

220332 - Astrodinàmica

Unitat responsable:	205 - ESEIAAT - Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa		
Unitat que imparteix:	220 - ETSEIAT - Escola Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa		
Curs:	2019		
Titulació:	MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA AERONÀUTICA (Pla 2014). (Unitat docent Optativa) MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA ESPACIAL I AERONÀUTICA (Pla 2016). (Unitat docent Optativa)		
Crèdits ECTS:	5	Idiomes docència:	Anglès

Professorat

Responsable: De La Torre Sangrà, David

Altres: De La Torre Sangrà, David

Horari d'atenció

Horari: Per definir

Capacitats prèvies

L'alumne ha de tenir coneixements d'àlgebra, geometria, càlcul numèric, programació, física bàsica (dinàmica del punt), mecànica orbital bàsica (problema de dos cossos, òrbites keplerianes, principals pertorbacions produïdes per J2 segons la teoria del primer ordre, elements orbitals, còniques empalmades, assistència gravitacional, transferència de Hohmann, maniobres impulsives bàsiques, geometries de llançament).

Requisits

Per a la correcta comprensió dels continguts és imprescindible haver cursat les següents assignatures del Grau: Càlcul I, Àlgebra Lineal, Física I, Mecànica, Enginyeria Aeroespacial Computacional i Enginyeria Espacial (o bé Fonaments de Enginyeria Espacial del Màster). Completen els requisits les següents assignatures del Màster: Aerodinàmica, Mecànica del Vol i Orbital i Enginyeria Computacional.

Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura

Específiques:

- 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.
- 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.
- CEEESPAC1. Aplicar coneixements adequats de planificació de missions espacials (competència específica associada a l'especialitat Espai)
- CEEESPAC2. Aplicar coneixements avançats de dinàmica orbital i de disseny de vehicles espacials. (Competència específica associada a l'especialitat Espai).
- CG06-MUEA. Capacitat per a l'anàlisi i la resolució de problemes aeroespacials en entorns nous o desconeguts, dins de contextos amplis i complexos.

220332 - Astrodinàmica

Metodologies docents

La docència es desenvolupa mitjançant sessions presencials d'exposició de continguts teòrics (on es fomenta la participació crítica dels alumnes) i sessions d'aplicació de la teoria mitjançant l'ús d'eines de càlcul (codis en llenguatge fortran i matlab) que permeten a l'alumne comprendre a fons els conceptes teòrics. És important que els alumnes repeteixin pel seu compte els exercicis provant casos diferents als realitzats a classe. Tots els codis proposats es presten a extensions i ampliacions, activitats que fomenten la creativitat i desperten l'interès per la investigació.

Objectius d'aprenentatge de l'assignatura

Els objectius d'aprenentatge de l'assignatura consisteixen en el desenvolupament d'una sèrie de capacitats.

- Capacitat per analitzar la geometria d'una òrbita i els seus efectes sobre els objectius de la missió.
- Capacitat per a comprendre i desenvolupar un pressupost de Delta-V (o quantitat de combustible).
- Capacitat per resoldre el problema de Lambert (plantejament, elecció del mètode de solució, resolució mitjançant algoritme numèric iteratiu, expressió del resultat en forma adequada per a la descripció del moviment).
- Capacitat per estudiar una transferència directa planeta-planeta i analitzar-ne les oportunitats mitjançant el Pork Chop Plot (PCP).
- Capacitat per determinar els efectes de l'assistència gravitacional: donats els elements orbitals heliocèntrics inicials determinar els efectes de la interacció amb un planeta assignat.
- Capacitat per calcular i interpretar la gràfica de Tisserand.
- Capacitat per distingir entre diferents mètodes d'optimització i els seus dominis d'aplicabilitat.

Coneixement bàsic del problema circular restringit de tres cossos, les seves característiques i peculiaritats, aplicacions astrodinàmiques.

Coneixement bàsic de la teoria del disseny de trajectòria de baixa empenta.

Hores totals de dedicació de l'estudiantat

Dedicació total: 125h	Hores grup gran:	30h	24.00%
	Hores grup petit:	15h	12.00%
	Hores aprenentatge autònom:	80h	64.00%

220332 - Astrodinàmica

Continguts

MÒDUL 1 - ÒRBITES GEOCÈNTRIQUES

Dedicació: 27h

Grup gran/Teoria: 7h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprentatge autònom: 17h

Descripció:

Aquest mòdul consisteix en els següents temes:

- Breu recordatori dels fonaments de la mecànica orbital.
- Missions geocèntriques:
 - selecció dels paràmetres orbitals versus objectius de la missió;
 - característiques geomètriques (groundtrack, cobertura, azimut - elevació, ample de franja, temps de revisita);
 - òrbites especials (Molniya, Tundra, geosíncronas, heliosíncronas, geostacionària amb les pertorbacions de J2);
 - constel·lacions (codi Walker) i la seva caracterització.

Activitats vinculades:

Activitats 1 i 2

MÒDUL 2 - PROBLEMA DE LAMBERT

Dedicació: 23h

Grup gran/Teoria: 5h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprentatge autònom: 15h

Descripció:

El problema de Lambert, també conegut com el problema dels valors de contorn, és un problema clàssic en astrodinàmica i mecànica celeste. La seva importància es deu a la seva funció central en un gran nombre de qüestions. Per això se li assigna un mòdul sencer en aquesta assignatura. El problema es tractarà seguint un enfocament tradicional:

- Definició del problema de Lambert, enunciat i esquema de deducció del teorema homònim
- Aspectes numèrics del problema
- Mètodes clàssics de solució (Lagrange, Gauss) amb exercicis
- Introducció als mètodes moderns
- Aplicació al problema de la transferència interplanetària planeta - planeta. Aplicació
- Ocupació del problema de Lambert per estudiar les oportunitats d'aquestes transferències. Aplicació

220332 - Astrodinàmica

MÒDUL 3 - TRAYECTORIAS INTERPLANETARIAS	Dedicació: 33h Grup gran/Teoria: 8h Grup petit/Laboratori: 4h Aprenentatge autònom: 21h
Descripció: <ul style="list-style-type: none"> - Discussió sobre models dinàmics: problema de dos cossos, problema de N cossos, conicas empalmades - Definició rigorosa d'esfera d'influència gravitacional (SOI) - Càlcul de la intersecció entre una trajectòria planeta - planeta i la SOI - Física de la interacció gravitacional (swingby) en 2D i 3D - Efectes de l'assistència gravitacional sobre els elements orbitals heliocèntrics. - Caracterització dels planetes com a bons o dolents acceleradors. Estudi. - Introducció a l'optimització de trajectòries 	
MÒDUL 4 - EL PROBLEMA DELS TRES COSSOS	Dedicació: 23h Grup gran/Teoria: 6h Grup petit/Laboratori: 3h Aprenentatge autònom: 14h
Descripció: <ul style="list-style-type: none"> - El problema de tres cossos en la discussió sobre els sistemes dinàmics i les seves aproximacions. Problema general de tres cossos. - Aproximació: el problema circular restringit de tres cossos. - Equacions dinàmiques en el sistema de referència sinòdi, punts d'equilibri, constant de Jacobi, superfícies de velocitat zero. - Estabilitat lineal dels punts d'equilibri. - Òrbites periòdiques i no periòdiques al voltant dels punts colineals. - Varietats invariants. - Aplicacions a estudi de trajectòries de cossos menors i missions espacials. 	
MÒDUL 5 - INTRODUCCIÓ AL DISSENY DE TRAJECTÒRIES DE BAIXA EMPENTA	Dedicació: 19h Grup gran/Teoria: 4h Grup petit/Laboratori: 2h Aprenentatge autònom: 13h
Descripció: Trajectòries de baixa empenta (propulsió elèctrica o vela solar) com a problemes de control. Introducció a la teoria del control òptim: <ul style="list-style-type: none"> - Principi de Pontryagin - Tipus de condicions de contorn - Anàlisi i solució de casos senzills Importància in astrodinàmica. Aplicacions	

220332 - Astrodinàmica

Sistema de qualificació

La nota final es calcula en base a la següent fórmula :

$$N (\text{final}) = 0.10 * N (\text{EX1}) + 0.10 * N (\text{EX2}) + 0.4 * N (\text{PRJ}) + 0.4 * N (\text{EXF})$$

on

EX1 = exercici entregable

EX2 = exercici entregable

PRJ = projecte de l'assignatura

EXF = examen final

Més informació a la secció Activitats.

Per aquells estudiants que compleixin els requisits i es presentin a l' examen de reavaluació, la qualificació de l' examen de reavaluació substituirà les notes de tots els actes d' avaluació que siguin proves escrites presencials (controls, exàmens parcials i finals) i es mantindran les qualificacions de pràctiques, treballs, projectes i presentacions obtingudes durant el curs.

Si la nota final després de la reavaluació és inferior a 5.0 substituirà la inicial únicament en el cas que sigui superior. Si la nota final després de la reavaluació és superior o igual a 5.0, la nota final de l' assignatura serà aprovat 5.0.

Normes de realització de les activitats

En les proves presencials (EXF) no es permet l'ús d'apunts, transparències o formularis. Es permet l'ús de calculadores no programables. La durada de cada prova presencial és d'una hora. Les proves no presencials (EX1 i EX2) són individuals: els alumnes rebran mitjançant Atenea l'enunciat del problema i tindran un termini d'alguns dies (el termini es definirà en base a les característiques del treball assignat) per al lliurament d'un codi de càlcul que soluciona el problema assignat i d'un informe que l'il·lustra.

Bibliografia

Bàsica:

Bate, R. R.; Mueller, D. D.; White, J. E. Fundamentals of astrodynamics. New York: Dover, 1971. ISBN 9780486600611.

Battin, Richard H. An introduction to mathematics and methods of astrodynamics. Rev. ed. Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1999. ISBN 1563473429.

Kaplan, Marshall H. Modern spacecraft dynamics & control. New York: Wiley, 1976. ISBN 0417457035.

Wertz, J. R.; Larson, W. J. Space mission analysis and design. 3rd ed. Dordrecht [etc.]: Kluwer Academic, 1999. ISBN 9781881883104.