitat de formular judicis a partir d'una informació que, sent incompleta o limitada, inclogui reflexions sobre les responsabilitats socials i ètiques vinculades a l'aplicació dels seus coneixements i judicis.
CB10. Que els estudiants tinguin les habilitats d'aprenentatge que els permetin continuar estudiant d'una manera que haurà de ser en gran mesura autodirigida o autònoma.
CB09. Que els estudiants sàpiguen comunicar les seves conclusions i els coneixements i raons últimes que les sustenten a públics especialitzats i no especialitzats d'una manera clara i sense ambigüitats.

METODOLOGIES DOCENTS

La metodologia docent es divideix en tres parts:
- Sessions presencials d'exposició - participació dels continguts i realització d'exercicis.
- Sessions presencials de treball de laboratori.
- Treball autònom d'estudi i realització d'exercicis i activitats.

En les sessions d'exposició -participació dels continguts, el professorat introduirà les bases teòriques de la matèria, conceptes, mètodes i resultats il·lustrant-los amb exemples convenients i sol·licitant, si escau, la realització d'exercicis per facilitar-ne la seva comprensió.
En les sessions de treball de laboratori, el professorat guiarà l'estudiantat en l'aplicació dels conceptes teòrics per a la resolució d'exercicis, fonamentant en tot moment el raonament crític.
L'estudiantat, de forma autònoma, ha de treballar el material proporcionat pel professorat i el resultat de les sessions de treball-problemes per tal d'assimilar i fixar els conceptes. El professorat proporcionarà un pla d'estudi i de seguiment d'activitats (ATENEA).

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

En acabar l'assignatura l'estudiant o estudianta ha de:
- Conèixer les tècniques numèriques bàsiques pel càlcul de fluxos viscosos a baixos números de Reynolds.
- Conèixer les tècniques numèriques bàsiques pel càlcul de fluxos no viscosos i incompressibles al voltant de perfils i ales.
- Conèixer les tècniques utilitzades en aerodinàmica experimental.
- Entendre com els efectes de compressibilitat de l'aire a alta velocitat de vol influeixen en l'aerodinàmica i el funcionament de la planta motriu dels avions.
- Veure que es poden obtenir resultats qualitatius (i fins a cert punt, també quantitatius) interessants del comportament dinàmic de l'avió, plantejant equacions diferencials linealitzades, considerant les petites pertorbacions respecte un estat de referència de moviment estacionari.
- Comprendre que, sota les hipòtesis de la linealització, es pot desacoblar el moviment longitudinal del moviment lateral.
- Entendre com la geometria, configuració i distribució màssica de l'avió afecta a les derivades d'estabilitat longitudinals i laterals de l'avió.
- Saber calcular els modes corresponents al moviment lliure longitudinal i lateral, i entendre com les derivades d'estabilitat i altres paràmetres de l'avió influeixen en el comportament dinàmic d'aquest.
- Saber aplicar la teoria de control clàssica a problemes de dinàmica de vol, en especial, en particular els modes (lleis de pilotatge) més habituals utilitzats en avions comercials.
- Entendre com els paràmetres del controlador afecten a la resposta dinàmica de l'avió, i que elegint convenientment aquests paràmetres es pot obtenir una resposta òptima, atenent aspectes diversos, com precisió, rapidesa i estabilitat de la resposta, comfort, etc.
- Conèixer el diferents sistemes de coordenades celestes i els plans fonamentals, així com les diferents escales de temps.
- Dominar els aspectes del moviment keplerià, els elements orbitals i el càlcul d'efemèrides.
- Conèixer les maniobres bàsiques pels canvis d'òrbita de vehicles espacials al voltant de la Terra.
- Comprendre les bases del mètode d'ajust de cròniques ("patched conic procedure"), i dels viatges a la Lluna o els interplanetaris.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	45,0	24.00
Hores aprenentatge autònom	120,0	64.00
Hores grup petit	22,5	12.00

Dedicació total: 187.5 h

CONTINGUTS

Mòdul 1: Introducció a l'aerodinàmica numèrica i experimental.

Descripció:
Introducció a la solució numèrica de les equacions de Navier-Stokes:
- Revisió de les equacions de Navier-Stokes incompressibles.
- Aspectes matemàtics rellevants per a la seva solució numèrica.
- Validació i verificació de codis CFD.
- Mètode de volums de control finits.
- Malla staggered.
- Tractament dels termes advectiu i difusiu.
- Tractament de l'acoblament pressió-velocitat.
- Algorismes d'integració temporal.
- Revisió de capa límit.
- Introducció a la turbulència.
- Ús de codis CFD en aerodinàmica: mallat, condicions de contorn i post-procés

Aerodinàmica potencial:
- Repàs de definicions i conceptes d'aerodinàmica de perfils i ales.
- Tècniques numèriques per a perfils en règim incompressible: mètodes de panells.
- Tècniques numèrics pel càlcul de fluxos subsònics compressibles al votant de perfils.
- Tècniques numèriques per a ales en règim incompressible: línia sustentadora (teoria de Prandtl per a ales de gran allargament) i superfície sustentadora.

Activitats vinculades:
Treball/s en grup i, possiblement, també en l'examen parcial.

Dedicació: 93h 40m
Grup gran/Teoria: 22h 30m
Grup petit/Laboratori: 11h 10m
Aprenentatge autònom: 60h

Mòdul 2: Estabilitat i resposta dinàmica d'avions.

Descripció:
Generalitats:
- Equacions generals del moviment de l'avió com a sòlid rígid.
- Linealització de les equacions del moviment, respecte una condició de referència.
- Separació del moviment longitudinal i lateral.
Estabilitat i control dinàmic del moviment longitudinal:
- Derivades d'estabilitat longitudinals.
- Estabilitat dinàmica del moviment lliure longitudinal. Sistemes complet i aproximat.
- Resposta dinàmica longitudinal en llaç obert.
Estabilitat i control dinàmic del moviment lateral:
- Derivades d'estabilitat lateral-direccional.
- Estabilitat dinàmica del moviment lliure lateral. Sistemes complet i aproximat.
- Resposta dinàmica lateral en llaç obert.
Introducció al vol automàtic:
- Modes longitudinals.
- Modes laterals.

Objectius específics:
N/A

Activitats vinculades:
Treball en grup i/o en l'examen final.

Dedicació: 46h 55m
Grup gran/Teoria: 11h 15m
Grup petit/Laboratori: 5h 40m
Aprenentatge autònom: 30h

Mòdul 3: Mecànica Orbital

Descripció:
- Sistemes de referència per a l'espai. Escales de temps.
- Moviment keplerià i elements orbitals.
- Determinació de les òrbites.
- Pertorbacions de les òrbites.
- Satèl·lits al voltant de la Terra.
- Maniobres orbitals bàsiques.
- Trajectòries a la Lluna i interplanetàries.

Activitats vinculades:
Treball en grup i, possiblement, en l'examen final.

Dedicació: 46h 55m
Grup gran/Teoria: 11h 15m
Grup petit/Laboratori: 5h 40m
Aprenentatge autònom: 30h

ACTIVITATS

Teoria

Dedicació: 40h
Grup gran/Teoria: 40h

Pràctiques

Dedicació: 22h 30m
Grup petit/Laboratori: 22h 30m

Activitat 1: Examen parcial

Descripció:
Preguntes teòriques curtes i/o test.

Objectius específics:
N/A

Material:
N/A

Lliurament:
N/A

Dedicació: 2h 30m
Grup gran/Teoria: 2h 30m

Activitat 2: Examen final

Descripció:
Preguntes teòriques curtes i/o test.

Objectius específics:
N/A

Material:
N/A

Lliurament:
N/A

Dedicació: 2h 30m
Grup gran/Teoria: 2h 30m

Activitat 3: Treball en grup

Descripció:
Relacionat amb els continguts del mòdul 1.

Objectius específics:
N/A

Material:
N/A

Lliurament:
N/A

Dedicació: 30h
Aprenentatge autònom: 30h

Activitat 4: Treball en grup.

Descripció:
Relacionat amb els continguts dels mòdul 1 i/o 3.

Objectius específics:
N/A

Material:
N/A

Lliurament:
N/A

Dedicació: 60h
Aprenentatge autònom: 60h

Activitat 5: Treball en grup

Descripció:
Relacionat amb els continguts del Mòdul 3

Objectius específics:
N/A

Material:
N/A

Lliurament:
N/A

Dedicació: 30h
Aprenentatge autònom: 30h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Qualsevol acte de frau acadèmic, plagi, ús o tinença a l'abast de mitjans no autoritzats en qualsevol activitat d'avaluació comportarà la qualificació de zero (0) en la prova o lliurament afectat. A més, d'acord amb la normativa de la Universitat, la possible derivació dels fets per a l'obertura d'un expedient disciplinari implicarà que l'assignatura quedi en l'estat provisional de "pendent d'avaluació" fins a la resolució de l'expedient. La gestió d'aquestes incidències es desplega d'acord amb el **Marc d'actuació per a la integritat acadèmica en l'avaluació de la UPC**.

La nota final es calcularà d'acord amb la següent expressió:

N_FINAL = 0.14 * NP1 + 0.14 * NP2 + 0.22 * NA1 + 0.40 * NA2 + 0.10 * NA3

On NP1 i NP2 són les notes del primer i segon parcial, respectivament, i NA1, NA2, i NA3 corresponen a les notes de cadascun dels treballs en grup.

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

N/A

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:
- Anderson, John D. Fundamentals of aerodynamics. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2011. ISBN 9780073398105.
- Anderson, John D. Introduction to flight. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2012. ISBN 9780073380247.
- Ashley, Holt. Engineering analysis of flight vehicles [en línia]. New York: Dover, 2012 [Consulta: 23/04/2025]. Disponible a: https://research-ebsco-com.recursos.biblioteca.upc.edu/plink/337eb56a-a17c-33e1-8c16-90d74bfc4dfb. ISBN 9780486166537.
- Chobotov, Vladimir A. Orbital mechanics. 3rd ed. Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2002. ISBN 1563475375.
- Etkin, B.; Reid, Ll. D. Dynamics of flight: stability and control. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1996. ISBN 0471034185.

Complementària:
- Abzug, M. J.; Larrabee, E. E. Airplane stability and control: a history of the technologies that made aviation possible. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. ISBN 0521809924.
- Abzug, M. J. Computational flight dynamics. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1998. ISBN 1563472597.
- Miele, Angelo. Flight mechanics. Vol. 1, theory of flight paths. Reading, Massachusetts [etc]: Addison Wesley, 1962.