Guia docent
220332 - 220332 - Astrodinàmica

Última modificació: 19/04/2023

Unitat responsable: Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa
Unitat que imparteix: 220 - ETSEIAT - Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA AERONÀUTICA (Pla 2014). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA ESPACIAL I AERONÀUTICA (Pla 2016). (Assignatura optativa).

Curs: 2023 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: ADRIÀ ROVIRA GARCIA

Altres:

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 keplerianas, 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:
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.

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, las sevas carácteristicas i peculiaritats, aplicacions astrodinámicas.
Coneixement bàsic de la teoria del disseny de trajectòria de baixa empenta.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	30,0	24.00
Hores grup petit	15,0	12.00
Hores aprenentatge autònom	80,0	64.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

MÒDUL 1 - ÒRBITES GEOCÈNTRIQUES

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 J22);
constel·lacions (codi Walker) i la seva caracterització.

Activitats vinculades:
Activitats 1 i 2

Dedicació: 27h
Grup gran/Teoria: 7h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 17h

MÒDUL 2 - PROBLEMA DE LAMBERT

Descripció:
El problema de Lambert, també conegut com el problema dels valors de contorn, és un problema clàssic en astrodinámica 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

Dedicació: 23h
Grup gran/Teoria: 5h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 15h

MÒDUL 3 - TRAYECTORIAS INTERPLANETARIAS

Descripció:
- 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

Dedicació: 33h
Grup gran/Teoria: 8h
Grup petit/Laboratori: 4h
Aprenentatge autònom: 21h

MÒDUL 4 - EL PROBLEMA DELS TRES COSSOS

Descripció:
- 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.

Dedicació: 23h
Grup gran/Teoria: 6h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 14h

MÒDUL 5 - INTRODUCCIÓ AL DISSENY DE TRAJECTÒRIES DE BAIXA EMPENTA

Descripció:
Trajectòries de baixa empenta (propulsió elèctrica o vela solar) com a problemes de control.
Introducció a la teoria del control òptim:
- Principi de Pontryagin
- Tipus de condicions de contorn
- Analysis i solució de casos senzills
Importància in astrodinàmica. Aplicacions

Dedicació: 19h
Grup gran/Teoria: 4h
Grup petit/Laboratori: 2h
Aprenentatge autònom: 13h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La nota final es calcula en base a la següent fórmula :
N (final) = 0.10 * N (EX1) + 0.10 * N (EX2) + 0.4 * N (PRJ) + 0.4 * N (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 PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

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:
- 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.
- Bate, R. R.; Mueller, D. D.; White, J. E. Fundamentals of astrodynamics. New York: Dover, 1971. ISBN 9780486600611.
- Wertz, J. R.; Larson, W. J. Space mission analysis and design. 3rd ed. Dordrecht [etc.]: Kluwer Academic, 1999. ISBN 9781881883104.