

## Guia docent

# 300421 - SE-OAT - Sistemes Espacials

Última modificació: 02/03/2016

**Unitat responsable:** Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels  
**Unitat que imparteix:** 720 - FA - Departament de Física Aplicada.

**Titulació:** GRAU EN ENGINYERIA D'AERONAVEGACIÓ (Pla 2010). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2014      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Català, Castellà, Anglès

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Definit a la infoweb de l'assignatura.

**Altres:** Definit a la infoweb de l'assignatura.

### CAPACITATS PRÈVIES

---

- Operativitat amb els conceptes, magnituds i lleis bàsiques de la Física i els seus principis de conservació, continguts a l'assignatura Física 1A.
- Operativitat en el càlcul diferencial i integral, i en el càlcul amb nombres complexos, continguts a l'assignatura Càlcul 1A.
- Operativitat amb estructures algebraïques, equacions diferencials ordinàries, espais vectorials i matrius, continguts a l'assignatura Àlgebra Lineal i Aplicacions 1B.
- Operativitat amb funcions de distribució de probabilitat i dades estadístiques, continguts a l'assignatura de Probabilitat i estadística 2A
- Operativitat amb les magnituds bàsiques i principis de la Termodinàmica així com el comportament físic de fluids i gasos en diferents condicions de pressió i temperatura continguts a les assignatures de Termodinàmica 1B i Mecànica de Fluids 2A
- Capacitat per realitzar programes d'aplicacions en llenguatge Matlab/Octave o C#, continguts de les assignatures de Informàtica 1A i 1B.

### REQUISITS

---

- Pre-requisits: Fonaments de Física, Mecànica, Càlcul, Àlgebra i Geometria, Termodinàmica, Mecànica de Fluids, Ampliació de Matemàtiques, Informàtica 1 i 2
- Co-requisits: Fonaments de Comunicació, Ciència i Tecnologia del Materials, Estructures i Resistència de Materials.

### COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

---

#### Específiques:

16. CE 19 AERO. Conocimiento aplicado de: la ciencia y tecnología de los materiales; mecánica y termodinámica; mecánica de fluidos; aerodinámica y mecánica del vuelo; sistemas de navegación y circulación aérea; tecnología aeroespacial; teoría de estructuras; transporte aéreo; economía y producción; proyectos; impacto ambiental. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)

#### Genèriques:

7. GESTIÓ DE PROJECTES - Nivell 1: Conèixer eines de gestió de projectes portant a terme les diferents fases del projecte establertes pel professor.
8. GESTIÓN DE PROYECTOS - Nivel 2: Definir els objectius d'un projecte ben definit, d'abast reduït, i planificar-ne el desenvolupament, determinant els recursos necessaris, tasques a realitzar, repartiment de responsabilitats integració. Utilitzar adequadament eines de suport a la gestió de projectes.
9. GESTIÓN DE PROYECTOS - Nivel 3: Definir els objectius d'un projecte extens i obert, de caràcter multidisciplinari. Planificar tasques i recursos necessaris, realitzar el seguiment i la integració de les parts. Avaluar els resultats intermedis i finals, replantejant els objectius si fos necessari.

### Transversals:

1. APRENTATGE AUTÒNOM - Nivell 1: Dur a terme les tasques encomanades en el temps previst, tot treballant amb les fonts d'informació indicades, d'acord amb les pautes marcades pel professorat.
2. APRENTATGE AUTÒNOM - Nivell 2: Dur a terme les tasques encomanades a partir de les orientacions bàsiques donades pel professorat, decidint el temps que cal emprar per a cada tasca, incloent-hi aportacions personals i ampliant les fonts d'informació indicades.
3. APRENTATGE AUTÒNOM - Nivell 3: Aplicar els coneixements assolits a la realització d'una tasca en funció de la pertinència i la importància, decidint la manera de dur-la a terme i el temps que cal dedicar-hi i seleccionant-ne les fonts d'informació més adequades.
4. COMUNICACIÓ EFICAC ORAL I ESCRITA - Nivell 1: Planificar la comunicació oral, respondre de manera adequada les qüestions formulades i redactar textos de nivell bàsic amb correcció ortogràfica i gramatical.
5. COMUNICACIÓ EFICAC ORAL I ESCRITA - Nivell 2: Utilitzar estratègies per preparar i dur a terme les presentacions orals i redactar textos i documents amb un contingut coherent, una estructura i un estil adequats i un bon nivell ortogràfic i gramatical.
6. COMUNICACIÓ EFICAC ORAL I ESCRITA - Nivell 3: Comunicar-se de manera clara i eficient en presentacions orals i escrites adaptades al tipus de públic i als objectius de la comunicació utilitzant les estratègies i els mitjans adequats.
10. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, que serà preferentment l'anglès, amb un nivell adequat de forma oral i per escrit i amb consonància amb les necessitats que tindran les titulades i els titulats en cada ensenyament.
11. TREBALL EN EQUIP - Nivell 1: Participar en el treball en equip i col·laborar-hi, un cop identificats els objectius i les responsabilitats col·lectives i individuals, i decidir conjuntament l'estratègia que s'ha de seguir.
12. TREBALL EN EQUIP - Nivell 2: Contribuir a consolidar l'equip, planificant objectius, treballant amb eficàcia i afavorint-hi la comunicació, la distribució de tasques i la cohesió.
13. TREBALL EN EQUIP - Nivell 3: Dirigir i dinamitzar grups de treball, resolent-ne possibles conflictes, valorant el treball fet amb les altres persones i avaluant l'efectivitat de l'equip així com la presentació dels resultats generats.
14. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 1: Identificar les pròpies necessitats d'informació i utilitzar les col·leccions, els espais i els serveis disponibles per dissenyar i executar cerques simples adequades a l'àmbit temàtic.
15. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 2: Després d'identificar les diferents parts d'un document acadèmic i d'organitzar-ne les referències bibliogràfiques, dissenyar-ne i executar-ne una bona estratègia de cerca avançada amb recursos d'informació especialitzats, seleccionant-hi la informació pertinent tenint en compte criteris de rellevància i qualitat.

## METODOLOGIES DOCENTS

---

Les classes de l'assignatura seran presencials i expositives. El material docent estarà compost per presentacions PowerPoint (que podran obtenir des del primer dia) i enllaços a pàgines web d'especial rellevància. També es farà ús de software com SaTrak i càlcul i representació d'òrbites i una introducció al programa STK i disseny avançat de missions espacials. El treball en grup serà una de les característiques essencials de l'assignatura, ja que els alumnes hauran de dissenyar un dels subsistemes d'un satèl·lit espacial i exposar el seu treball a final de curs.

L'expressió oral i escrita es treballarà explícitament a les sessions d'AD de problemes (discussió dels mètodes emprats i resolució de problemes a la pissarra) i al projecte. L'aprenentatge autònom es guiarà mitjançant textos i informació en pàgines web amb conceptes teòrics de l'assignatura i/o vídeos explicatius. El projecte també serà una eina de treball d'aprenentatge autònom ja que els estudiants hauran d'adquirir coneixements més enllà dels explicats a les classes de teoria i realitzar gran part del projecte de manera autònoma. Aquestes tres competències genèriques s'avaluaran en les diferents activitats d'avaluació en què estan implicades (veure la descripció detallada de les AV1-4).

Hi haurà diverses activitats no obligatòries, com ara l'observació de satèl·lits des de terra -en especial els de la família Iridium i la International Space Station- i la visita a empreses del sector aeroespacial del nostre entorn immediat.

## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

En acabar l'assignatura l'estudiant/a ha de ser capaç de:

- Identificar els drivers d'una missió.
- Avaluar l'òrbita més apropiada per a complir els objectius d'una missió espacial.
- Dissenyar una primera versió d'un satèl·lit complint amb les limitacions de massa, potència elèctrica i cost.
- Calcular les característiques bàsiques dels diferents subsistemes d'un satèl·lit en funció dels requeriments de la missió.
- Desenvolupar una missió partint de la definició dels objectius primaris.
- Copsar el caràcter iteratiu del disseny de sistemes d'enginyeria complexos.
- Treballar en grup, avaluar el treball propi i l'aliè, i acceptar els punts de vista aliens sobre el propi treball.



## HORES TOTS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	84,0	56.00
Hores grup gran	33,0	22.00
Hores activitats dirigides	33,0	22.00

**Dedicació total:** 150 h

## CONTINGUTS

### 1. Mecànica Orbital

**Descripció:**

- Principis de Newton i llei de la gravitació universal.
- El problema de dos cossos restringit.
- Òrbites el·líptiques, parabòliques i hiperbòliques. Velocitat d'escapament.
- Elements orbitals clàssics.
- Pertorbacions: efectes de l'alta atmosfera, pressió de radiació, tercers cossos.
- Maniobres orbitals. Òrbites interplanetàries.

**Activitats vinculades:**

- AV1: Activitats dirigides d'aplicacions pràctiques
- AV2: Projecte aplicació del Sistemes Espacials
- AV3 i 4: Exàmens de mig quadrimestre i de final de quadrimestre.

**Dedicació:** 27h

Grup gran/Teoria: 6h

Activitats dirigides: 6h

Aprenentatge autònom: 15h

### 2. Aplicacions dels satèl·lits

**Descripció:**

- Comunicacions.
- Observació de la Terra. Meteorologia.
- Posicionament global: GPS, Glonass i Galileo.
- Satèl·lits militars.
- Satèl·lits científics.

**Activitats vinculades:**

- AV1: Activitats dirigides d'aplicacions pràctiques
- AV2: Projecte aplicació del Sistemes Espacials
- AV3 i 4: Exàmens de mig quadrimestre i de final de quadrimestre.

**Dedicació:** 11h

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Activitats dirigides: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 6h



### 3. Disseny de satèl·lits

**Descripció:**

- Procés de disseny dels satèl·lits.
- Fases d'una missió espacial. Requeriments i assajos.
- Els subsistemes satel·litaris. Sinergies, interrelacions i competència entre subsistemes.

**Activitats vinculades:**

- AV1: Activitats dirigides d'aplicacions pràctiques
- AV2: Projecte aplicació del Sistemes Espacials
- AV3 i 4: Exàmens de mig quadrimestre i de final de quadrimestre.

**Dedicació:** 7h

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Activitats dirigides: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 4h

### 4. Vectors de llançament

**Descripció:**

- Equació de Tsiolkovsky.
- Toveres i cambres de combustió. Coets multifase.
- Dinàmica dels llançadors.
- Coets de combustible sòlid, líquid i híbrid. Altres tipus de propulsió: coets iònics i nuclears.

**Activitats vinculades:**

- AV1: Activitats dirigides d'aplicacions pràctiques
- AV2: Projecte aplicació del Sistemes Espacials
- AV3 i 4: Exàmens de mig quadrimestre i de final de quadrimestre.

**Dedicació:** 11h

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Activitats dirigides: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 6h

### 5. El subsistema d'estructura

**Descripció:**

- Materials estructurals.
- Fase de llançament.
- Efectes de l'espai. Whipple Bumper.

**Activitats vinculades:**

- AV1: Activitats dirigides d'aplicacions pràctiques
- AV2: Projecte aplicació del Sistemes Espacials
- AV3 i 4: Exàmens de mig quadrimestre i de final de quadrimestre.

**Dedicació:** 12h

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Activitats dirigides: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 7h

## 6. El subsistema de potència

### Descripció:

- Determinació de la potència requerida.
- Fonts de potència. Bateries. Sistemes fotovoltaics. Piles de combustible. Sistemes nuclears passius i actius.

### Activitats vinculades:

- AV1: Activitats dirigides d'aplicacions pràctiques
- AV2: Projecte aplicació del Sistemes Espacials
- AV3 i 4: Exàmens de mig quadrimestre i de final de quadrimestre.

### Dedicació: 7h

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Activitats dirigides: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 4h

## 7. El subsistema de control tèrmic

### Descripció:

- El medi ambient espacial. Equació de balanç tèrmic. Models tèrmics matemàtics.
- Sistemes passius: absorptància i emittència de les superfícies.
- Sistemes actius: torres de transferència de el calor, persianes.

### Activitats vinculades:

- AV1: Activitats dirigides d'aplicacions pràctiques
- AV2: Projecte aplicació del Sistemes Espacials
- AV3 i 4: Exàmens de mig quadrimestre i de final de quadrimestre.

### Dedicació: 12h

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Activitats dirigides: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 7h

## 8. El subsistema de suport vital: vols tripulats

### Descripció:

- Habitabilitat d'entorns tancats.
- Control dels gasos atmosfèrics. Temperatura i humitat.
- Gravetat artificial.
- Protecció contra la radiació ionitzant.

### Activitats vinculades:

- AV1: Activitats dirigides d'aplicacions pràctiques
- AV2: Projecte aplicació del Sistemes Espacials
- AV3 i 4: Exàmens de mig quadrimestre i de final de quadrimestre.

### Dedicació: 7h

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Activitats dirigides: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 4h

## 9. El subsistema de determinació i control d'òrbita i actitud

### Descripció:

- Moments d'inèrcia: el satèl·lit com un sòlid rígid. Les equacions d'Euler.
- Biaix de moment.
- Sensors de limb terrestre, solars i estel·lars.
- Giroscopis, magneto-torquers. Estabilització per gradient gravitatori.

### Activitats vinculades:

- AV1: Activitats dirigides d'aplicacions pràctiques
- AV2: Projecte aplicació del Sistemes Espacials
- AV3 i 4: Exàmens de mig quadrimestre i de final de quadrimestre.

### Dedicació: 12h

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Activitats dirigides: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 7h

## 10. El subsistema de comunicacions

### Descripció:

- L'equació de l'enllaç. Antenes direccionals i omnidireccionals.
- Compressió de dades.
- Housekeeping i telemetria.
- Estacions terrestres.

### Activitats vinculades:

- AV1: Activitats dirigides d'aplicacions pràctiques
- AV2: Projecte aplicació del Sistemes Espacials
- AV3 i 4: Exàmens de mig quadrimestre i de final de quadrimestre.

### Dedicació: 22h

Grup gran/Teoria: 5h

Activitats dirigides: 5h

Aprenentatge autònom: 12h

## 11. El subsistema de computació

### Dedicació: 22h

Grup gran/Teoria: 5h

Activitats dirigides: 5h

Aprenentatge autònom: 12h

## ACTIVITATS

### (AV1): ACTIVITATS DIRIGIDES D'APLICACIONS PRÀCTIQUES

**Descripció:**

En les sessions d'AD es els conceptes introduïts en el tema corresponent. Es proposaran petits problemes o situacions pràctiques que els alumnes treballaran en grup. Els alumnes hauran d'ampliar la informació presentada en classe de teoria, discutir, analitzar i arribar a solucions de compromís segons els requeriments proposats. Es realitzarà l'exposició d'alguns dels problemes i/o simulacions realitzades per part dels professors i/o dels alumnes. Es discutirà de manera col·lectiva els mètodes emprats i els resultats obtinguts. Eventualment s'encarregaran lliurables, que els alumnes hauran de resoldre fora de l'aula individualment o en petits grups

**Objectius específics:**

Consolidar els coneixements assolits a les classes de teoria. Desenvolupar la capacitat de resolució de problemes, obtenir informació i arribar a solucions de compromís. Analitzar i discutir els resultats obtinguts a partir de les simulacions realitzades i avaluar els possibles inconvenients que es poden donar. Desenvolupar la capacitat de comunicar-se oralment de manera clara i eficaç.

**Material:**

Col·lecció amb els enunciats del problemes proposats, calculadora, formulari, aula informàtica.

**Lliurament:**

El conjunt de lliurables encarregats durant totes les sessions serà avaluat amb un 10% de la nota final.

**Dedicació:** 60h

Activitats dirigides: 23h

Aprenentatge autònom: 37h

### (AV2): PROJECTE APLICACIÓ DEL SISTEMES ESPACIALS

**Descripció:**

Els estudiants hauran de realitzar en grups un projecte de disseny d'alguna operació espacial prèviament proposada. L'objectiu es posar en practica els coneixements teòrics que al llarg del curs s'han introduït sobre els diferents subsistemes que conformen una operació espacial així com la metodologia en el seu disseny. El projecte es farà principalment fora de l'aula, però en algunes sessions d'AD se'n farà un seguiment. En aquestes sessions, els alumnes treballaran en grup i amb un ordinador per grup. Cap al final del quadrimestre, en una sessió de teoria els alumnes hauran de presentar el projecte amb el suport de diapositives. En finalitzar la presentació es farà una ronda de preguntes, tant per aclarir punts com per tal de determinar el grau de comprensió aconseguit. Entregaran el codi, si s'escau, i les dispositives de la presentació.

**Objectius específics:**

Consolidar els coneixements assolits a les classes de teoria. Desenvolupar la capacitat de simulació i modelització d'aplicacions així com dels procediments en el disseny d'una missió espacial. Arribar a solucions de compromís entre els requeriments de la missió i les possibilitats tècniques. Adquirir la capacitat de comunicar-se de manera oral i escrita.

**Material:**

Ordinador amb Matlab/Octave/C++ per fer el projecte fora de l'aula.

Ordinador portàtil amb Matlab/Octave/C++ per les sessions d'AD.

Ordinador i projector per la sessió de teoria on es presentin els projectes.

**Lliurament:**

El projecte s'avaluarà amb un 40% de la nota final, tenint en compte el codi, les diapositives i la presentació oral.

**Dedicació:** 40h

Activitats dirigides: 10h

Aprenentatge autònom: 30h



### (AV3): EXAMEN DE MIG QUADRIMESTRE

**Descripció:**

Durant la setmana d'exàmens de mig quadrimestre es realitzarà un examen individual de teoria i problemes dels continguts treballats fins al moment.

**Objectius específics:**

Comprovar els coneixements assolits sobre els continguts inclosos, per part de professors i estudiants. Desenvolupar la capacitat de comunicar-se amb claredat i eficàcia de manera escrita, justificant la resolució dels problemes i responnent preguntes teòriques.

**Material:**

Enunciat de l'examen en paper, calculadora i formulari.

**Lliurament:**

S'entregarà l'examen resolt individualment per ser avaluat amb un 20% de la nota final.

**Dedicació:** 8h

Aprenentatge autònom: 8h

### (AV4): EXAMEN DE FINAL DE QUADRIMESTRE

**Descripció:**

Durant la setmana d'exàmens de final de quadrimestre es realitzarà un examen individual de teoria i problemes de tots els continguts treballats a l'assignatura.

**Objectius específics:**

Comprovar els coneixements assolits sobre els continguts de l'assignatura, per part de professors i estudiants. Desenvolupar la capacitat de comunicar-se amb claredat i eficàcia de manera escrita, justificant la resolució dels problemes i responnent preguntes teòriques.

**Material:**

Enunciat de l'examen en paper, calculadora i formulari.

**Lliurament:**

S'entregarà l'examen resolt individualment per ser avaluat amb un 20% de la nota final.

**Dedicació:** 8h

Aprenentatge autònom: 8h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

S'aplicaran els criteris d'avaluació definits a la infoweb de l'assignatura.

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Totes les activitats d'avaluació proposades són obligatòries. Un examen, lliurable o projecte no presentat es puntuarà amb una nota de zero. Els exàmens es realitzaran de manera individual. Els lliurables de problemes i el projecte es realitzaran en grup.





## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Fortescue, Peter W.; Stark, John; Swinerd, Graham. Spacecraft systems engineering [Recurs electrònic] [en línia]. 4th ed. Hoboken: Ed. Wiley, 2011 Disponible a : <http://site.ebrary.com/lib/upcatalunya/docDetail.action?docID=10494538&p00=spacecraft%20systems%20engineering>. ISBN 9781119971016.
- Wertz, James R.; Larson, Wiley J. Space mission analysis and design. 3a ed. Dordrecht: Ed. Kluwer Academic, 1999. ISBN 9781881883104.

### Complementària:

- Messerschmid, E.; Bertrand, R. Space stations: systems and utilization. Berlin: Ed. Springer, 1999. ISBN 354065464X.
- Heinz Hermann, K. Handbook of astronautical engineering. New York: Ed. McGraw-Hill, 1961.
- Thomson, William T. Introduction to space dynamics. New York: Ed. Dover, 1986. ISBN 0486651134.
- Sutton, George P.; Biblarz, O. Rocket propulsion elements. 7a ed. New York: Ed. John Wiley & Sons, 2001. ISBN 0471326429.