

## Guia docent

### 205092 - 205092 - Sistemes Dinàmics a l'Enginyeria

Última modificació: 18/05/2020

**Unitat responsable:** Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa  
**Unitat que imparteix:** 749 - MAT - Departament de Matemàtiques.

**Titulació:** MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA INDUSTRIAL (Pla 2013). (Assignatura optativa).  
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA AERONÀUTICA (Pla 2014). (Assignatura optativa).  
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA ESPACIAL I AERONÀUTICA (Pla 2016). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2020      **Crèdits ECTS:** 3.0      **Idiomes:** Anglès

#### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Mañosa Fernandez, Víctor

**Altres:**

#### CAPACITATS PRÈVIES

---

Els estudiants han de tenir consolidades les habilitats matemàtiques a nivell d'un grau en enginyeria.

#### REQUISITS

---

Es requereixen coneixements de Càlcul en diverses variables, àlgebra lineal i equacions diferencials.

#### METODOLOGIES DOCENTS

---

- Sessions presencials d'exposició dels continguts.
- Sessions presencials de treball pràctic.
- Treball autònom d'estudi, realització d'exercicis i desenvolupament de certs continguts teòrics.
- Exposició dels exercicis o els continguts teòrics a classe.

En les sessions d'exposició dels continguts el professorat introduirà les bases teòriques de la matèria, conceptes, mètodes i resultats il·lustrant-los amb exemples convenients per facilitar-ne la seva comprensió. Els estudiants, de forma autònoma, hauran d'estudiar per tal d'assimilar els conceptes i resoldre els exercicis proposats, ja sigui manualment o amb l'ajut de l'ordinador. Es potenciarà l'ús d'eines informàtiques de suport: es familiaritzarà l'alumnat en l'ús de paquets de software matemàtic amb la finalitat que l'utilitzin com a eina de càlcul numèric, simbòlic i gràfic.

## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

La teoria de sistemes dinàmics és una àrea fascinant i àmplia de la ciència que tracta de l'evolució en temps dels models deterministes. El seu àmbit va més enllà de les matemàtiques i les seves aplicacions inclouen física (moviment dels cossos celestes o satèl·lits, evolució de la calor, mecànica...), biologia (evolució de la població i les epidèmies, neurociència, creixement cel·lular...), química (reaccions químiques), noves tecnologies (xarxes complexes), economia...

El curs està dirigit a alumnes vulguin iniciar-se que en els sistemes dinàmics. Es donaran els conceptes i eines fonamentals per comprendre la dinàmica no lineal.

L'objectiu principal és proporcionar eines per analitzar els dos objectes següents:

- El retrat de fase, que serveix per determinar l'evolució del temps (passat i futur) dels estats del sistema en funció dels seus valors en el present;
- El diagrama de bifurcació a l'espai de paràmetres, que té la finalitat de descriure com varia una característica específica del sistema a mesura que movem els paràmetres i quan es produeix un fenomen de bifurcació: un canvi en el comportament qualitatiu de la dinàmica del sistema.

Treballarem tant des d'un nivell analític com des d'un geomètric intuïtiu, i es posarà especial èmfasi en els models físics i biològics: vibracions mecàniques, làsers, circuits, dinàmica de població, epidèmies...

## HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	15,0	20.00
Hores grup petit	12,0	16.00
Hores aprenentatge autònom	48,0	64.00

**Dedicació total:** 75 h

## CONTINGUTS

### 1. Introducció a sistemes dinàmics i els models no lineals

**Descripció:**

- Què són els sistemes dinàmics? Exemples de models no lineals físics i biològics.
- Aplicacions i fluxos: el retrat de fase, el concepte de bifurcació.
- Tipus especials de solucions: punts d'equilibri (estats estacionaris), òrbites periòdiques.

**Dedicació:** 8h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 4h



## 2. Sistemes dinàmics en una dimensió

### Descripció:

- a. Anàlisi qualitativa de sistemes continus.
- b. Sistemes discrets: l'aplicació logística, el caos en el sentit de Devaney.
- c. Bifurcacions locals de sistemes unidimensionals.
- d. Aplicacions a models no lineals en ciència i enginyeria.

### Dedicació: 8h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 4h

## 3. Sistemes lineals i linealització de sistemes no lineals

### Descripció:

- a. Anàlisi qualitativa dels sistemes lineals bidimensionals. Estabilitat.
- b. Sistemes lineals d'ordre superior.
- c. Linealització local: varietats estables, inestables i centrals. Teorema de Hartman-Grobman.
- d. Aplicacions a models no lineals en ciència i enginyeria.

### Dedicació: 24h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 16h

## 4. Estabilitat dels sistemes no lineals

### Descripció:

- a. Estabilitat i estabilitat asimptòtica.
- b. Funcions de Lyapunov.

### Dedicació: 4h

Grup gran/Teoria: 1h

Grup petit/Laboratori: 1h

Aprenentatge autònom: 2h



## 5. Sistemes dinàmics en dues dimensions

### Descripció:

- Òrbites periòdiques.
- Comportaments límit: el teorema de Poincaré-Bendixon.
- Bifurcacions en sistemes bidimensionals.
- Aplicacions a oscil·lacions no lineals. Ritmes biològics.

### Dedicació: 18h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 12h

## 6. Sistemes dinàmics en dimensions superiors

### Descripció:

- Caos determinista: les Equacions de Lorenz.
- Caos en altres models no lineals en ciència i tecnologia.
- Sistemes dinàmics en mecànica celeste: caos al sistema solar.
- Xarxes complexes. Sincronització.

### Activitats vinculades:

El mòdul 6 (Sistemes dinàmics en dimensions superiors) consistirà en la realització d'un breu treball bibliogràfic sobre un dels temes del mòdul, que serà un dels entregables del curs.

### Dedicació: 13h

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 10h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

---

Lliurament de tasques corresponents a cada mòdul: 100%.

La qualificació final serà la mitjana de les qualificacions de les tasques amb els següents pesos orientatius:

Mòduls 1-2: 25%

Mòdul 3: 25%

Mòduls 4 i 5: 25%

Mòdul 6: 25%

El mòdul 6 es planteja com un treball bibliogràfic sobre un dels temes que conformen el mòdul o bé algun altre tema acordat prèviament.

Els lliuraments consistiran en diversos tipus de tasques com la resolució d'exercicis, la realització de simulacions, l'anàlisi d'un model o, ocasionalment, el desenvolupament teòric d'un tema.

S'establiran mecanismes de recuperació i millora de la qualificació de les tasques.

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

---

S'establirà un termini pel lliurament de les tasques. Totes les tasques entregades fins a 48h després del termini tindran una penalització del 50%. No s'acceptaran entregues després d'aquest segon termini.

## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Strogatz, Steven H. Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry and engineering . Cambridge : Perseus, 1994. ISBN 0-7382-0453-6.
- Arrowsmith, D. K; Place, C. M. Dynamical systems: differential equations, maps, and chaotic behaviour . 1st ed. London; New York : Chapman & Hall, 1992. ISBN 0-412-39080-9.

### Complementària:

- Solé Vicente, Ricard; Manrubia, Susanna C. Orden y caos en sistemas complejos . Barcelona : Edicions UPC, 2001. ISBN 8483014912.
- Borrelli, Robert L; Coleman, Courtney S. Ecuaciones diferenciales: una perspectiva de modelación . México : Oxford University Press, 2002. ISBN 970-613-611-8.
- Kuznetsov, Yuri A. Elements of applied bifurcation theory . 3rd ed. New York : Springer, 2004. ISBN 978-0-387-21906-6.
- Braun, Martin. Differential equations and their applications: an introduction to applied mathematics . 4th ed. New York, NY [etc.] : Springer-Verlag, cop. 1993. ISBN 978-0-387-97894-9.
- Hale, Jack K; Koçak, Hüseyin. Dynamics and bifurcations . New York : Springer-Verlag, 1991. ISBN 0-387-97141-6.

## RECURSOS

---

### Altres recursos:

S'encoratjarà l'ús del programa Maple i/o Matlab (o altres equivalents) per a la realització dels càlculs. Puntualment es recomanarà als alumnes que facin servir un programa de simulació de retrats de fase com per exemple pplane que es pot descarregar a:

<https://www.cs.unm.edu/~joel/dfield/>