

# Guia docent 97-98

Facultat de Matemàtiques i  
Estadística FME

Llicenciatura de Matemàtiques



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**FME**  
FACULTAT DE MATEMÀTIQUES  
I ESTADÍSTICA - FÍSICA

## ÍNDEX

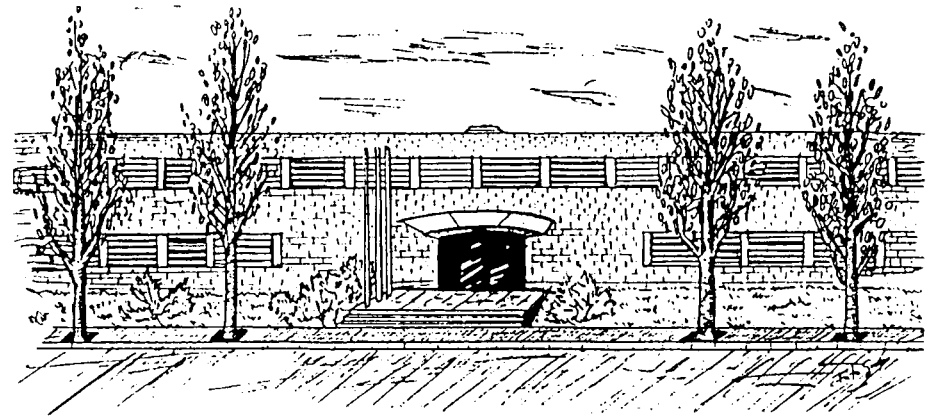
---

<b>1. La Facultat de Matemàtiques i Estadística de la Universitat Politècnica de Catalunya</b> .....	5
La Universitat Politècnica de Catalunya .....	7
La Facultat de Matemàtiques i Estadística .....	9
Calendari acadèmic del curs 1997-98 .....	13
<b>2. La Llicenciatura de Matemàtiques</b> .....	15
Presentació .....	17
Pla d'estudis .....	19
Complements de formació per a l'accés directe a segon cicle .....	25
Departaments i professorat .....	27
Horaris de classe .....	31
Dates dels exàmens .....	43
<b>3. Programes de les assignatures troncal o obligatòries</b> .....	47
1r curs - 1r quadrimestre .....	49
1r curs - 2n quadrimestre .....	57
2n curs - 1r quadrimestre .....	67
2n curs - 2n quadrimestre .....	77
3r curs - 1r quadrimestre .....	87
3r curs - 2n quadrimestre .....	95
4t curs - 1r quadrimestre .....	105
4t curs - 2n quadrimestre .....	111
<b>4. Programes de les assignatures optatives</b> .....	117
1r quadrimestre .....	119
2n quadrimestre .....	149
<b>5. Assignatures específiques de lliure elecció de la FME</b> .....	177

---

# 1. LA FACULTAT DE MATEMÀTIQUES I ESTADÍSTICA DE LA UPC

---



## **LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**

---

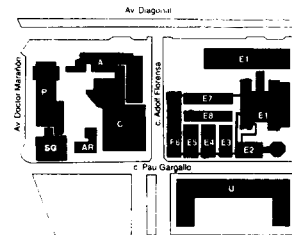
La Universitat Politècnica de Catalunya és una universitat tecnològica tradicionalment molt arrelada en els diversos àmbits de l'activitat productiva tecnològica i industrial de la nostra societat, i gaudeix d'un gran prestigi dins i fora de les nostres fronteres. La Universitat Politècnica de Catalunya ofereix diversos estudis d'Enginyeria (Camins, Canals i Ports; Industrial; Informàtica; Telecomunicació), Arquitectura i Nàutica, diverses enginyeries tècniques i diplomatures i un nombre important d'estudis de postgrau, de tercer cicle i màsters.

A més de l'activitat docent, a la Universitat Politècnica de Catalunya es realitza també una tasca molt important en el camp de la recerca i del desenvolupament tecnològic, per mitjà dels seus departaments i instituts universitaris.

El nucli principal de les instal·lacions de la Universitat Politècnica de Catalunya a Barcelona està situat a la zona universitària de l'Avinguda Diagonal, actualment dividit entre l'anomenat "campus nord" (al sector nord de la Diagonal) i el "campus sud" (al sud de la Diagonal, entre els carrers de Gregorio Marañón i de Pascual i Vila). És al campus sud on està ubicada la Facultat de Matemàtiques i Estadística, en la qual es cursen els estudis de la Llicenciatura de Matemàtiques i la Diplomatura d'Estadística. Aquesta és una zona fàcilment accessible amb transport públic (metro i autobús) i en la qual els estudiants tenen a la seva disposició un gran nombre de serveis (biblioteques, laboratoris de càlcul, llibreries, cafeteries i menjadors, instal·lacions esportives, activitats culturals i de lleure, etc.).

## LA FACULTAT DE MATEMÀTIQUES I ESTADÍSTICA

La Facultat de Matemàtiques i Estadística va iniciar les seves activitats el curs 1992-93. Durant aquell curs es va impartir per primer cop el primer curs dels estudis de la Llicenciatura de Matemàtiques, i es van incorporar també els estudis de la Diplomatura d'Estadística, els quals s'havien començat a impartir en aquesta Universitat el curs 1990-91 a la Facultat d'Informàtica, on es feien fins aleshores. La FME està ubicada a l'edifici U de la Universitat Politècnica de Catalunya, al carrer de Pau Gargallo núm. 5, 08028-Barcelona (tel.: 401 72 98, fax: 401 58 81)



### Campus Sud

A, C:	Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona
H, E1-E8:	Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona
U:	Facultat de Matemàtiques i Estadística
P:	Escola Universitària Politècnica de Barcelona
SG:	Serveis Generals
AR:	Aularis

L'Equip de Govern de la FME està constituït en aquest moment pels professors següents: Pere Pascual Gainza (Degà), Josep Grané Manlleu (Vicedegà Cap d'Estudis de la Llicenciatura de Matemàtiques), Tomàs Aluja Banet (Vicedegà Cap d'Estudis de la Diplomatura d'Estadística), Marta València Guitart (Vicedegana d'Ordenació d'Estudis) i Carles Padró Laimon (Secretari Acadèmic).

La Facultat, entre altres, disposa dels serveis següents:

**Deganat.** Està ubicat a la planta baixa de l'edifici esmentat (telèfon 401 73 01, fax 401 58 81).

**Secretaria, Administració i Ordenació d'Estudis.** Està ubicada a la planta baixa de l'edifici i té cura de la gestió acadèmica i administrativa del centre. L'horari d'atenció al públic és: al matí, de 9 a 13h, de dilluns a divendres, i a les tardes, de 15.30 a 17h dilluns i dimecres, i de 15.30 a 18h dimarts i dijous (telèfon secretaria 401 72 98, telèfon ordenació d'estudis 401 72 89, fax 401 58 81).

**Oficina de tercer cicle.** Està ubicada a la primera planta de l'edifici i té cura de la gestió acadèmica i administrativa dels programes de doctorat suportat per la Facultat.

**Laboratori de Càlcul.** Està a la planta baixa i consta de dues sales d'ordinadors personals (de tipus compatible) que estan també connectats a la xarxa de la universitat (telèfon 401 70 46). En les hores no lectives, aquestes aules són utilitzades en règim de lliure accés pels alumnes de la facultat.

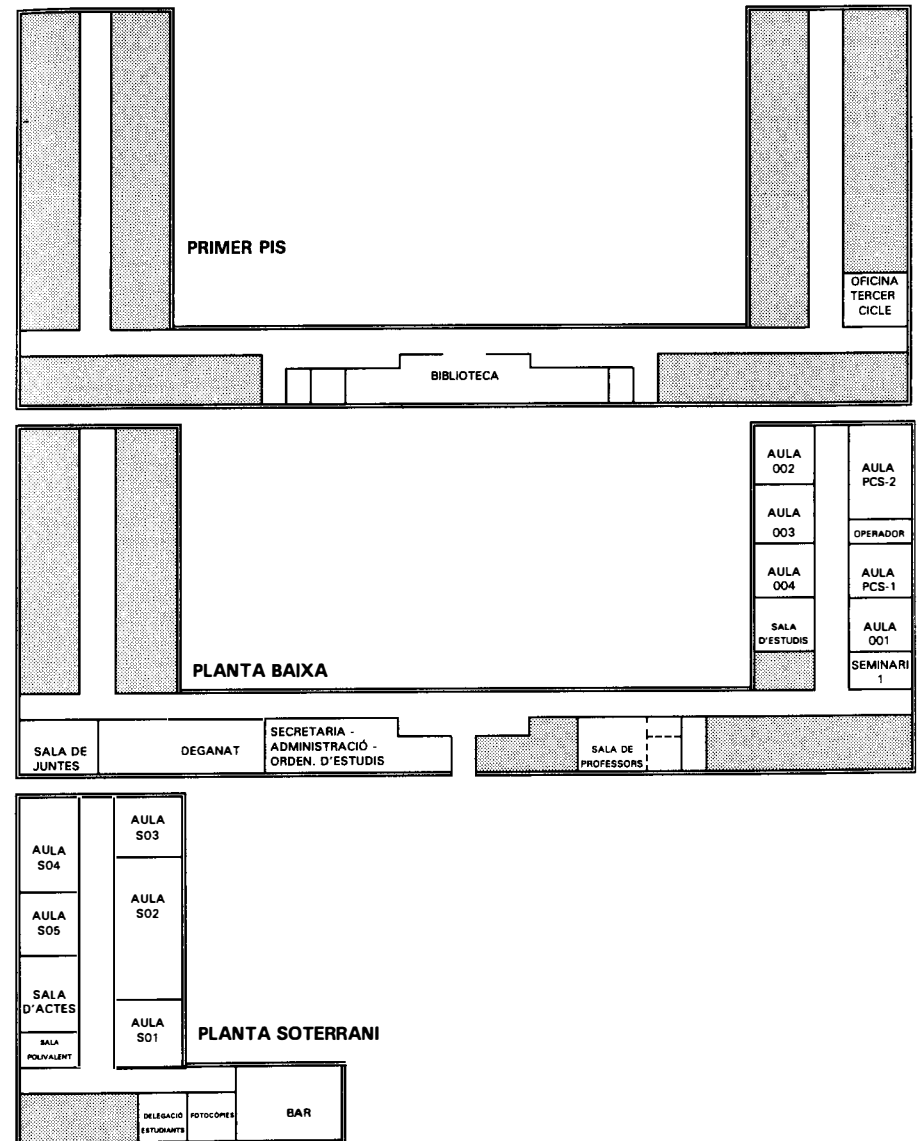
**Biblioteca.** Està a la primera planta. Ofereix serveis de consulta i préstec de llibres a professors i estudiants, i serveis de recerca bibliogràfica en connexió amb la resta de biblioteques de la Universitat. L'horari d'atenció al públic és de 9 a 21h de dilluns a divendres (telèfon 401 70 20).

**Sala de professors.** Està ubicada a la planta baixa. Tots els professors, a més del seu despatx personal en les dependències del seu departament, tenen una sala comuna per atendre consultes dels estudiants (telèfon 401 70 43).

**Sala d'Estudis.** Està a la planta baixa. En aquesta sala s'ofereix també la possibilitat d'utilitzar ordinadors personals connectats a la xarxa de la facultat i a la de la universitat, en règim de lliure accés.

**Delegació d'Alumnes i Servei d'Esports.** Està a la planta soterrani. Els estudiants hi organitzen diverses activitats com són les reunions de delegats i de representants, els actes de la Festa de la Facultat, els assaigs i concerts de la coral, la confecció i edició de la revista, la participació en competicions esportives, etc. (telèfon 401 69 32).

## Plànol de la Facultat de Matemàtiques i Estadística



# CALENDARI ACADÈMIC DE LA FME (CURS 97-98)

## SETEMBRE

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

## OCTUBRE

		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

## NOVEMBRE

					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

## DESEMBRE

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

## GENER

			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

## FEBRER

						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	

## MARÇ

						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

## ABRIL

		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

## MAIG

				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

## JUNY

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

### 1. Períodes no lectius i dies festius entre l'1 de setembre de 1997 i el 31 de juliol de 1998

11 de setembre de 1997  
24 de setembre de 1997  
1 de novembre de 1997  
6 de desembre de 1997  
8 de desembre de 1997  
del 22 de desembre de 1997 al 7 de gener de 1998 (ambdós inclosos)  
28 de gener de 1998  
del 6 al 13 d'abril de 1998 (ambdós inclosos)  
1 de maig de 1998  
1 de juny de 1997  
24 de juny de 1998

### 2. Calendari lectiu general (excepte per a les assignatures específiques de lliure elecció)

Primer quadrimestre: del 15 de setembre de 1997 al 19 de desembre de 1998  
Període d'exàmens i avaluacions del primer quadrimestre: del 8 al 30 de gener de 1998  
Segon quadrimestre: del 2 de febrer al 15 de maig de 1998  
Període d'exàmens i avaluacions del segon quadrimestre: del 18 de maig al 12 de juny de 1998  
Període d'exàmens extraordinaris: del 6 al 10 de juliol de 1998

### 3. Calendari d'impartició i avaluació de les assignatures específiques de lliure elecció

Primer quadrimestre: del 22 de setembre al 28 de novembre de 1997  
Segon quadrimestre: del 2 de març al 15 de maig de 1998

## 2. LA LLICENCIATURA DE MATEMÀTIQUES





## PRESENTACIÓ

---

La matemàtica sempre ha estat una ciència, però fins fa ben poc, no era una professió. En tot cas hi havia una única professió, la de professor de matemàtiques, que era exercida majoritàriament per matemàtics. Avui dia tots els estudis de ciències han sofert transformacions considerables, a causa de la importància creixent de la ciència en els processos altament tecnificats de producció i de serveis. Per això, els estudis de matemàtiques també s'han de veure afectats per aquests canvis.

La Universitat Politècnica de Catalunya va decidir d'incloure a partir de 1992 entre els estudis que ofereix els de la llicenciatura de Matemàtiques.

La intenció de la Universitat Politècnica de Catalunya és de formar matemàtics amb mentalitat aplicada, propers als problemes suggerits per la tecnologia, capaços d'integrar-se en equips interdisciplinaris de recerca en temes d'enginyeria o d'incorporar-se professionalment a empreses, indústries, administracions públiques o departaments universitaris amb necessitats en aquest camp.

La Llicenciatura de Matemàtiques que avui ofereix la UPC, sense perdre el caire bàsic de reflexió conceptual que caracteritza les carreres de ciències, vol doncs posar l'accent en els temes més propers a les aplicacions i en la vinculació estreta als objectius i a les característiques d'una universitat tecnològica.

De les característiques d'aquests estudis convé destacar les següents:

1. El títol ofert és el títol universitari de Llicenciat/ada en Matemàtiques, de caràcter oficial i regulat pel RD 1.416/1990 de 26 d'octubre (BOE de 20 de novembre) i, per tant, és equivalent oficialment a les altres llicenciatures de matemàtiques de l'Estat Espanyol.
2. En l'ordenació de les matèries, tant de les troncal del pla d'estudis (necessàries per a l'homologació) com de les obligatòries (posades per la mateixa UPC), es posa l'accent en els temes de més tradició en les aplicacions de les matemàtiques, però sense oblidar una formació sòlida en les qüestions bàsiques fonamentals.
3. En el quadre d'assignatures optatives del pla d'estudis, que necessàriament pot estar afectat tant pels interessos dels estudiants com per les possibilitats de la UPC, es segueix el criteri d'oferir principalment aquelles línies temàtiques en les quals la UPC és capaç de presentar una oferta de contingut més aplicable, més original i de més qualitat. Concretament, s'oferixen assignatures optatives en els blocs temàtics d'Àlgebra Aplicada, Estadística, Informàtica Teòrica, Investigació Operativa, Matemàtica Discreta, Mecànica, Mètodes Numèrics i Teoria de Sistemes.

## **PLA D'ESTUDIS**

---

### **Característiques generals**

Aquests estudis corresponen al títol oficial de Llicenciat/ada en Matemàtiques establert pel RD 1.416/1990, de 26 d'octubre. El Pla d'Estudis, aprovat per la Junta de Govern de la Universitat Politècnica de Catalunya i homologat pel Consell d'Universitats, està publicat en el BOE del 20 de maig de 1993.

Els estudis s'organitzen en dos cicles de dos anys i mig. El primer any, d'acord amb la normativa de la UPC, constitueix una fase de selecció que serà avaluada globalment. Igualment es preveu la possibilitat de l'accés a segon cicle per a titulats que satisfacin certs requisits.

Totes les assignatures són de 7,5 crèdits, entre teòrics i pràctics (equivalents a 75 hores, és a dir, de 5 hores per setmana). Aquesta càrrega lectiva permet no superar en cap moment les 20 hores d'activitat docent per setmana, que poden agrupar-se en blocs diaris de només mitja jornada. Això permet a l'estudiant organitzar de forma còmoda les seves hores de treball individual. Per a un estudiant normal, no hauria de caldre que aquestes hores superessin un total de 20 per setmana.

La càrrega docent total de la llicenciatura és de 300 crèdits, entre teòrics i pràctics, equivalents a una docència de 3.000 hores. Els crèdits pràctics corresponen a classes de problemes, classes pràctiques al Laboratori de Càlcul, participació en seminaris o realització de treballs.

Les assignatures tenen una estructura quadrimestral, que permet agrupar-les en dos períodes lectius a l'any, de 15 setmanes cadascun.

### **Assignatures optatives**

L'estudiant haurà de triar deu assignatures optatives, totes al segon cicle. Cada any es fa pública l'oferta d'assignatures optatives per al curs següent.

Les assignatures optatives estan agrupades en vuit blocs temàtics, més un bloc d'ampliacions i assignatures complementàries. Els vuit blocs temàtics representen especialitats científiques que es cultiven a la UPC amb prou intensitat i que tenen rellevància reconeguda. Les assignatures d'ampliació tenen com a objectiu completar temes que puguin haver estat tractats en les assignatures troncales o en les obligatòries però que mereixin més atenció, i les assignatures complementàries tenen el mateix objectiu però referent a temes que no hagin estat presents entre les troncales o les obligatòries.

Per a l'elecció de les assignatures optatives, l'estudiant tindrà la restricció que no podrà comptabilitzar més de 30 crèdits en cada bloc temàtic o 45 en el bloc d'ampliacions i assignatures complementàries.

Les assignatures optatives destinaran sempre un mínim de 1,5 crèdits pràctics a la realització de treballs pràctics fora de l'activitat docent reglada.

## Crèdits de lliure elecció

Els crèdits de lliure elecció es poden obtenir per quatre procediments:

- a) Cursant assignatures triades lliurement entre les que ofereix la UPC anomenades "assignatures específiques de lliure elecció", o bé ofertes per alguna altra universitat amb la qual s'estableixi un conveni.

Per al curs 1997-98, la FME organitza, conjuntament amb el Departament d'Estructures a l'Arquitectura i el Departament de Matemàtica Aplicada 1, l'assignatura de **Taller de Geometria** i les assignatures de **Trigonometria Esfèrica** i **Mètodes de Càlcul en Astronomia i Història de la Ciència**, respectivament. Totes aquestes assignatures són de 7,5 crèdits, amb un horari establert per la Facultat i amb un calendari docent fixat per la Universitat Politècnica de Catalunya per a totes les assignatures específiques de lliure elecció.

- b) Cursant assignatures ofertes pels diferents centres de la UPC d'entre les assignatures dels seus plans d'estudis o bé ofertes per alguna altra universitat amb la qual s'estableixi un conveni.

Per facilitar aquest procediment la FME reconeix com a crèdits de lliure elecció els crèdits optatius obtinguts en excés i facilitarà suggeriments d'assignatures d'altres centres fora dels currículums que siguin apropiades pels seus estudiants. No obstant, si un estudiant vol cursar com a lliure elecció alguna assignatura que no ha estat suggerida per la FME o bé que en la que no es preveu places per lliure elecció ho haurà de sol·licitar al Degà mitjançant una instància. Si la resolució és favorable, la formalització de la matrícula quedarà únicament condicionada a la disponibilitat de places.

- c) Mitjançant l'elaboració d'un treball dirigit acadèmicament, o valorant a raó d'1 crèdit per cada 30 hores de treball la realització de pràctiques tutelades en institucions públiques o privades, empreses, etc.

Una forma específica de la Llicenciatura de Matemàtiques per als treballs dirigits acadèmicament és el que anomenem "**Projecte Tecnològic**". Aquesta forma, dirigida als estudiants de 2n cicle, està descrita en aquesta mateixa Guia Docent en el capítol corresponent a les assignatures específiques de lliure elecció de la FME.

- d) Mitjançant el reconeixement, per part del Centre, de crèdits per altres estudis reglats o activitats d'interès acadèmic no reglades de nivell universitari.

## PLA D'ESTUDIS DE LA LLICENCIATURA DE MATEMÀTIQUES DE LA UPC

### 1r CURS - FASE SELECTIVA

INFORMÀTICA 1	CÀLCUL 1	ÀLGEBRA	LLIURE ELECCIÓ
INFORMÀTICA 2	CÀLCUL 2	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA	FÍSICA GENERAL

### 2n CURS

MÈTODES NUMÈRICS 1	CÀLCUL 3	GEOMETRIA	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA
INVESTIGACIÓ OPERATIVA	ANÀLISI REAL	TOPOLOGIA	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA

### 3r CURS

MÈTODES NUMÈRICS 2	EQUACIONS DIFERENCIALS 1	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1	LLIURE ELECCIÓ
MÈTODES NUMÈRICS 3	EQUACIONS DIFERENCIALS 2	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA

### 4t CURS

OPTATIVA 1	ANÀLISI COMPLEXA	ÀLGEBRA ABSTRACTA	OPTATIVA 2
OPTATIVA 3	ANÀLISI FUNCIONAL	TOPOLOGIA ALGEBRAICA	OPTATIVA 4

### 5è CURS

OPTATIVA 5	OPTATIVA 6	OPTATIVA 7	LLIURE ELECCIÓ
OPTATIVA 8	OPTATIVA 9	OPTATIVA 10	LLIURE ELECCIÓ

## Assignatures Optatives

Les assignatures optatives que ofereix la FME per la Llicenciatura de Matemàtiques queden recollides en els següents blocs temàtics:

### Bloc d'Àlgebra Aplicada (B1):

Àlgebra Computacional, Criptografia, Teoria de Codis, Teoria de Nombres, etc.

### Bloc d'Estadística (B2):

Anàlisi de Sèries temporals i Previsió, Estadística Multidimensional, Inferència Estadística i Anàlisi Bayesiana, Model Lineal General, etc.

### Bloc d'Informàtica Teòrica (B3):

Calculabilitat, Teoria de la Computació, Algorísmica, Teoria de la Programació, etc.

### Bloc d'Investigació Operativa (B4):

Optimització Combinatòria, Optimització Contínua 1, Optimització Contínua 2, Programació Matemàtica, Simulació, etc.

### Bloc de Matemàtica Discreta (B5):

Aplicacions de la Matemàtica Discreta, Combinatòria, Geometria Discreta i Computacional, Teoria de Grafs, etc.

### Bloc de Mecànica (B6):

Astrodinàmica i Mecànica Celest, Mecànica de Fluids, Mecànica de Medis Continus, Mecànica Racional, etc.

### Bloc de Mètodes Numèrics (B7):

Anàlisi Numèrica, El Mètode dels Elements Finites, Mètodes Integrals per a Equacions en Derivades Parcial, Mètodes Numèrics en Enginyeria, Paral·lelització d'Algorismes, etc.

### Bloc de Teoria de Sistemes (B8):

Control de Sistemes en Enginyeria, Mètodes Geomètrics en Teoria de Sistemes, Teoria de Sistemes Lineals, Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries, etc.

### Bloc d'Ampliacions i Complementes (B9):

Ampliació d'Anàlisi, Ampliació de Geometria, Ampliació de Models Matemàtics de la Física, Didàctica de la Matemàtica, Història de la Matemàtica, Lògica i Fonamentació, etc.

Anualment i d'acord amb les possibilitats de la UPC, la FME anuncia quines són les assignatures que efectivament s'impartiran el curs següent.

En la llista següent, en la qual les assignatures estan ordenades per cursos i quadrimestres, consten en negreta les assignatures que s'impartiran el curs 1997-98, encara que la seva ordenació per cursos és purament orientativa.

Amb (\*-X) hem indicat les assignatures optatives que es comparteixen amb el centre X de la UPC. Els horaris de classe, d'exàmens i el lloc d'impartició s'han de consensuar amb els centres implicats.

Curs 1997-98: 1r QUADRIMESTRE - 4t CURS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
<b>Algorísmica</b>									
<b>Història de la Matemàtica</b>									
<b>Lògica i Fonamentació</b>									
Mecànica Racional									
<b>Model Lineal General</b>									
<b>Programació Matemàtica</b>									
Teoria de Codis									
<b>Teoria de Grafs</b>									

Curs 1997-98: 2n QUADRIMESTRE - 4t CURS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
<b>Àlgebra Computacional</b>									
<b>Anàlisi de Sèries Temporals i Previsió</b>									
<b>Astrodinàmica i Mecànica Celest</b>									
<b>Calculabilitat</b>									
<b>Optimització Contínua 1</b>									
Teoria de la Programació									
<b>Teoria de Sistemes Lineals (*-ETSEIB)</b>									

Curs 1997-98: 1r QUADRIMESTRE - 5è CURS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
<b>Ampliació de Models Matemàtics de la Física</b>									
<b>Anàlisi Numèrica</b>									
<b>Combinatòria</b>									
<b>Didàctica de la Matemàtica</b>									
<b>Geometria Discreta i Computacional</b>									
Inferència Estadística i Anàlisi Bayesiana									
Mètodes Integrals per a Equacions en Derivades Parcial									
Mètodes Geomètrics de la Teoria de Sistemes									
<b>Optimització Contínua 2</b>									
Teoria de la Computació									
<b>Teoria de Nombres</b>									

Curs 1997-98: 2n QUADRIMESTRE - 5è CURS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
<b>Ampliació d'Anàlisi</b>									
<b>Ampliació de Geometria</b>									
Aplicacions de la Matemàtica Discreta									
Control de Sistemes en Enginyeria									
<b>Criptografia</b>									
<b>El mètode dels Elements Finites</b>									
Estadística Multidimensional									
<b>Mecànica de Fluids</b>									
Mecànica de Medis Continus									
<b>Mètodes Numèrics en Enginyeria (*-ETSECCPB)</b>									
Optimització Combinatòria									
Paral·lelització d'Algorismes									
<b>Simulació (*-FIB)</b>									
<b>Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries</b>									

## Avaluació i reconeixement de crèdits

D'acord amb la normativa general de la UPC, distingirem entre les avaluacions de les assignatures i les avaluacions de currículum.

Les avaluacions de les assignatures tenen per objecte fer el seguiment de fins a quin punt s'assoleixen els objectius preestablerts. Aquestes avaluacions seran realitzades pels professors encarregats de la docència de les assignatures i a partir d'aquestes avaluacions es produiran els Informes d'Avaluació de cada assignatura i referits a cadascun dels estudiants. En canvi, les avaluacions del currículum tenen per objecte l'acreditació de l'obtenció dels crèdits i una qualificació definitiva estandaritzada de cada assignatura.

A Llicenciatura de Matemàtiques hi ha tres avaluacions curriculars de caràcter global i tantes avaluacions curriculars particularitzades per assignatures com assignatures optatives i assignatures de lliure elecció hagi triat l'estudiant. Les avaluacions del currículum globals són realitzades per Comissions d'Avaluació i les particularitzades les realitza el mateix professor de l'assignatura. En les avaluacions del currículum globals es té en compte el conjunt dels Informes d'Avaluació més que no pas cadascun d'aquests informes considerat individualment.

La primera avaluació curricular global comprèn les assignatures següents: Àlgebra Lineal, Càlcul 1, Càlcul 2, Computació Algebraica, Física General, Informàtica 1 i Informàtica 2. D'acord amb la normativa general de la UPC, aquesta avaluació constitueix l'anomenada **fase de selecció**. Això significa que l'estudiant no pot cursar cap altra assignatura del Pla d'Estudis sense haver superat completament aquesta fase selectiva. En aquesta avaluació curricular es pretén avaluar la capacitat de l'estudiant de realitzar els estudis amb l'esforç previst.

La segona avaluació curricular global comprèn les assignatures següents: Anàlisi Real, Càlcul 3, Equacions Diferencials 1, Geometria, Geometria Diferencial 1, Inferència Estadística, Investigació Operativa, Mètodes Numèrics 1, Mètodes Numèrics 2, Probabilitat i Estadística, Topologia.

La tercera avaluació curricular global comprèn les assignatures següents: Àlgebra Abstracta, Anàlisi Complexa, Anàlisi Funcional, Equacions Diferencials 2, Geometria Diferencial 2, Mètodes Numèrics 3, Models Matemàtics de la Física i Topologia Algebraica.

Les deu assignatures optatives que inclou el Pla d'Estudis així com les assignatures de lliure elecció són objecte d'avaluacions del currículum particularitzades.

## COMPLEMENTES DE FORMACIÓ PER A L'ACCÉS DIRECTE A SEGON CICLE

Per a estudiants que hagin realitzat el 1r. Cicle fora de la FME i per a Diplomats en Estadística (Acord núm. 61/1996 del 20/6/96 de la JdG de la UPC).

1.- D'acord amb els requisits legalment establerts tenen dret d'accés al 2n. Cicle de la LM de la UPC els estudiants que hagin superat el 1r. Cicle d'alguna LM i els Diplomats en Estadística que cursin els Complementes de Formació a que es refereix la O.M. de 10.12.93 (BOE, 27.12.93) i segons l'acord de la JdG de la UPC del 29.10.1993.

2.- Els aspectes generals d'aquest accés es regularan per la Normativa General d'Accés a 2n Cicle aprovada per la JdG de la UPC (27.09.1993). D'acord amb aquesta, existirà la Comissió d'Accés al 2n. Cicle de la LM. Aquesta Comissió, entre d'altres atribucions, jutjarà la suficiència com a complement de formació d'aquelles matèries que els diplomats en estadística que hagin estat admesos puguin haver cursat anteriorment.

3.- En qualsevol cas es consideraran complements de formació suficients les quatre assignatures següents del 1r. cicle de la LM de la UPC: Mètodes Numèrics 1, Càlcul 3, Topologia i Geometria Diferencial 1.

4.- En cas que les matèries que l'estudiant hagi cursat anteriorment no siguin considerades suficients, aquest podrà cursar els crèdits que li faltin simultàniament amb els ensenyaments de 2n. cicle, tal com preveu l'Art. 1, punt 5 del R.D. 1267/1994 de 10 de juny (BOE 11.06.94). A aquests efectes, haurà de cursar les assignatures de 1r. cicle de la LM o bé realitzar els treballs tutoritzats que li indiqui la Comissió, la qual podrà fixar també les seves condicions de matriculació fins que els hagi superat. En particular, indicarà si aquestes assignatures o treballs tutoritzats tenen caràcter de pre-requisit respecte a totes les assignatures de 2n. cicle, o bé respecte a algunes d'elles.

5.- Les assignatures o treballs tutoritzats que la Comissió d'Accés hagi indicat com a complements de formació podran ser utilitzades per l'estudiant a efectes de crèdits de lliure configuració en el 2n. cicle de la LM.

6.- La FME farà públics periòdicament el nombre de places aprovades per la JdG per a l'accés al 2n. cicle de la LM i també els terminis per a presentar les sol·licituds d'ingrés. Aquest nombre de places podrà estar dividit en dues parts, corresponents respectivament als accessos provints del 1r. cicle complet d'una LM, realitzat fora de la FME, i als accessos de Diplomats en Estadística.

## DEPARTAMENTS I PROFESSORAT

---

En la configuració actual de la Universitat, els Centres Docents, com ara la FME, són unitats independents dels Departaments Universitaris. I els Centres Docents encarreguen la docència de les assignatures als Departaments més adequats en cada cas, els quals la duen a terme utilitzant el seu professorat. Els Departaments que tenen assignada docència a la FME per al curs 1997-98 són els següents:

**Departament d'Estadística i Investigació Operativa (secció d'Informàtica)**

Edifici U  
C/ Pau Gargallo, 5  
08028 Barcelona  
Tel. 401 69 48

**Departament d'Estadística i Investigació Operativa (secció ETSEIB)**

Edifici H  
Av. Diagonal, 647  
08028 Barcelona  
Tel. 401 65 69

**Departament d'Estructures a l'Arquitectura (secció de Matemàtica i Informàtica)**

E.T.S. d'Arquitectura de Barcelona  
Av. Diagonal, 649  
08028 Barcelona  
Tel. 401 63 72

**Departament de Física i Enginyeria Nuclear**

Edifici B4-B5, Campus Nord  
C/ Gran Capità, s/n  
08034 Barcelona  
Tel. 401 69 73

**Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics**

Edifici C5-C6, Campus Nord  
C/ Gran Capità, s/n  
08034 Barcelona  
Tel. 401 69 94

**Departament de Matemàtica Aplicada 1 (secció ETSEIB)**

E.T.S. d'Enginyers Industrials  
Av. Diagonal, 647  
08028 Barcelona  
Tel. 401 65 49

**Departament de Matemàtica Aplicada 2 (secció d'Informàtica)**

Edifici U  
C/ Pau Gargallo, 5  
08028 Barcelona  
Tel. 401 69 22

**Departament de Matemàtica Aplicada 2 (secció d'Enginyeria)**

E.T.S. d'Enginyers Industrials  
C/ Colom, 11  
08222 Terrassa  
Tel. 739 81 00

**Departament de Matemàtica Aplicada 3 (secció del Barcelonès)**

Edifici C2, Campus Nord  
C/ Gran Capità, s/n  
08034 Barcelona  
tel. 401 69 09

**Departament de Matemàtica Aplicada 3 (secció del Bages)**

EUP de Manresa  
Av. Bases de Manresa, 61-73  
08024 Manresa  
Tel. 887 20 88

**Departament de Matemàtica Aplicada i Telemàtica (secció del Barcelonès)**

Edifici C3, Campus Nord  
C/ Gran Capità, s/n  
08034 Barcelona  
Tel. 401 59 83

**Departament de Matemàtica Aplicada i Telemàtica (secció de Vilanova)**

EUP de Vilanova  
C/ Eduard Maristany, s/n  
08800 Vilanova  
tel. 8967720

**Departament d'Organització d'Empreses (secció ETSEIB)**

Edifici H  
Av. Diagonal, 647  
08028 Barcelona  
tel. 4017038

El professorat assigna: per a la docència a la Llicenciatura de Matemàtiques el curs 1997-98 és el següent:

- Alsina Català, Claudi	Dept. d'Estructures a l'Arquitectura
- Amorós Torrent, Jaume	Dept. de Matemàtica Aplicada 1
- Balcázar Navarro, José Luis	Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics
- Barca Salom, Francesc Xavier	Dept. de Matemàtica Aplicada 1
- Barceló Bugeda, Jaume	Dept. d'Estadística i Investigació Operativa
- Barja Yañez, M. Angel	Dept. de Matemàtica Aplicada 1
- Batlle Arnau, Carles	Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica
- Bonet Revés, Carles	Dept. de Matemàtica Aplicada 1
- Brunat Blay, Josep M.	Dept. de Matemàtica Aplicada 2
- Casanovas García, Josep	Dept. d'Estadística i Investigació Operativa
- Coll Guerrero, Jaume	Dept. d'Estadística i Investigació Operativa
- Compta Creus, Albert	Dept. de Matemàtica Aplicada 1
- Cónsul Porrás, Nels	Dept. de Matemàtica Aplicada 1
- Dalmau Viladach, Miquel	Dept. de Matemàtica Aplicada 2
- Del Baño Rollin, Sebastian	Dept. de Matemàtica Aplicada 1

- Delshams Valdés, Amadeu  
- Díaz Cort, Josep  
- Díez Mejía, Pedro  
- Elgueta Montó, Raimón  
- Fàbrega Canuda, Josep  
- Farré Cirera, Rafael  
- Fernández Areizaga, Elena  
- Ferrer Llop, Josep  
- Ferrer Cerdà, Jaume Lucas  
- Fossas Colet, Enric  
- Gabarró Vallés, Joaquim  
- García Planas, Isabel  
- García Roig, Jaume Ll.  
- Garriga Valle, Ernest  
- Gavalda Mestre, Ricard  
- Gonzalez Rovira, Josep  
- Guillamon Grabalosa, Antoni  
- Gràcia Sabaté, Xavier  
- Heredia Cervera, Javier  
- Hurtado Díaz, Ferran  
- Huerta Cerezuela, Antonio  
- Jacas Moral, Joan  
- Lario Loyo, Joan Carles  
- Lusa Monforte, Guillermo  
- Magret Planas, M. Dolors  
- Martí Recober, Manel  
- Martín Molleví, Sebastián  
- Martínez Sáez, Fernando  
- Martínez Parra, Conrado  
- Martínez-Seara Alonso, M. Teresa  
- Masdemont Soler, Josep  
- Montero Gómez, Lidia  
- Montes Lozano, Antonio  
- Muñoz Gràcia, Pilar  
- Muñoz Lecanda, Miguel-C  
- Nabona Francisco, Narcís  
- Nonell Torrent, Ramon  
- Noguera Batlle, Miquel  
- Noy Serrano, Marc  
- Ollé Torner, Mercè  
- Padró Laimon, Carles  
- Pascual Gainza, Pere  
- Peris Llagostera, Josep Maria  
- Planas Vilanova, Francesc  
- Pons Vallés, Montserrat  
- Prats Duaygües, Francesc  
- Puerta Coll, Xavier  
- Puerta Sales, Ferran  
- Quer Bosor, Jordi  
- Ramírez Ros, Rafael  
- Ras Sabido, Antoni  
- Rio Doval, Anna  
- Roca Rosell, Antoni  
- Rodríguez Ferran, Antonio  
- Roig Martí, Agustí  
- Román Roy, Narciso

Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics  
Dept. de Matemàtica Aplicada 3  
Dept. de Matemàtica Aplicada 2  
Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica  
Dept. de Matemàtica Aplicada 2  
Dept. d'Estadística i Investigació Operativa  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. d'Estadística i Investigació Operativa  
Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica  
Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. d'Estructures a l'Arquitectura  
Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica  
Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics  
Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica  
Dept. d'Estadística i Investigació Operativa  
Dept. de Matemàtica Aplicada 2  
Dept. de Matemàtica Aplicada 3  
Dept. d'Estructures a l'Arquitectura  
Dept. de Matemàtica Aplicada 2  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. d'Estadística i Investigació Operativa  
Dept. de Matemàtica Aplicada 2  
Dept. de Matemàtica Aplicada 2  
Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. d'Estadística i Investigació Operativa  
Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica  
Dept. d'Estadística i Investigació Operativa  
Dept. d'Estadística i Investigació Operativa  
Dept. de Matemàtica Aplicada 2  
Dept. de Matemàtica Aplicada 2  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. de Matemàtica Aplicada 2  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica  
Dept. de Matemàtica Aplicada 2  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. de Matemàtica Aplicada 3  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1  
Dept. de Matemàtica Aplicada 1

- Ruiz Muñoz, José Luis
- Saludes Closa, Jordi
- Sarrate Ramos, Josep
- Serra Albó, Oriol
- Solà-Morales Rubió, Joan
- Susín Sánchez, Antoni
- València Guitart, Marta
- Valls Ribas, Joaquim
- Victòria Monge, Carles
- Villanueva Castelltort, Jordi
- Xambó Descamps, Sebastià

- Dept. de Matemàtica Aplicada 2
- Dept. de Matemàtica Aplicada 2
- Dept. de Matemàtica Aplicada 3
- Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica
- Dept. de Matemàtica Aplicada 1
- Dept. de Matemàtica Aplicada 1
- Dept. de Matemàtica Aplicada 1
- Dept. de Física i Enginyeria Nuclear
- Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica
- Dept. de Matemàtica Aplicada 1
- Dept. de Matemàtica Aplicada 2

Tots els professors, a més del seu despatx personal en les dependències del seu departament, tenen un lloc a l'edifici de la FME per atendre consultes dels estudiants dins d'un horari que s'estableix a principi de curs.

## HORARIS DE CLASSE

### 1r curs - 1r quadrimestre

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9h-10h	CÀLCUL 1	Informàtica 1 (a) Àlgebra Lineal (b)	CÀLCUL 1	Liure Elecció (a) Àlgebra Lineal (b)	CÀLCUL 1
10h-11h	ÀLGEBRA LINEAL	Informàtica 1 (a) Càlcul 1 (b)	ÀLGEBRA LINEAL	Liure Elecció (a) Càlcul 1 (b)	ÀLGEBRA LINEAL
11h-12h					
12h-13h	LLIURE ELECCIÓ	Càlcul 1 (a) Informàtica 1 (b)	Informàtica 1 (a) Informàtica 1 (b)	Càlcul 1 (a) Liure Elecció (b)	INFORMATICA 1
13h-14h	LLIURE ELECCIÓ	Àlgebra Lineal (a) Informàtica 1 (b)	LLIURE ELECCIÓ	Àlgebra Lineal (a) Liure Elecció (b)	INFORMATICA 1

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes.



## 2n curs - 1r quadrimestre

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9h-10h	GEOMETRIA	Càlcul 3 (a)  Geometria (b)	GEOMETRIA	Càlcul 3 (a)  Geometria (b)	GEOMETRIA
10h-11h	Mètodes Numèrics 1 (a) i (b)	MÈTODES NUMÈRICS 1	Mètodes Numèrics 1 (a) i (b)	MÈTODES NUMÈRICS 1	Mètodes Numèrics 1 (a) i (b)
11h-12h					
12h-13h	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA	Geometria (a)  Càlcul 3 (b)	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA	Geometria (a)  Càlcul 3 (b)	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA
13h-14h	CÀLCUL 3	Probabilitat i Estadística (a) i (b)	CÀLCUL 3	Probabilitat i Estadística (a) i (b)	CÀLCUL 3

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes.

## 3r curs - 1r quadrimestre

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9h-10h	MÈTODES NUMÈRICS 2	Equacions Diferencials 1	Mètodes Numèrics 2	Equacions Diferencials 1	Mètodes Numèrics 2
10h-11h	MÈTODES NUMÈRICS 2	EQUACIONS DIFERENCIALS 1	EQUACIONS DIFERENCIALS 1	EQUACIONS DIFERENCIALS 1	Mètodes Numèrics 2
11h-12h	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1	Geometria Diferencial 1	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1	Geometria Diferencial 1	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1
12h-13h					
13h-14h	LLIURE ELECCIÓ	LLIURE ELECCIÓ	LLIURE ELECCIÓ	LLIURE ELECCIÓ	LLIURE ELECCIÓ

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes.

## 4t curs - 1r quadrimestre

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8h-9h	ANÀLISI COMPLEXA	Anàlisi Complexa	ANÀLISI COMPLEXA	Anàlisi Complexa	ANÀLISI COMPLEXA
9h-10h	ÀLGEBRA ABSTRACTA	Teoria de Grafs	ÀLGEBRA ABSTRACTA	Teoria de Grafs	ÀLGEBRA ABSTRACTA
10h-11h	Àlgebra Abstracta	LÒGICA MATEMÀTICA	Algorísmica	LÒGICA MATEMÀTICA	Àlgebra Abstracta
11h-12h	ALGORÍSMICA	TEORIA DE CODIS	Algorísmica	TEORIA DE CODIS	ALGORÍSMICA
12h-13h	HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA	PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA	HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA	Programació Matemàtica	Història de la Matemàtica
13h-14h	Teoria de Codis	PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA	Lògica Matemàtica	Programació Matemàtica	Història de la Matemàtica
14h-15h	Teoria de Codis	TEORIA DE GRAFS	Lògica Matemàtica	TEORIA DE GRAFS	

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes.

## 5è curs - 1r quadrimestre

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8h-9h	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 2	Anàlisi Numèrica	Optimització Contínua 2	ANÀLISI NUMÈRICA	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 2
9h-10h	TEORIA DE NOMBRES	Anàlisi Numèrica	Optimització Contínua 2	ANÀLISI NUMÈRICA	Teoria de Nombres
10h-11h	TEORIA DE NOMBRES	COMBINATORIA	Didàctica de la Matemàtica	COMBINATORIA	Teoria de Nombres
11h-12h	DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA	MODEL LINEAL GENERAL	Didàctica de la Matemàtica	MODEL LINEAL GENERAL	DIDACTICA DE LA MATEMÀTICA
12h-13h	AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	Geometria Discreta i Computacional	AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL	Ampliació de Models Matemàtics de la Física
13h-14h	Model Lineal General	Geometria Discreta i Computacional	Combinatòria	GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL	Ampliació de Models Matemàtics de la Física
14h-15h	Model Lineal General		Combinatòria		

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes.

## Assignatures Específiques de Lliure Elecció de la FME (1r quadrimestre)

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9h-10h				Taller de Geometria (a)	
10h-11h				Taller de Geometria (a)	
11h-12h					
12h-13h	TALLER DE GEOMETRIA Història de la Ciència			Taller de Geometria (b)	HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA
13h-14h	TALLER DE GEOMETRIA Història de la Ciència TRIGONOMETRIA ESFÈRICA	Trigonometria Esfèrica	TALLER DE GEOMETRIA HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA TRIGONOMETRIA ESFÈRICA	Taller de Geometria (b) Trigonometria Esfèrica	HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA TRIGONOMETRIA ESFÈRICA

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes.

## 1r curs - 2n quadrimestre

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9h-10h	CÀLCUL 2	Càlcul 2 (a) Física General (b)	CÀLCUL 2	Càlcul 2 (a) Física General (b)	CÀLCUL 2
10h-11h	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA	Física General (a) Càlcul 2 (b)	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA	Física General (a) Càlcul 2 (b)	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA
11h-12h					
12h-13h	FÍSICA GENERAL	Informàtica 2 (a) Computació Algebraica (b)	FÍSICA GENERAL	Computació Algebraica (a) Informàtica 2 (b)	FÍSICA GENERAL
13h-14h	INFORMÀTICA 2	Informàtica 2 (a) Informàtica 2 (b)	Computació Algebraica (a) Computació Algebraica (b)	Informàtica 2 (a) Informàtica 2 (b)	INFORMÀTICA 2

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes.

## 2n curs - 2n quadrimestre

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9h-10h	TOPOLOGIA	Topologia (a) Anàlisi Real (b)	TOPOLOGIA	Topologia (a) Anàlisi Real (b)	TOPOLOGIA
10h-11h	ANÀLISI REAL	Anàlisi Real (a) Topologia (b)	ANÀLISI REAL	Anàlisi Real (a) Topologia (b)	ANÀLISI REAL
11h-12h					
12h-13h	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA	Investigació Operativa (a) i (b)	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA	Investigació Operativa (a) i (b)	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA
13h-14h	Inferència Estadística (a) i (b)	INVESTIGACIÓ OPERATIVA	INVESTIGACIÓ OPERATIVA	INVESTIGACIÓ OPERATIVA	Inferència Estadística (a) i (b)

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes.

## 3r curs - 2n quadrimestre

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9h-10h	Geometria Diferencial 2	EQUACIONS DIFERENCIALS 2	EQUACIONS DIFERENCIALS 2	EQUACIONS DIFERENCIALS 2	Geometria Diferencial 2
10h-11h	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2	Equacions Diferencials 2	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2	Equacions Diferencials 2	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2
11h-12h					
12h-13h	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	Mètodes Numèrics 3	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	MÈTODES NUMÈRICS 3	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA
13h-14h	Models Matemàtics de la Física	Mètodes Numèrics 3	MÈTODES NUMÈRICS 3	MÈTODES NUMÈRICS 3	Models Matemàtics de la Física

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes.

## 4t curs - 2n quadrimestre

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8h-9h	TOPOLOGIA ALGEBRAICA	Topologia Algebraica	TOPOLOGIA ALGEBRAICA	Topologia Algebraica	TOPOLOGIA ALGEBRAICA
9h-10h	ÀLGEBRA COMPUTACIONAL	ASTRONOMIA I MECÀNICA CELEST	Astronomia i Mecànica Celest	ASTRONOMIA I MECÀNICA CELEST	Astronomia i Mecànica Celest
10h-11h	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1	Optimització Contínua 1	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1	Optimització Contínua 1	ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ
11h-12h	ANÀLISI FUNCIONAL	Anàlisi Funcional	ANÀLISI FUNCIONAL	Anàlisi Funcional	ANÀLISI FUNCIONAL
12h-13h	Calculabilitat	Anàlisi de Sèries Temporals i Previsió	ÀLGEBRA COMPUTACIONAL	CALCULABILITAT	Àlgebra Computacional
13h-14h	Calculabilitat	Anàlisi de Sèries Temporals i Previsió	ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ	CALCULABILITAT	Àlgebra Computacional
15h-16h	Teoria de Sistemes Lineals		TEORIA DE SISTEMES LINEALS	TEORIA DE SISTEMES LINEALS	
16h-17h	Teoria de Sistemes Lineals				

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes.

## 5è curs - 2n quadrimestre

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9h-10h	TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES	AMPLIACIÓ D'ANÀLISI	Ampliació d'Anàlisi	AMPLIACIÓ D'ANÀLISI	Ampliació d'Anàlisi
10h-11h	AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA	Ampliació de Geometria	AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA	Ampliació de Geometria	CRIPTOGRAFIA
11h-12h					
12h-13h	EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS	Criptografia	TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES	MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA	Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries
13h-14h	EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS	Criptografia	CRIPTOGRAFIA	MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA	Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries
16h-17h		Mètodes Numèrics en Enginyeria		El Mètode dels Elements Finitos	
17h-18h		Mètodes Numèrics en Enginyeria		El Mètode dels Elements Finitos	

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes.

(l'horari de l'assignatura de Simulació es farà pública abans de la matrícula de 2n quadrimestre d'acord amb la FIB)

## DATES DELS EXÀMENS

### Convocatòria ordinària del 1r quadrimestre

#### FASE SELECTIVA

1r	05-01-98	06-01-98	07-01-98	08-01-98	09-01-98
M A T Í					

1r	12-01-98	13-01-98	14-01-98	15-01-98	16-01-98
M A T Í	CÀLCUL 1			INFORMÀTICA 1	

1r	19-01-98	20-01-98	21-01-98	22-01-98	23-01-98
M A T Í	ÀLGEBRA LINEAL				

#### FASE NO SELECTIVA - OBLIGATÒRIES

	05-01-98	06-01-98	07-01-98	08-01-98	09-01-98
M A T Í					CÀLCUL 3

	12-01-98	13-01-98	14-01-98	15-01-98	16-01-98
M A T Í	MÈTODES NUMÈRICS 1	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1		ANÀLISI COMPLEXA	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA

	19-01-98	20-01-98	21-01-98	22-01-98	23-01-98
M A T Í	GEOMETRIA	MÈTODES NUMÈRICS 2		ÀLGEBRA ABSTRACTA	EQUACIONS DIFERENCIALS 1

**FASE NO SELECTIVA - OPTATIVES**

	05-01-98	06-01-98	07-01-98	08-01-98	09-01-98
T A R D A				DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA	TEORIA DE GRAFS
	12-01-98	13-01-98	14-01-98	15-01-98	16-01-98
T A R D A	MODEL LINEAL GENERAL	AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA	COMBINATÒRIA	GÈOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL
	19-01-98	20-01-98	21-01-98	22-01-98	23-01-98
T A R D A	HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA	ANÀLISI NUMÈRICA	LÒGICA I FONAMENTACIÓ	TEORIA DE NOMBRES	OPTIMITZACIÓ CONTINUA 2
	26-01-98	27-01-98	28-01-98	29-01-98	30-01-98
T A R D A	TEORIA DE CODIS	ALGORÍSMICA			

**ASSIGNATURES ESPECÍFIQUES DE LLIURE ELECCIÓ DE LA FME**

	01-12-97	02-12-97	03-12-97	04-12-97	05-12-97
T A R D A			TALLER DE GEOMETRIA	HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA	TRIGONOMETRIA ESFÈRICA

**Convocatòria ordinària del 2n quadrimestre**

**FASE SELECTIVA**

	18-05-98	19-05-98	20-05-98	21-05-98	22-05-98
M A T I				INFORMÀTICA 2	
	25-05-98	26-05-98	27-05-98	28-05-98	29-05-98
M A T I	CÀLCUL 2			COMPUTACIÓ ALGEBRAICA	
	01-06-98	02-06-98	03-06-98	04-06-98	05-06-98
M A T I		FÍSICA GENERAL			

**FASE NO SELECTIVA - OBLIGATÒRIES**

	18-05-98	19-05-98	20-05-98	21-05-98	22-05-98
M A T I			MÈTODES NUMÈRICS 3	TOPOLOGIA	TOPOLOGIA ALGEBRAICA
	25-05-98	26-05-98	27-05-98	28-05-98	29-05-98
M A T I	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2	ANÀLISI REAL	ANÀLISI FUNCIONAL	INVESTIGACIÓ OPERATIVA	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA
	01-06-98	02-06-98	03-06-98	04-06-98	05-06-98
M A T I		INFERÈNCIA ESTADÍSTICA	EQUACIONS DIFERENCIALS 2		

## FASE NO SELECTIVA - OPTATIVES

	18-05-98	19-05-98	20-05-98	21-05-98	22-05-98
T A R D A					

	25-05-98	26-05-98	27-05-98	28-05-98	29-05-98
T A R D A	MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA	ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST		ÀLGEBRA COMPUTACIONAL	SIMULACIÓ

	01-06-98	02-06-98	03-06-98	04-06-98	05-06-98
T A R D A		ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ	AMPLIACIÓ D'ANÀLISI	CALCULABILITAT	CRIPTOGRAFIA

	08-06-98	09-06-98	10-06-98	11-06-98	12-06-98
T A R D A	AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA	OPTIMITZACIÓ CONTINUA 1	EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS	TEORIA DE SISTEMES LINEALS	TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES

## Convocatòria extraordinària d'exàmens

La convocatòria extraordinària d'exàmens d'assignatures troncales o obligatòries de 1r i 2n quadrimestre es farà pública després de la matrícula de les assignatures de 2n quadrimestre per optimitzar el calendari d'aquests exàmens, que en qualsevol cas es fixarà entre el 6 i el 10 de juliol de 1998.

Les assignatures optatives i les assignatures de lliure elecció només tenen la convocatòria ordinària d'examen.

## Convocatòria d'exàmens parcials

Està prevista una interrupció de les classes (com a màxim d'una setmana) a mitjans de cada quadrimestre amb la finalitat de realitzar exàmens parcials de les assignatures que ho tinguin previst.

## 3. PROGRAMES DE LES ASSIGNATURES TRONCALS O OBLIGATÒRIES





**1R CURS - 1R QUADRIMESTRE**

---

# ÀLGEBRA LINEAL

---

CODI: 10004

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Ferran Puerta Sales

Altres professors: Francesc Planas Vilanova

## Objectius del curs

L'assignatura pretén, en primer lloc, proporcionar als alumnes un coneixement rigorós i general dels conceptes fonamentals relatius als espais vectorials de dimensió finita i de les aplicacions lineals entre aquests espais; a més, es vol facilitar la comprensió adequada de l'interès que té la utilització de matrius, especialment pel que fa als aspectes pràctics de càlcul. També pretén que els alumnes assoleixin un coneixement precís del problema de la diagonalització d'aplicacions lineals i dels mètodes bàsics de resolució d'aquests problemes.

Així mateix, es pretén que els alumnes tinguin un coneixement clar del problema general que condueix a la forma de Jordan i a la seva aplicació a la classificació dels endomorfismes d'un espai vectorial de dimensió finita.

El curs finalitza amb una introducció a l'estudi de les formes quadràtiques.

## Programa

1. **Estructures algebraiques:** Grups, anells i cossos. Definicions i exemples.
2. **Espais vectorials:** Definicions i exemples. Dependència lineal. Subespais vectorials. Bases. Dimensió. Dimensió-de subespais. Suma directa. Espai quocient.
3. **Matrius. Sistemes d'equacions lineals:** Producte de matrius. Transformacions elementals d'una matriu. Sistemes d'equacions lineals. Matrius invertibles.
4. **Aplicacions lineals:** Aplicacions lineals. Determinació d'aplicacions lineals. Isomorfisme natural associat a una base. Rang d'una aplicació lineal. Aplicacions lineals invertibles. El grup lineal. Teoremes d'isomorfisme. Matriu d'una aplicació lineal. Canvis de base. L'espai vectorial dual. Bases duals. Aplicació dual. L'espai bidual.
5. **Determinants:** Permutacions. Determinant d'una matriu quadrada. Determinant d'una família de vectors. Propietats. Un criteri d'invertibilitat d'una matriu. Càlcul de determinants. Aplicació al càlcul del rang d'una matriu. Aplicació al càlcul de la inversa d'una matriu. Regla de Cramer. Determinant d'una aplicació lineal.
6. **Diagonalització d'endomorfismes:** Subespais invariants. Vectors i valors propis. Polinomi característic. Observacions i exemples. Endomorfismes diagonalitzables. Endomorfismes triangulables. El teorema de Caley-Hamilton.
7. **La forma reduïda de Jordan:** El polinomi anul·lador d'un endomorfisme. Descomposició en suma directa associada al polinomi anul·lador. Forma de Jordan d'un endomorfisme. Classificació d'endomorfismes.

8. **Introducció a les formes quadràtiques:** Formes lineals simètriques. Producte escalar. Bases ortonormals. El mètode d'ortogonalització de Gram-Schmidt. Formes quadràtiques a  $\mathbb{R}^n$ . Diagonalització de matrius simètriques. Reducció de formes quadràtiques. Formes quadràtiques definides. Llei d'inèrcia de Sylvester.

## Avaluació

Hi haurà dues proves de coneixements: una a mig curs i una altra al final de curs. Es considerarà també el treball realitzat a les classes de problemes.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Berberian: *Linear Algebra*. Ed. Oxford University, Oxford, 1992.
- Castellet, M.; Llerena, I.: *Àlgebra lineal i geometria*. Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 1988.
- Noble, B.: *Applied Linear Algebra*. Ed. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1988.
- Puerta, F.: *Àlgebra lineal*. Aula ETSEIB, Edicions UPC, Barcelona, 1993.
- Shilov, G.E.: *Linear Algebra*. Ed. Dover, New York, 1977.

### Referències complementàries:

- Ayres, F.: *Àlgebra moderna*. Ed. McGraw-Hill, 1991.
- Dixmier, J.: *Cours de mathématiques du premier cycle*. Ed. Gauthier-Villars, vol. 1, 1976 (2a edició) i vol. 2, 1977.
- Grossman: *Àlgebra lineal*. McGraw-Hill, 1992.
- Lancaster; Tismenetsky: *The theory of Matrices*. Ed. Academic Press, 1985 (2a edició).
- Lang, S.: *Linear Algebra*. Ed. Addison-Wesley, 1989. 3a. edició.
- Lang, S.: *Àlgebra*. Ed. Aguilar (Colección Ciencia y Técnica), Madrid, 1971 (2a edició).
- Lipschutz: *Àlgebra lineal*. Ed. McGraw-Hill, 1992.
- Pullman, N.J.: *Matrix theory and its applications*. Ed. Marcel Dekker, Inc, 1976.
- Spiegel: *Àlgebra superior*. Ed. McGraw-Hill (Shaum), 1969.
- Strang, G.: *Linear Algebra and its applications*. Ed. Harcourt Brace Joraroich College Publ., 1988.

## CÀLCUL 1

CODI: 10002

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professora coordinadora: Montserrat Pons Vallès

Altres professors: Enric Ventura Capell

### Objectius del curs

L'objectiu d'aquest curs és introduir els estudiants en els principis de l'anàlisi matemàtica que han de fer servir de fonament i referència en els cursos posteriors. Es vol insistir en dos aspectes: els coneixements i els mètodes.

En primer lloc es pretén que, en acabar el curs, els estudiants coneguin i entenguin els conceptes fonamentals del càlcul de funcions reals d'una variable real. Els coneixements no s'han de limitar als aspectes teòrics, sinó que també han d'implicar una habilitat en el maneig de les seves propietats, i la comprensió ha de ser prou clara per permetre'ls utilitzar els conceptes adquirits en la resolució de problemes en diferents contextos.

En segon lloc es pretén que els estudiants adquireixin uns esquemes clars de raonament que els permetin avançar amb seguretat en el terreny de la deducció lògica i una intuïció que els permeti interpretar els enunciats dels teoremes més enllà del pur formalisme. Tot plegat els facilitarà el treball d'assimilar pel seu compte nous coneixements i els donarà l'obertura de mires necessària per treure profit dels coneixements adquirits.

### Programa

- 1. Introducció axiomàtica de  $\mathbb{R}$ :** Axiomes de cos totalment ordenat. Inclusió de  $\mathbb{N}$ . Principi d'inducció. Principi de bona ordenació. Inclusió de  $\mathbb{Z}$  i de  $\mathbb{Q}$ . Numerabilitat. Axioma del suprem. Arquimedianitat. Densitat de  $\mathbb{Q}$  i de  $\mathbb{R}-\mathbb{Q}$  en  $\mathbb{R}$ . Encaix d'interval·ls. No numerabilitat de  $\mathbb{R}$ .
- 2. Successions en  $\mathbb{R}$ :** Successions convergents. Subsuccessions. Teorema de Bolzano-Weierstrass. Successions monòtones. Definició del nombre  $e$ . Successions de Cauchy. Completesa de  $\mathbb{R}$ . Definició de potències i logaritmes. Límits infinits.
- 3. Sèries de nombres reals:** Convergència. Criteri de convergència de Cauchy. Operacions amb sèries. Criteri de Dirichlet. Criteri de Leibniz. Convergència absoluta i convergència condicional. Sèries de termes positius. Propietats. Criteris de convergència. Definició de les funcions trigonomètriques bàsiques.
- 4. Límits de funcions:** Límit de funcions de  $\mathbb{R}$  en  $\mathbb{R}$ . Caracterització per successions. Límits laterals. Ampliacions del concepte de límit: límit infinit i límit en infinit. Infinitèsims i infinits.
- 5. Funcions contínues:** Definició. Operacions amb funcions contínues. Tipus de discontinuïtats. Teoremes sobre funcions contínues. Definició del nombre  $\pi$ . Funcions monòtones. Continuitat uniforme. Funcions contractives. Teorema del punt fix.
- 6. Derivació de funcions de  $\mathbb{R}$  en  $\mathbb{R}$ :** El concepte de derivada. Derivabilitat i continuïtat. Regles de derivació. Regla de la cadena. Teoremes sobre funcions derivables de  $\mathbb{R}$  en  $\mathbb{R}$ . Regla de l'Hôpital. Derivades d'ordre superior. Aproximació local de funcions. Teorema de Taylor i conseqüències. Introducció a les sèries de potències.

- 7. La integral de Riemann:** Integral superior i integral inferior. Integritat d'una funció. Caracterització de les funcions integrables. Propietats de la integral. Teorema fonamental de càlcul. Primitives. Regla de Barrow. Canvi de variable. Integració per parts. Càlcul de primitives. Integrals impròpies. Criteris de convergència.

### Avaluació

Hi haurà dues proves de coneixements: una a mig curs i una al final del curs. Es consideraran valoracions complementàries a partir de treballs teòrics o pràctics.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Bartle, G.B.; Sherbert, D.R.: *Introducción al análisis matemático de una variable*. Ed. Limusa, 1984.
- Burgos, J.: *Cálculo infinitesimal de una variable*. Ed. McGraw-Hill, 1994
- Lines, E.: *Principios de análisis matemático*. Ed. Reverté, 1983.
- Ortega, J. M.: *Introducción a l'anàlisi matemàtica*. Manuals de la UAB, 1990.
- Spivak, M.: *Cálculo infinitesimal*. Ed. Reverté, 1995.

#### Referències complementàries:

- Apostol, T.M.: *Análisis matemático*. Ed. Reverté, 1986.
- Berberian, S.K.: *A first course in real analysis*. Springer-Verlag, 1994.
- Courant, R.; John, F.: *Introducción al cálculo y al análisis matemático* (vol. 1). Ed. Limusa, 1982.
- Jarauta, E.: *Anàlisi matemàtica d'una variable*. Edicions UPC, 1993.
- Rudin, W.: *Principios de análisis matemático*. McGraw-Hill, 1980.

#### Altres referències:

- Aguiló i altres: *Càlcul Infinitesimal en una variable. Problemes resolts*. Col·lecció Aula. UPC, 1993.
- Avinyó i altres: *Anàlisi Matemàtica. Problemes resolts i pràctiques amb ordinador*. McGraw-Hill, 1993.
- Blank, A.A.: *Manual de problemas de cálculo y análisis matemático*. Ed. Limusa, 1990.
- Bombal, F.; Rodríguez, L.; Vera, G.: *Problemas de análisis matemático* (3 vols). Ed. AC, 1990. 2a. ed.
- Calm, R.; Coll, N.; Estela M.R.: *Problemas de càlcul*. Ed. Micromar, 1992.
- Casasayas, J.; Cascante, M.C.: *Problemas de análisis matemático de una variable real*. Edunsa, 1990.
- Fernández, J.A.; Sánchez, E.: *Ejercicios y complementos de Análisis Matemático I*. Ed. Tecnos, 1992.

# INFORMÀTICA 1

**CODI:** 10005

**Càrrega docent:** 3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Joaquim Gabarró Vallés

**Altres professors:** Maria José Serna Iglesias

## Objectius del curs

L'objectiu del curs és aprendre a especificar, dissenyar i implementar algorismes en un llenguatge imperatiu. Com a conseqüència d'això es vol que els estudiants siguin capaços de raonar amb rigor i elegància respecte a la correctesa i l'eficàcia dels programes que realitzin.

El curs està basat en dues parts, una teòrica i una altra de pràctica, que es van intercalant en el temps. La primera part presenta el corpus teòric bàsic necessari per a la construcció i l'anàlisi de programes senzills. A la part pràctica es considera l'entorn informàtic necessari per poder desenvolupar aquests programes amb fluïdesa.

Les classes pràctiques es divideixen en classes de problemes i classes de laboratori. A les classes de problemes es reforcen, a fi d'assegurar la seva assimilació, els conceptes bàsics introduïts en les classes de teoria. Es poden, en alguns casos, desenvolupar alguns continguts teòrics. En aquestes classes, el professor proposa exercicis d'especificació o disseny d'algorismes i de manera interactiva se cerquen les solucions. A les classes de laboratori es desenvolupen els aspectes concrets d'implementació dels elements desenvolupats en les classes de teoria i de problemes.

## Programa

### 1. ESPECIFICACIONS DE PROGRAMES

**Especificacions de programes:** Notacions lògiques, proposicions, connectives, quantificadors i predicats. Noció d'estat. Especificació d'un programa mitjançant assercions: pre-condicions i postcondicions. Exemples d'especificacions.

### 2. ESTRUCTURES ALGORÍSMIQUES FONAMENTALS

**Descomposició simple:** Especificació de problemes resolubles mitjançant la descomposició simple. Regles de conseqüència. Introducció d'assignació " $x := E$ ". Axioma de la instrucció d'assignació. Regla de la composició. Construcció i verificació dels algorismes que resolen els problemes precedents.

**Anàlisi per casos:** Especificació de problemes resolubles mitjançant l'anàlisi per casos. Instrucció "si  $E_1 \rightarrow S_1 \mid \dots \mid E_k \rightarrow S_k$  fsi", regla d'inferència d'aquesta instrucció. Construcció i verificació dels algorismes que resolen els problemes precedents. Instrucció condicional "si  $E$  llavors  $S_1$ , si no  $S_2$  fsi", regla d'inferència de la instrucció condicional.

**Introducció a les iteracions:** Instrucció "iterar  $E_1 \rightarrow S_1 \mid \dots \mid E_k \rightarrow S_k$  fiterar". Noció d'invariant. Correcció total, funció variant o fita. Regla d'inferència de la instrucció iterar. Principi de cerca lineal. Càlcul de la potència, càlcul ràpid de la potència i diferent eficàcia dels dos algorismes. Instrucció "mentre  $E$  fer  $S$  mentre". Instrucció "repetir  $S$  fins que  $E$  frepetir".

### 3. CONSTRUCCIÓ DE TIPUS

**Introducció a les taules:** El tipus taula. Verificació en taules. Cerca lineal sense i amb sentinella. Cerca dicotòmica. Instrucció "per  $i := a$  fins  $a$  b fer  $S$  fper". Taules de més d'un índex, producte de matrius. Introducció a l'ordenació en taules: ordenació per inserció directa, selecció directa i bombolla.

**Registres o tuples:** Constructor tupla. Exemples d'utilització senzills. Exemples que utilitzen taules de tuples.

### 4. PROCEDIMENTS I ANÀLISI DESCENDENT

**Màquina de caràcters:** Noció de seqüència i màquina de caràcters. Esquemes de recorregut i cerca. Tractament de seqüències abstractes.

**Accions parametritzades:** Programació per refinaments. Visibilitat i estructura de blocs. Paràmetres d'entrada, de sortida i d'entrada-sortida. Exemples d'utilització. Regles d'inferència per a accions i funcions.

**Introducció a l'anàlisi descendent:** Comptar aparicions del primer mot. Comptar freqüències de cada mot dins d'una frase.

### 5. INTRODUCCIÓ A LA RECURSIVITAT

**Disseny recursiu:** Exemples bàsics de disseny recursiu. Un primer esquema: dividir per conquerir. Verificació de programes recursius. Recursivitat múltiple.

**Transformacions d'algorismes recursius en iteratius:** Exemples senzills de transformació. Cas de la recursivitat terminal.

## Pràctiques

1. **Introducció a MSDOS:** Elements dels sistemes operatius. Introducció a les comandes bàsiques de MSDOS.
2. **Introducció a EMACS:** Elements bàsics de l'editor EMACS.
3. **Introducció a TEX:** Editors. Instruccions bàsiques de TEX.
4. **Introducció a C:** Traducció de les estructures algorísmiques bàsiques a C. Codificació d'exemples senzills.
5. **Registres i tuples en C:** Codificació dels constructors precedents en C.
6. **Procediments i funcions en C:** Pas per valor i pas per referència. Codificació d'alguns exemples precedents. Efectes laterals i àlies.
7. **Procediments i funcions en TEX:** Exemples d'utilització dels procediments en TEX. Formats i taules en TEX.
8. **Recursivitat en C:** Codificació d'alguns exemples precedents en C.

## Avaluació

Hi haurà una nota d'un projecte, una nota del professor de les classes de problemes i una altra d'un examen final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Castro, J.; Cuker, F.; Messeguer, X.; Solano, Ll.; Rubio, A.; Valles, B.: *Curs de programació*. Madrid: Ed. McGraw Hill, 1992.
- Dijkstra, E.; Feijen, W.: *A method of programming*. Wokinghan: Ed. Addison-Wesley, 1988.
- Kernighan, B.W.; Ritchie, D.M.: *El lenguaje de programación*. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana México, 1991. 2a ed.
- Knuth, D.E.: *The TEXbook*. Ed. Addison-Wesley, 1986.
- Vancells, E.; López, E.: *Programació: introducció a l'algorísmica*. Ed. Eumo, 1992.

### Referències complementàries:

- Cohen, E.: *Programming in the 1990s*. Ed. Springer-Verlag, 1990.
- Dahl, O.J.; Dijkstra, E.W.; Hoare, C.A.R.: *Structured programming*. Ed. Acad. Press, 1972.
- Kaldewaij, A.: *Programming the derivation of algorithms*. Ed. Prentice Hall, 1990.
- Lucas, M.; et alt: *Secuencias, autómatas de estados finitos*. vol.1. Ed. Masson, 1985.
- Soler, J.: *Introducció al TEX*. Ed. UPC, 1993.
- Tondo, C.L.; Gimpel, S.E.: *The C answer book*. Ed. Prentice Hall, 1989.

**1R CURS - 2N QUADRIMESTRE**

---

## CÀLCUL 2

---

**CODI:** 10007

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Oriol Serra Albó

**Altres professors:** Ernest Garriga Valle

### Objectius del curs

L'objectiu del curs és doble: d'una banda, generalitzar a diverses variables els conceptes i resultats que s'han adquirit a l'assignatura de Càlcul I sobre derivació i integració en una variable real, i d'altra banda establir els resultats i les tècniques bàsiques en la diferenciació i la integració amb diverses variables.

Per tal d'assolir els esmentats objectius s'exposarà el programa en tres blocs de temes successius. En primer lloc, s'introduiran les nocions indispensables de topologia euclidiana de  $\mathbb{R}^n$ . A més, es demostrarà l'equivalència entre la norma euclidiana i la norma del suprem, i per tant, entre les topologies induïdes. S'utilitzarà aquest resultat per introduir els típics raonaments de "pas a components", primer amb successions i, en temes posteriors, amb funcions. El segon bloc de temes està dedicat als conceptes i resultats bàsics de continuïtat i diferenciació de funcions de diverses variables. El seu estudi s'iniciarà combinant l'esmentat "pas a coordenades" i la restricció a corbes, per tal d'establir explícitament les similituds i diferències amb la situació d'una variable. D'entre els teoremes més significatius que veurem podem esmentar el de Weierstrass, la regla de la cadena, el valor mitjà, el teorema de Taylor, els teoremes de la funció inversa i implícita i els relatius a l'estudi d'extremes. Els temes que componen el tercer i darrer bloc del curs estan dedicats a la integració de Riemann sobre  $\mathbb{R}^n$ . Els teoremes més importants que demostrarem són el que fa referència a la caracterització de les funcions acotades integrables en dominis acotats, el teorema de Fubini i el de canvi de variables.

### Programa

- 1. Topologia de  $\mathbb{R}^n$ :** Normes, distàncies i topologies induïdes. Topologia euclidiana. Boles i rectangles oberts. Punts interiors i exteriors, i frontera d'un conjunt. Conjunts oberts, conjunts tancats i conjunts compactes. Successions a  $\mathbb{R}^n$ . Convergència i successions de Cauchy. Completesa de  $\mathbb{R}^n$ .
- 2. Funcions de diverses variables. Continuïtat:** Definició de corbes i superfícies parametritzades. Restricció de funcions sobre corbes i superfícies. Corbes i superfícies de nivell. Seccions. Límit d'una funció en un punt. Límits iterats. Continuïtat. Continuïtat uniforme. Operacions amb funcions contínues. Funcions contínues sobre compactes i teorema de Weierstrass.
- 3. Diferenciació de funcions de diverses variables:** Derivades direccionals i parcials. Diferencial d'una funció en un punt. Aproximació lineal d'una funció diferenciable. Matriu Jacobiana. Propietats de la diferencial d'una funció. Regla de la cadena. Gradient i derivades direccionals. Derivades d'ordre superior.
- 4. Teoremes sobre funcions diferenciables:** Teoremes del valor mitjà. Fórmula de Taylor. Teorema de la funció inversa. Teorema de la funció implícita.
- 5. Algunes aplicacions del càlcul diferencial:** Corbes i superfícies. Recta tangent a una corba i pla tangent a una superfície. Interpretació geomètrica del gradient i de les derivades direccionals. Extremes locals de funcions de diverses variables. Multiplicadors de Lagrange. Tècniques per al càlcul d'extremes de funcions diferenciables sobre conjunts compactes.

- 6. Integració de funcions de diverses variables:** Integral de Riemann de funcions de diverses variables. Conjunts de mida zero. Criteri d'integrabilitat de funcions acotades sobre dominis acotats. Propietats de la integral de Riemann de funcions de diverses variables. Teorema de Fubini. Càlcul d'integrals múltiples. Aplicació al càlcul de volums. Teorema del canvi de variables.

### Avaluació

L'avaluació de l'alumne es farà amb un examen de tota l'assignatura. La qualificació final serà matisada pels resultats de proves complementàries especialment relacionades amb les classes pràctiques de problemes.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Bartle, R.G.: *Introducción al análisis matemático*. Ed. Limusa: México, 1980.
- Courant, R.: *Introducción al cálculo y al análisis matemático*. (vol. 2). Ed. Reverté: Barcelona, 1992.
- Marsden, J.E.: *Elementary Classical Analysis*. Ed. Freeman and Co.: New York, 1993.
- Smith, K.T.: *Primer of modern analysis directions for knowing all dark things*. Ed. Springer-Verlag, 1983.
- Spivak, M.: *Cálculo en variedades*. Ed. Reverté: Barcelona, 1970.

#### Referències complementàries:

- Bombal, F. i altres: *Problemas de análisis matemático*. Ed. AC: Madrid, 1988.
- Lang, S.: *Calculus of Several Variables*. Ed. Springer-Verlag: New York, 1988.

# COMPUTACIÓ ALGEBRAICA

---

**CODI:** 10003

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Marc Noy Serrano

**Altres professors:** Josep M. Brunat Blay, Antoni Montes Lozano

## Objectius del curs

El curs pretén ser una introducció a l'àlgebra concreta per mitjà d'exemples bàsics: nombres enters, polinomis i sèries formals, posant un èmfasi particular en les seves aplicacions i en els aspectes computacionals. L'assignatura tracta qüestions d'utilitat per a altres assignatures computacionals del primer cicle i prepara l'estudi general de les estructures algebraiques, que tindrà lloc en el segon cicle.

L'elecció dels temes fa possible fer càlculs explícits i manipular directament els objectes matemàtics rellevants; això permet introduir eines de software matemàtic per a la resolució de problemes en cadascun dels temes.

## Programa

### I. ARITMÈTICA

1. **Divisibilitat dels nombres enters:** Algorisme d'Euclides. Factorització única. La funció d'Euler. Equacions diofàntiques.
2. **Aritmètica modular:** Congruències. Teoremes de Fermat i Euler. Exponenciació modular. Teorema xinès. Aplicacions a la criptografia.
3. **L'anell de classes de restes:** Classes de congruències. Elements invertibles i divisors de zero. El grup de les unitats.
4. **Fracions contínues:** Definicions i propietats. Convergents i qualitat de les aproximacions.

### II. POLINOMIS

1. **Divisibilitat de polinomis:** Divisió, algorisme d'Euclides, factorització única. Descomposició en fraccions simples.
2. **Arrels i derivades:** Arrels. Teorema fonamental de l'àlgebra. Factorització de polinomis sobre els reals i sobre els complexos. Derivades i arrels múltiples. Teorema de Strum.
3. **Aritmètica modular:** Classes de congruència mòdul un polinomi. Nombres algebraics. Cossos de nombres i cossos finits. Càlculs explícits en cossos finits. Aplicacions a la criptografia i la combinatòria.

### III. SÈRIES DE POTÈNCIES

1. **L'anell de sèries formals:** Operacions bàsiques. Inversió multiplicativa i funcional. Arrels, exponencials i logaritmes de sèries formals. Productes infinits.
2. **Funcions generatrius:** Equacions recurrents i funcions generatrius. Estudi del cas lineal. Càlcul amb funcions generatrius ordinàries i exponencials. Aplicacions.

## Avaluació

Hi ha una nota de les classes pràctiques, una nota de problemes i una altra d'un examen final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Biggs, N.L.: *Discrete Mathematics*. Ed. Oxford University Press, 1989.
- Childs, L.: *A Concrete Introduction to Higher Algebra*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1979.
- Niven, I., Zuckerman, H.S.: *Introducción a la Teoría de los Números*. Ed. Limusa, 1985.
- Rosen, K.H.: *Elementary Number Theory and its Applications*. Ed. Addison-Wesley, Reading, 1993.
- Van der Waerden, B.L.: *Algebra* (Vol. 1). Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1991.

### Referències complementàries:

- Char, B.W. i altres: *First leaves: A Tutorial Introduction to Maple V*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1992.
- Char, B.W. i altres: *Maple V Language Reference Manual*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1991.
- Char, B.W. i altres: *Maple V Library Reference Manual*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1991.
- Davenport, H.: *The Higher Arithmetic*. Ed. Dover, Nova York, 1983.
- Lidl, R.; Niederreiter, H.: *Introduction to Finite Fields and their applications*. Cambridge, Cambridge University Press, 1994
- McEliece, R.J.: *Finite Fields for Computer Scientists and Engineers*. Ed. Kluwer, Boston, 1987.
- Mignotte, M.: *Mathématiques pour le Calcul Formel*. Ed. PUF, París, 1989.
- Schroeder, M.R.: *Number Theory in Science and Communication* (2a edició). Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1986.
- Wilf, H.S.: *Generatingfunctionology*. Ed. Academic Press, Boston, 1990.
- Wolfram, S.: *Mathematica* (2a edició). Ed. Addison-Wesley, Redwood City, 1991.

### Altres referències:

- Brunat, J.M.; Montes, A.; Noy, M.: *Problemes de Computació Algebraica*. Facultat de Matemàtiques i Estadística, UPC, 1993.
- Montes, A.; Sacristán, V.: *Una Introducció a Maple Orientada a l'Assignatura de Computació Algebraica*. Facultat de Matemàtiques i Estadística, UPC, 1993.

## FÍSICA GENERAL

---

CODI: 10001

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Joaquim Valls Ribas

Altres professors: Ricard Vicente Solé

### Objectius del curs

L'objectiu primordial d'aquesta assignatura és preparar adequadament els matemàtics que, en el futur, hagin d'accedir a l'aplicació de temes avançats de Física a qüestions tecnològiques. L'estudi d'aquests temes requereix el coneixement de conceptes fonamentals de Física, els quals, des d'un principi, es presenten, sempre que és possible, en el seu aspecte de matemàtica aplicada. S'introduiran tècniques d'anàlisi complementàries utilitzades en física matemàtica, com són ara l'anàlisi de Fourier, el càlcul variacional i l'anàlisi numèrica de sistemes físics complexos.

### Programa

- Camps i potencial:** Camps escalars i camps vectorials. Circulació d'un vector al llarg d'un camí. Potencial. Superfícies equipotencials. Gradient. Laplaciana. Flux d'un vector a través d'una superfície. Camps centrals. Camp newtonià. Teorema de Gauss. Camp degut a una distribució amb simetria esfèrica.
- Treball i Energia:** Treball i potència. Energia cinètica. Forces conservatives: energia potencial. Estudi de les corbes d'energia potencial. Forces no conservatives. Càlcul variacional. Principi de Hamilton i equacions de Lagrange.
- Moviment 1D (Dinàmica unidimensional):** Espai i temps. Equacions del moviment. Integració de les equacions: casos particulars. Oscil·lador harmònic. Representació complexa. Oscil·lador esmorteït i oscil·lador forçat. Mètode de Green. Petites Oscil·lacions
- Moment d'una força i Moment Angular:** Moviment curvilini. Moments i moment angular. Conservació del moment angular. Coordenades polars. Força, moment i energia potencial en el moviment curvilini pla.
- Sistemes de partícules:** Moviment del centre de masses d'un sistema de partícules. Quantitat de moviment i moment cinètic d'un sistema de partícules. Rotació d'un sòlid rígid. Energia cinètica d'un sistema de partícules. Energia en el moviment de rotació d'un sòlid rígid.
- Camp gravitatori:** Lleis de Kepler i moviment planetari. Gravitació, deducció de Newton. Energia potencial gravitatòria. Camp i potencial gravitatori. Energia i òrbites, classificació d'òrbites. Satèl·lits, velocitat d'escapament. Teorema del virial i aplicacions. Estabilitat, ressonància i problema dels tres cossos.
- Camp electrostàtic i conductors en equilibri:** Camp electrostàtic. Flux del camp elèctric, Teorema de Gauss. Camp creat per distribucions de càrregues. Camp i càrregues en un conductor en equilibri electrostàtic. Potencial elèctric. Potencial degut a distribucions de càrregues. Potencial d'un conductor en equilibri. Influència elèctrica. Capacitat. Condensadors. Associació de condensadors. Energia del camp elèctric.

- Corrent elèctric:** Intensitat del corrent. Densitat de corrent. Llei d'Ohm. Resistència, conductància, resistivitat i conductivitat. Llei de Joule. Generador elèctric. Receptor elèctric; força contraelectromotriu. Associació de resistències. Circuits de corrent continu. Mètodes per a calcular corrents en una xarxa elèctrica. Càrrega i descàrrega d'un condensador.
- Magnetisme:** Camp magnètic. Moviment d'una partícula carregada en un camp magnètic uniforme. Acció d'un camp magnètic sobre un corrent. Camps creats per corrents i càrregues en moviment. Forces entre corrents. Llei d'Ampère. Flux del camp magnètic. Inducció electromagnètica. Lleis de Faraday i de Lenz. Inducció mútua i autoinducció. Oscil·lacions elèctriques lliures: descàrrega oscil·lant d'un condensador. Oscil·lacions elèctriques forçades: corrent altern. Energia del camp electromagnètic.
- Oscil·lacions i Ones:** Moviment ondulatori harmònic. Equació d'ona. Ones longitudinals i transversals. Corda oscil·lant. Anàlisi de Fourier. Oscil·ladors forçats i caos. Interferència i superposició d'ones. Reflexió/refracció. Ones estacionàries. Difracció. Ones electromagnètiques. Equacions de Maxwell.
- Relativitat:** Fonaments. Experiment de Michelson-Morley. Transformacions de Lorentz. Equivalència massa-energia. Dilatació temporal. Principi d'equivalència i relativitat general.

### Avaluació

Almenys hi haurà una prova escrita a mig quadrimestre a més de la prova final del quadrimestre. Les qualificacions obtingudes podran ser complementades amb la corresponent a les classes de problemes o pràctiques.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Alonso, M.; Finn, E.: *Física*. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, Madrid, 1995.
- Fernández, J.; Pujal, M.: *Iniciación a la física*. (2 vols.). Ed. Reverté, Barcelona, 1991.
- Gettys, W.; Keller, J.; Skove, M.: *Física Clásica y Moderna*. Ed. McGraw-Hill, Madrid, 1991.
- Sears, F.; Zemansky, M.; Young, H.: *Física Universitaria*. Ed. Fondo Educativo Interamericano, 1986.
- Tipler, P.A.: *Física*. (2 vols.), 3a edició. Ed. Reverté, Barcelona, 1995 (en català). Ed. Reverté, Barcelona, 1992 (en castellà).

#### Referències complementàries:

- Alonso, M.; Finn, E.: *Física* (vols. 1 i 2). Ed. Ed. Fondo Educativo Interamericano, 1987.
- Berkeley Physics Course* (vols. 1 i 2) Ed. Reverté, Barcelona, 1992.
- Feynmann, R.; Leighton, R.; Sands, M.: *Física* (vols. 1 i 2). Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, 1987.
- French, A. P.: *Vibraciones y ondas*. Ed. Reverté, Barcelona, 1974.
- Goldstein, H.: *Mecánica clásica*. Ed. Reverté, Barcelona, 1994.
- Kraushaar, W.L.: *Introducción al estudio de la mecánica, materia y ondas*. Ed. Reverté, Barcelona, 1973.
- Spiegel, M.R.: *Análisis vectorial*. Ed. McGraw-Hill, México, 1991.



## INFORMÀTICA 2

---

**CODI:** 10009

**Càrrega docent:** 3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Ricard Gavaldà Mestre

**Altres professors:** Conrado Martínez Parra

### Objectius del curs

L'objectiu del curs és donar als alumnes, d'una banda, les eines per al disseny i l'anàlisi de programes de dimensió considerable, i, de l'altra, els mitjans per codificar els seus algorismes en un llenguatge d'alt nivell.

El curs està basat en dues parts, teòrica i pràctica, que es van intercalant en el temps. La primera part presenta el corpus teòric bàsic necessari per a la construcció i l'anàlisi de programes de dimensió considerable. A la part pràctica es considera l'entorn informàtic necessari per poder desenvolupar aquests programes amb fluïdesa.

Les classes pràctiques es dividiran en classes de problemes i classes de laboratori. A les classes de problemes es reforçaran, a fi d'assegurar la seva assimilació, els conceptes bàsics introduïts en les classes de teoria. Es podrà, en alguns casos, desenvolupar alguns continguts teòrics. En aquestes classes, el professor proposarà exercicis d'especificació o disseny d'algorismes, i de manera interactiva se cercaran les solucions. A les classes de laboratori es desenvoluparan els aspectes concrets d'implementació dels elements desenvolupats en les classes de teoria i problemes.

### Programa

1. **Modularitat i tipus abstractes de dades (TADs):** Necessitat del disseny modular. Concepte de TAD. Definició, utilització i primers exemples.
2. **El TAD "pila":** Exemples d'ús. Implementacions.
3. **El TAD "cua":** Exemples d'ús. Implementacions.
4. **El TAD "llista":** Exemples d'ús. Implementacions.
5. **El TAD "graf":** Exemples d'ús. Implementacions.
6. **Alguns algorismes sobre grafs:** Recorreguts. Camins mínims. Arbres d'expansió mínims.
7. **El TAD "arbre binari":** Exemples d'ús. Implementació.
8. **El TAD "diccionari":** Exemples d'ús. Implementació amb arbres de cerca. Implementació amb "hashing".
9. **Llenguatges C, C++ i LEDA:** Suport de la metodologia de tipus abstractes de dades. (Aquest tema s'intercalarà amb els altres durant el curs)

### Pràctiques

Es faran tres pràctiques, sincronitzades amb el que s'explica a teoria i a problemes.

### Avaluació

Hi haurà una nota de les pràctiques, una nota del professor de les classes de problemes i una altra d'un examen final.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Aho, A.; Hopcroft, J.; Ullmann, J.: *Data Structures and Algorithms*. Ed. Addison Wesley, 1983.
- Cormen, T.; Leiserson, C.; Rivest, R.: *Introduction to algorithms*. Ed McGraw-Hill, 1990.
- Franch, X.: *Estructura de dades. Especificació, disseny i implementació*. Edicions UPC, 1993.
- Kernighan, B.; Ritchie, D.: *El lenguaje de programación C (2a. edició)*. Ed. Prentice-Hall, 1991.
- Tenenbaum, A.; Langsam, Y.; Augenstein, M.: *Data Structures using C*. Ed. Prentice-Hall, 1990.

#### Referències complementàries:

- Balcázar, J.L.: *Programación metódica*. Ed. McGraw-Hill, 1993.
- Gries, D.: *The Science of Programming*. Ed. Springer-Verlag, 1981.
- Kruse, R.; Leung, B.; Tondo, C.: *Data Structures and Program Design in C*. Ed. Prentice-Hall, 1991.
- Stroustrup, B.: *The C++ Programming Language (2a. edició)*. Ed. Addison-Wesley, 1992.
- Wirth, N.: *Algorithms and Data Structures*. Ed. Prentice-Hall, 1986.

#### Altres referències:

- Díaz, J.; Gavaldà, R.: *Informàtica II*. Apunts, pràctiques i examens dels cursos 93-94 i 94-95.

**2N CURS - 1R QUADRIMESTRE**

---

## CÀLCUL 3

---

**CODI:** 10012

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Jordi Saludes Cloa

**Altres professors:** Miquel Dalmau Vilaldach

### Objectius del curs

El curs gira a l'entorn de les relacions entre els valors de les funcions a l'interior i a la frontera de regions i els objectes que ens permeten d'expressar aquestes relacions.

Es pretén que l'alumne domini la integració sobre subvarietats de funcions escalars i vectorials, i el simbolisme de formes i cadenes. També es pretén que l'alumne conegui les eines que ens permetran arribar a la dualitat d'aquests objectes respecte de la integració i als teoremes clàssics de Stokes, Gauss i Green.

Per a la segona part, els objectius inclouen la familiarització amb les funcions naturals del càlcul en variable complexa, és a dir, les funcions holomorfes (analítiques complexes) en regions de  $\mathbb{C}$ , i la seva relació amb l'equació de Laplace i la seva aplicació a la física.

### Programa

#### I. CÀLCUL VECTORIAL

- 1. Corbes:** Longitud. Camps. Gradient, rotacional i divergència. Integrals de camí. Integrals de línia. Camps conservatius. Teorema de Green.
- 2. Superfícies i varietats:** Superfícies i subvarietats. Àrea. Integrals de superfície. Teorema de Stokes clàssic.
- 3. Formes i cadenes:** Tensors. Formes diferencials. El diferencial exterior. Cadenes.
- 4. Els teoremes integrals:** Integrals de formes. El teorema de Stokes general. Demostració del teorema de Green. Teorema de Gauss. Fluids incompressibles.

#### II. VARIABLE COMPLEXA

- 5. Funcions analítiques:** Funcions analítiques. Equacions de Cauchy-Riemann. Funcions harmòniques. L'exponencial i el logaritme. Funcions trigonomètriques i hiperbòliques.
- 6. Integrals:** Teorema de Cauchy-Goursat. Independència del camí. Teorema de Morera. El principi del mòdul màxim. Teorema de Liouville. Teorema fonamental de l'àlgebra. Sèries de Taylor i de Laurent. Residus i pols.

### Coneixements previs necessaris

Càlcul 1, Càlcul 2 i Àlgebra lineal.

### Avaluació

Hi haurà un examen final i treballs que s'hauran de fer durant el curs.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Ahlfors, L.: *Complex Analysis* (3a edició). Ed. McGraw-Hill, New York, 1979.
- Boas, R.P.: *Invitation to complex analysis*. Ed. Random House, 1987.
- Corwin, L.J.; Szczerba, R.H.: *Multivariable Calculus*. Ed. Marcel Dekker, 1982.
- Derrick, W.R.: *Variable compleja con aplicaciones*. Grupo Editorial Iberoamericana, México, 1987.
- Marsden, J.E.; Tromba A.J.: *Cálculo vectorial*. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, Argentina, 1991.

#### Referències complementàries:

- Bamberg, P.; Sternberg, S.: *A Course in Mathematics for Students of Physics*. Ed. Cambridge University Press, 1991.
- Burckel, R.B.: *An Introduction to Classical Complex Analysis* (vol. 1). Ed. Academic Press, 1979.
- Conway, J.B.: *Functions of one complex variable* (2a edició). Ed. Springer-Verlag, New-York, 1986.
- Churchill, R.V.; Brown, J.W.: *Variable compleja y aplicaciones*. Ed. McGraw-Hill, 1991.
- Feynman, R.P.: *Física* (3 vols). Ed. Addison Wesley Iberoamericana, 1987.
- Fisher, S.D.: *Complex variables*. Ed. Wadsworth & Brooks, 1986.
- O'Neill, B.: *Elementos de Geometría diferencial*. Ed. Limusa, 1990.
- Protter, Murray, H.: *A first course in real analysis*. Ed. Springer-Verlag, New-York, 1980.
- Rudin, W.: *Análisis real y complejo*. Ed. McGraw-Hill, Madrid, 1987.
- Spivak: *Cálculo en variedades*. Ed. Reverté, Barcelona, 1979.
- Young, E.C.: *Vector and Tensor Analysis*. Ed. Marcel Dekker, 1993.

# GEOMETRIA

---

CODI: 10008

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Sebastià Xambó Descamps

Altres professors: Ferran Hurtado Díaz i Francesc Prats Duaygües

## Objectius del curs

Que el llenguatge geomètric és fonamental en diverses ciències i tècniques és un fet indiscutible. Des d'Euclides, a més, la geometria ha estat un model de coneixement que han seguit, refinat i ampliat els esperits més clarividents, tant en tasques de fonamentació matemàtica com en les de modelització de la realitat.

Aquesta llarga i il·lustre història fa que sigui particularment difícil el repte que imposa un primer i únic quadrimestre obligatori de geometria en una facultat de matemàtiques actual. La situació és agreujada pel fet que els coneixements amb què s'arriba avui a la Universitat semblen deficitaris en aspectes bàsics del llenguatge esmentat, la qual cosa no seria potser massa greu si no fos pels negatius efectes que té en el bagatge de recursos per a la resolució de problemes. No és possible, doncs, tractar res més que els conceptes més bàsics de les geometries afí, euclidiana i projectiva, les seves interrelacions més fonamentals i una mostra dels problemes que permeten resoldre. Aquest nucli de coneixements, important tot i que és més reduït del que potser seria desitjable, és el que recollim en el programa i el que ha de permetre que aspectes més específics de la formació geomètrica es puguin considerar ulteriorment, si arriba el moment, segons el context de docència, de recerca o de treball en què estigui cadascú. Així, es pot esdevenir que en un curs sobre compactificació d'imatges s'hagin de considerar prèviament algunes qüestions de geometria afí, que en un curs sobre geometria computacional o física matemàtica s'hagi de fer esment a complements de geometria mètrica, o que en cursos sobre mètodes de factorització en criptografia o sobre codificació s'hagin de tractar primer alguns punts de la geometria projectiva necessaris per a poder discutir, respectivament, el mètode de les corbes el·líptiques o les relacions entre codis i plans projectius finits.

## Programa

- 1. Geometria afí:** Espai afí. Varietats lineals. Referència afí i coordenades cartesianes. Raó simple. Equacions paramètriques i cartesianes de les varietats lineals. Aplicacions afins i isometries. Punts fixos d'una afinitat. Grup afí.
- 2. Geometria mètrica:** Espai afí euclidià: mètrica, distàncies i angles. Perpendicularitat: espai ortogonal, projecció ortogonal, bases ortonormals, matrius ortogonals. Distàncies entre varietats lineals. Orientacions d'un espai vectorial real. Volum i producte vectorial. Angles orientats. Desplaçaments i semblances. Desplaçaments i semblances en la recta, en el pla i en l'espai. Introducció als quaternions.
- 3. Geometria projectiva:** Espai projectiu. Varietats lineals. Compleció projectiva de l'espai afí. Coordenades projectives. Relació entre coordenades afins i projectives. Equacions paramètriques i cartesianes de les varietats lineals Projectivitats. Raó doble. Quaternes harmòniques. Dualitat. Homografies.

- 4. Còniques i quàdriques:** Seccions còniques: aspectes geomètrics. Tractament analític de les seccions còniques. Classificació de còniques. Propietats projectives, afins i mètriques de les còniques. Quàdriques. Classificació de quàdriques. Propietats projectives, afins i mètriques de les quàdriques.

## Coneixements previs necessaris

Les assignatures corresponents a la fase selectiva.

## Avaluació

Hi haurà un examen parcial dels dos primers temes, avaluat sobre 3 punts, un final avaluat sobre 6 punts, i es podrà obtenir fins a 1 punt amb activitats complementàries que seran definides en relació amb les classes de problemes.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Eves, H.: *A survey of geometry*. Ed. Allyn and Bacon. 1972.
- Hernández, E.: *Algebra y geometría*. Universidad Autónoma de Madrid, 1994.
- Roe, J.: *Elementary geometry*. Oxford Science Publications, Oxford University Press, 1993.
- Sidler, J.-C.: *Géométrie projective*. París: Ed. InterEditions, 1993.
- Xambó, S.: *Geometria*. Edicions UPC, 1997.

### Referències complementàries:

- Berger, M.: *Geometry* (2 vol.). Ed. Springer-Verlag New York (Universitext), 1987.
- Castellet, M.; Llerena, I.: *Álgebra lineal i geometria*. Barcelona: Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 1990.
- Castelnuovo, G.: *Lezioni di geometria analitica*. Ed. Dante Alighieri, 1969.
- Coxeter, H. S. M.: *Fundamentos de Geometría*. Ed. Limusa. 1971.
- Neumann, P. M.; Stoy, G. A.; Thompson, E. C.: *Groups and Geometry*. Ed. Oxford University Press, 1994.
- Yale, P. B.: *Geometry and Symmetry*. Ed. Dover Publications, 1988.

## MÈTODES NUMÈRICS 1

**CODI:** 10006

**Càrrega docent:** 3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Antoni Guillamon Grabalosa

**Altres professors:** Rafael Ramírez Ros

### Objectius del curs

En els molts diversos camps de la ciència, la tecnologia, la medicina, l'economia, les ciències socials, etc. es descriuen tot sovint fenòmens reals mitjançant models matemàtics. Buscar i aplicar les eines més adients per trobar solucions a problemes basats en aquests models constitueix l'objectiu principal de la matemàtica aplicada. Dissortadament, no sempre es pot recórrer als mètodes analítics clàssics per diverses raons: no s'adeqüen al model concret, la seva aplicació resulta excessivament enrevesada, la solució formal resultant és tan complexa que fa impossible qualsevol interpretació posterior, etc. En aquests casos, són útils les tècniques numèriques que, mitjançant una labor de càlcul més o menys intensa, arriben a solucions aproximades.

L'objectiu d'aquesta assignatura és introduir aquestes tècniques numèriques, per això representa un primer curs de Càlcul Numèric. Està dirigit no només a estudiants de la Llicenciatura de Matemàtiques, sinó també a estudiants d'altres carreres tècniques, científiques o socials que vulguin conèixer, de manera tan pràctica com sigui possible, eines bàsiques que els permetin fer afrontar qüestions numèriques amb comoditat i rigor.

### Programa

- Errors:** Conceptes generals. Estimació i fitació d'errors. Propagació dels errors. Errors de truncament.
- Sistemes lineals:** Conceptes bàsics. Resolució de sistemes triangulars. Mètodes gaussians. Mètodes d'ortogonalització, matrius de Householder. Càlcul de determinants i inverses de matrius. Anàlisi de l'error. Sistemes lineals sobredeterminats.
- Valors i vectors propis:** Conceptes bàsics. Deflació de matrius. Mètodes de la potència. Mètodes de Jacobi. Mètodes de reducció: Givens, Householder. Mètodes LR, QR.
- Interpolació de funcions:** Concepte d'interpolació. Interpolació polinòmica, error d'interpolació. Mètodes de càlcul del polinomi interpolador. Interpolacions de Taylor i Hermite.
- Aplicacions de la interpolació de funcions:** Fórmules de derivació i integració interpolativa i errors. Mètode de Richardson d'extrapolació repetida. Mètodes interpolatius iteratius d'aproximació de solucions d'equacions no lineals.

### Coneixements previs necessaris

Les assignatures corresponents a la fase selectiva.

### Avaluació

A l'avaluació dels alumnes tindrà una rellevància especial la feina desenvolupada en les classes pràctiques, a les quals els alumnes hauran d'implementar diversos algorismes corresponents a diferents parts del temari. Al final del curs hi haurà un examen, amb una part teòrica i una de pràctica. Aquest consistirà en la resolució d'exercicis, per a la qual caldrà utilitzar algunes de les rutines implementades en les classes pràctiques.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Aubanell, A.; Benseny, A.; Delshams, A.: *Eines bàsiques de càlcul numèric*. Volum 7 de Manuals de la Univ. Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Barcelona, 1991. En castellà: Labor, 1993
- Bonet, C. i altres: *Càlcul numèric*. Aula Teòrica 23, Edicions UPC, 1994.
- Burden, R.L.; Faires, J.D.: *Numerical Analysis*. (4<sup>th</sup> edition). Ed. PWS-KENT, 1989.
- Ciarlet, P.G.: *Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation*. Ed. Masson, Paris, 1990.
- Froberg, C.E.: *Introducción al análisis numérico*. Ed. Vicens Vives, 1977.

#### Referències complementàries:

- Abramowitz, M.; Stegun, I.A. (ed.): *Handbook of mathematical functions*. Ed. Dover, N.Y., 1965.
- Demidóvich, B.; Maron, I.: *Elementos de cálculo numérico*. Ed. Paraninfo, Madrid, 1977.
- Gastinel, N.: *Análisis numérico lineal*. Ed. Reverté, Barcelona, 1975.
- Golub, G.H.; Van Loan, C.F.: *Matrix computations* (3rd edition). Ed. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, 1996.
- Grau, M.; Noguera, M.: *Càlcul Numèric*. Aula Teòrica 1, Edicions UPC, 1993
- Ralston, A.; Rabinowitz, P.: *A first course in numerical analysis* (2nd edition). Ed. McGraw-Hill, New York, 1978.
- Scheid, F.: *Análisis numérico: teoría y 775 problemas resueltos*. Ed. McGraw-Hill, 1972.
- Stoer, J.; Bulirsch, R.: *Introduction to numerical analysis*. Ed. Springer-Verlag, Berlin, 1993.
- Wilkinson, J.H.: *The algebraic eigenvalue problem*. Clarendon, Oxford, 1967.

## PROBABILITAT I ESTADÍSTICA

---

**CODI:** 10015

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Ramon Nonell Torrent

**Altres professors:** Jaume Coll

### Objectius del curs

L'objectiu del curs és donar els coneixements essencials i necessaris de Teoria de la Probabilitat i de Teoria de les Variables Aleatòries.

### Programa

#### 1. Espai de Probabilitat:

Resultats, esdeveniments i operacions amb esdeveniments. Espai probabilitzable elemental. Sigma-àlgebra de Borel. Definició i propietats de la funció probabilitat. Probabilitat condicionada. Fórmula de Bayes. Independència estocàstica.

#### 2. Variable Aleatòria:

Definició de variable aleatòria. Estructura de l'espai de les variables aleatòries reals. Probabilitat induïda. Funció de distribució de probabilitat. Variables aleatòries discretes: funció de probabilitat; models més habituals (Bernoulli, Binomial, Geomètric, Binomial negativa, Hipergeomètric, Poisson). Variables aleatòries absolutament contínues: funció de densitat; models més habituals (Uniforme, Cauchy, Normal, log-Normal i transformacions generals, etc.). Família exponencial. Independència de variables aleatòries.

#### 3. Moments i Funcions Generatrius d'una Variable Aleatòria:

Moments i propietats. Covariància i correlació. Desigualtats. Funció generadora de moments. Funció característica.

#### 4. Vectors Aleatoris i Introducció a les Successions de Variables Aleatòries:

Definició de vector aleatori. Transformacions de vectors. Vectors Normals i lleis associades a la Normal. Lleis condicionades. Regressió lineal. Concepte de mostra. Simulació de mostres. Introducció a les convergències i al Teorema Central del Límit.

### Coneixements previs necessaris

Les assignatures corresponents a la fase selectiva.

### Avaluació

Hi haurà una nota d'examen final i notes de petites proves tant de teoria com de problemes.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Ash, R.B.: *Basic Probability Theory*. Ed. Wiley: New York, 1970.
- Baldi, P.: *Calcolo delle probabilità e statistica*. McGraw-Hill Libri Italia: Milano, 1993.
- Chung, K.L.: *Elementary Probability Theory with Stochastic Processes*. Ed. Springer-Verlag: New York, 1979.
- Pitman, J.: *Probability*. Springer-Verlag, 1993.
- Rohatgi, V.K.: *An Introduction to Probability Theory and Mathematical Statistics*. Ed. Wiley: New York, 1976.

#### Referències complementàries:

- Ash, R.B.: *Real Analysis and Probability*. Ed. Academic Press: New York, 1972.
- Breiman, L.: *Probability*. Ed. Society for industrial and applied mathematics: Philadelphia, 1992.
- Chung, K.L.: *A Course on Probability Theory*. Ed. McGraw-Hill, 1981.
- De Groot, M.H.: *Probability and Statistics*. Ed. Addison-Wesley, 1988.
- Feller, W.: *Introducción a la teoría de probabilidades y sus aplicaciones* (vol. 1). Ed. Limusa: México, 1973-1978.
- Hoel, P.G., Port, S.C., Stone, C.J.: *Introduction to Probability Theory*. Ed. Houghton Mifflin Co: Boston, 1971.
- Neveu, J.: *Bases Mathématiques du Calcul des Probabilités*. Ed. Masson: Paris, 1980.



## ANÀLISI REAL

CODI: 10017

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Enric Fossas Colet

Altres professors: Carles Batlle Arnau

### Objectius del curs

Aquesta assignatura, continuació i complement dels cursos de Càlcul 1, 2 i 3, pretén introduir i desenvolupar les idees, les tècniques i els teoremes bàsics de l'anàlisi real moderna incloent-hi un nombre suficient d'aplicacions (que la facin interessant), a fi que l'estudiant aconsegueixi una formació àmplia i prou rigorosa en aquests temes per poder triar l'especialització que desitgi a segon cicle.

Les idees bàsiques són les de convergència i aproximació de funcions, mesura i integració, i s'utilitzen per a l'estudi d'àlgebres de funcions contínues i de funcions integrables, de les sèries i de la transformació de Fourier.

Els resultats que s'obtenen s'apliquen en àmbits diversos com ara els següents: l'estudi de funcions eulerianes, les equacions integrals o els problemes de contorn en equacions en derivades parcials.

### Programa

#### 1. Successions i sèries de funcions:

Convergència puntual i uniforme de successions de funcions. Propietats. Sèries de funcions. Convergència. Criteri de Weierstrass. Sèries de potències. Radi de convergència. Sèries de Taylor.

#### 2. Sèries trigonomètriques:

Coefficients de Fourier. Desigualtat de Bessel. Convergència puntual de les sèries de Fourier. Convergència uniforme de les sèries de Fourier. Sèries de Fourier i derivació.

#### 3. Integrals dependents de paràmetres:

Definicions. Continuitat, integració i derivació respecte del paràmetre. Fórmula de Leibnitz. Cas d'integrals impròpies: Convergència uniforme, propietats. Aplicacions: Funcions  $\Gamma$  i  $B$  d'Euler: Definició i propietats. Convulsió de funcions: Propietats. Aproximació de funcions. Teorema d'aproximació de Weierstrass.

#### 4. Funcions contínues:

Funcions contínues sobre un espai compacte. Convergència uniforme. Subàlgebres denses. Teorema d'Stone-Weierstrass. Funcions contínues sobre un espai mètric. Famílies equicontínues. Teorema d'Ascoli.

#### 5. Integral de Lebesgue:

Mesura de Lebesgue a  $\mathbb{R}^n$ . Propietats. Espais de mesura. Funcions mesurables. Integral de Lebesgue. Teoremes de convergència de Lebesgue. Teorema de Fubini. Canvi de variable. Espais de funcions integrables.

### Coneixements previs necessaris

Càlcul 1 i Càlcul 2.

### Avaluació

Hi haurà un examen final global de l'assignatura i notes de les classes de problemes i de les proves parcials de què es disposi.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Bracewell, R.: *The Fourier transform and its applications*. Ed. McGraw Hill: New York, 1986.
- Kolmogorov, A.N.; Fomin, S.V.: *Elementos de la teoría de funciones y del análisis funcional*. Ed. Mir: Moscú, 1978.
- Marsden, J.: *Elementary Classical Analysis*. Freeman: New York, 1993.
- Rudin, W.: *Principios de análisis matemático*. Ed. McGraw-Hill: México, 1980.
- Stroock, D.W.: *A concise introduction to the theory of integration*. Ed. World Scientific Pub.: Singapore, 1990.

#### Referències complementàries:

- Aliprantis, Ch.D.; Buckinshan, D.: *Principles of real analysis*. Ed. Elsevier North Holland, 1981.
- Biler, P.; Witkowski, A.: *Problems in mathematical analysis*. Ed. Marcel Dekker Inc.: New York, 1990.
- Dieudonné, J.: *Fundamentos de análisis moderno*. Ed. Reverté: Barcelona, 1979.
- Guichardet, A.: *Calcul intégral*. Ed. Armand Colin: Paris, 1969.
- Klambauer, G.: *Real analysis*. Ed. Elsevier Pub., 1973.
- Klambauer, G.: *Mathematical analysis*. Ed. Marcel Dekker Inc.: New York, 1975.
- Lang, S.: *Undergraduate analysis*. Ed. Springer-Verlag: New York, 1983.
- Lang, S.: *Real analysis*. Ed. Addison Wesley, 1983.
- Lojasiewicz, S.: *An Introduction to the theory of real functions*. Ed. John Wiley and Sons: Chichester, 1988.
- Marrero, M.I.: *Problemas de análisis real y funcional*. Ediciones de la Universidad de La Laguna: La Laguna, 1991.
- Nagy, B.S.: *Introduction to real functions and orthogonal expansions*. Ed. Oxford Univ. Press, 1961.
- Pesin, I.N.: *Classical and modern integration theories*. Ed. Academic Press, 1970.
- Phillips, E.R.: *An introductions to analysis and integration theory*. Ed. Dover Pub., 1984.
- Rees, C.S.; Shah, S.M.; Stanojevic, C.V.: *Theory and applications of fourier analysis*. Ed. Marcel Dekker: New York, 1981.
- Royden, H.L.: *Real analysis*. Ed. MacMillan Pub. Co.: New York, 1988.
- Rudin, W.: *Real complex analysis*. Ed. McGraw Hill: New York, 1987.
- Schwartz, L.: *Métodos matemáticos para las ciencias físicas*. Selecciones Científicas: Madrid, 1969.
- Shilov, G.: *Analyse mathématique* (vol. I, II). Ed. de Moscou, 1973.
- Shilov, G.; Gurevich, L.: *Integral, measure and derivative: An unified approach*. Ed. Dover: New York, 1977.
- Simmons, G.F.: *Introduction to topology and modern analysis*. Ed. McGraw Hill: Singapore, 1963.
- Smith, K.T.: *Primer of modern analysis*. Ed. Springer-Verlag, 1983.



## INFERÈNCIA ESTADÍSTICA

CODI: 10019

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Ramon Nonell Torrent

Altres professors: Jaume Coll Guerrero

### Objectius del curs

L'objectiu d'aquest curs és donar els coneixements essencials i necessaris d'Estadística Matemàtica concretant-la fonamentalment en la Teoria de l'Estimació i la Teoria de les Proves d'Hipòtesis, com també iniciar els estudiants en la modelització estadística amb el Model Lineal Múltiple.

### Programa

1. **Preliminar. Convergència de Successions de Variables Aleatòries i Teoremes Límit:** Convergència quasi-segura, convergència en probabilitat, convergència en llei. Lleis dels grans nombres. Teorema Central del Límit.
2. **Estadística Descriptiva:** Tot explorant les dades.
3. **Estructures Estadístiques:** Paràmetres. Mostres. Estadístics. Funció de versemblança. Estudi del cas particular de mostra d'una Variable Aleatòria Normal.
4. **Teoria de l'Estimació de Paràmetres:** Optimalitat: informació de Fisher, desigualtat de Cramér-Rao, estimadors eficients. Mètodes d'estimació puntual. Propietats asimptòtiques. Estadístics suficients. Mètode d'estimació per intervals de confiança.
5. **Proves d'Hipòtesis:** Conceptes i elements de les proves d'hipòtesis. Criteris d'optimalitat. Test de Neyman-Pearson. Test de la raó de versemblança.
6. **(Alguns) Mètodes No Paramètrics:** Test d'independència. Distribucions empíriques. Test de Kolmogorov.
7. **(Introducció a la pràctica del) Model Lineal Múltiple:** Hipòtesis del model. Estimadors mínimo-quadràtics. Coeficient de determinació. Significació del model. Punt de vista de vector aleatori. Coeficients de correlació del model.

### Coneixements previs necessaris

Probabilitat i Estadística.

### Avaluació

Hi haurà la nota de l'examen final i algunes notes de petites proves tant de teoria com de problemes, i la nota d'una pràctica sobre el model lineal realitzada amb el sistema informàtic MINITAB.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Bickel, P.J., Doksum, K.A.: *Mathematical Statistics: Basic Ideas and Selected Topics*. Ed. Holden-Day, 1977.
- Breiman, L.: *Statistics*. Ed. Houghton and Mifflin, 1973.
- De Groot, M.H.: *Probability and Statistics*. Ed. Addison-Wesley, 1988.
- Kalbfleisch, J.G.: *Probability and Statistical Inference I,II*. Ed. Springer, 1985.
- Peña, D.: *Estadística. Modelos y métodos I,II*. Alianza Editorial, 1989-91.

### Referències complementàries:

- Dreesbeke, J.J., Tassi, P.: *Histoire de la Statistique*. Ed. PUF, 1993.
- Lehmann, E.L.: *Nonparametrics Statistical Methods Based on Ranks*. Ed. Holden-Day, 1975.
- Lehmann, E.L.: *Testing Statistical Hypothesis*. Ed. Wiley, 1991.
- Lehmann, E.L.: *Theory of Point Estimation*. Ed. Wadsworth & Brooks, 1983.
- Moore, D.S., McCabe G.P.: *Introduction to The Practice of Statistics*. Ed. W.H. Freeman and Co., 1993.
- Ryan, B.F., Joiner, B.L., Ryan, Th.A.: *MINITAB. Statistical Software*. Ed. PWS-KENT Publ. Co, 1985.
- Seber, G.A.F.: *The Linear Hypothesis: A General Theory*. Ed. Charles Griffin, 1980.

## INVESTIGACIÓ OPERATIVA

CODI: 10016

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Jaume Barceló Bugeda

Altres professors: Elena Fernández Aréizaga

### Objectius del curs

La solució dels problemes que es presenten en el govern dels sistemes socio econòmics complexos en què intervenen homes, màquines, primeres matèries i altres components, requereix la presa de decisions de tipus quantitatiu. La Investigació Operativa és la disciplina que proporciona la base científica a aquests processos de presa de decisions; per això es proposa construir un model del sistema objecte d'estudi segons una metodologia basada en l'aplicació del mètode científic. Els models dels sistemes que construeix la Investigació Operativa són formalment de tipus matemàtic, per als quals es poden definir procediments numèrics, algorísmics o de simulació, per poder-los tractar.

El curs d'Investigació Operativa té com a objectiu proporcionar a l'alumne els fonaments de la metodologia de la construcció dels models matemàtics propis de la disciplina; presentar una àmplia panoràmica de les diferents classes de models i les seves aplicacions; introduir els fonaments dels principals procediments algorítmics, i il·lustrar-ne la utilització pràctica mitjançant el software de programació matemàtica disponible a la Facultat.

### Programa

- 1. Introducció:** El concepte d'Investigació Operativa. Models matemàtics per ajudar a prendre decisions quantitatives. El concepte de model matemàtic: el mètode científic i la metodologia de la Investigació Operativa. El procés de formulació dels models. Models matemàtics i dels seus processos de construcció: lineals, no lineals, combinatoris, estocàstics, etc.
- 2. Introducció als models lineals:** Formulació de models lineals. Programes lineals. Forma canònica dels programes lineals. Teorema de Minkowsky-Farkas. Solucions bàsiques. Teorema fonamental de la Programació Lineal. L'Algorisme del Símplex Primal. La geometria de la Programació Lineal. Formes computacionals de l'algorisme del Símplex: Símplex revisat en forma de producte de la matriu inversa. Teoremes de dualitat: Gale-Kuhn-Tucker. Teorema de la Folga Complementària. Interpretacions geomètriques. L'algorisme del Símplex Dual. Interpretacions econòmiques. Anàlisi de sensibilitat. Models de fluxos en xarxes: fluxos de cost mínim, fluxos màxims. Especialització de l'algorisme del Símplex. Formulació de models lineals enters: procediments de ramificació i fitació (Branch and Bound).
- 3. Introducció als models no lineals:** La formulació de models no lineals. La geometria dels models no lineals: problemes convexos i no convexos. Problemes sense constriccions: condicions d'optimalitat. Algorismes descendents. Determinació de direccions de descens: mètodes de Newton i quasi-Newton. Procediments de cerca lineal. Problemes amb constriccions: condicions d'optimalitat de Karush-Kuhn-Tucker, interpretacions geomètriques. Mètodes de punt factible. Introducció elemental als mètodes de penalització i barrera.
- 4. Introducció als mètodes de punt interior per a la programació lineal i convexa:** L'algorisme primal-dual per a la programació lineal. Mètodes d'escalat afí. Transformacions projectives. Algorisme d'escalat afí. Cerca d'una solució interior inicial factible. Algorismes projectius. Extensions a la programació convexa.

### Coneixements previs necessaris

Àlgebra Lineal, Càlcul 1, Càlcul 2, Probabilitat i Estadística.

### Avaluació

Hi haurà una qualificació provinent de la realització de pràctiques numèriques amb un pes del 20% i dues més provinents de dos exàmens parcials, no compensatoris, amb pesos del 40% cadascuna.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Ahuja, R.K.; et alt.: *Network Flows: Theory, Algorithms, Applications*. Ed. Prent.-Hall, 1993.
- Nash, S.G.; Sofer, A.: *Linear and Nonlinear Programming*. Ed. McGraw Hill, 1996.
- Sierksma, G.: *Linear and Integer Programming: Theory and Practice*. Ed. M. Dekker, 1996.
- Padberg, M.: *Linear Optimization and Extensions*. Ed. Springer-Verlag, 1995.
- Taha, H.A.: *Operations Research: An Introduction for Network Programming*. Ed. Mac Millan, 1992.

#### Referències complementàries:

- Bazaraa, M.S.; et alt.: *Nonlinear programming: Theory and Algorithms*. Ed. Wiley, 1993
- Bradley, S.P.; Hax, A.C.: *Applied mathematical programming*. Ed. Addison-Wesley, 1977.
- Daellenbach, H.G.; George, J.A. and McNickle, D.C.: *Introduction to operations research techniques*. Ed. Allyn and Bacon, 1983.
- Gondran, M. and Minoux, M.: *Graphs and algorithms*. Ed. John Wiley, 1984.
- Hillier, F.S. and Lieberman, J.G.: *Operations Research*. Ed. Holden-Day, 1986.
- Hu, T.C.: *Integer Programming and Network Flows*. Ed. Addison-Wesley, 1970.
- Luenberger, D.G.: *Programación lineal y No lineal*. Ed. Addison-Wesley Iber., 1989.
- Mangasarian, O.L.: *Nonlinear Programming*, Ed. SIAM, Classics in App. Mathematics, 1994.
- Nemhauser, G.L.; Wolsey, L.: *Integer and Combinatorial Programming*. Ed. Wiley, 1988.
- Papadimitriou, C.H.; Steiglitz, K.: *Combinatorial Optimization Algorithms and Complexity*. Ed. Prentice-Hall, 1982.
- Shapiro, J.F.: *Mathematical Programming: Structures and algorithms*. Ed. Wiley, 1979.
- Wagner, H.M.: *Principles of operations research*. Ed. Prentice-Hall, 1975.
- Williams, H.P.: *Model Building in Mathematical Programming*. Ed. Wiley, 1993.
- Winston, W.L.: *Operations Research: Applications and Algorithms*. Ed. PWS-KENT, 1991.
- Winston, W.L.: *Introduction to mathematical programming: Applications and Algorithms*. Ed. PWS-KENT, 1991.

## TOPOLOGIA

---

**CODI:** 10014

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Agustí Roig Martí

**Altres professors:** Miguel Angel Barja Yáñez, Sebastian del Baño Rollin

### Objectius del curs

En aquesta assignatura s'introdueix el llenguatge bàsic de la topologia general (capítols 1 a 6) i els primers conceptes de la topologia algebraica (capítols 7 i 8).

Quant a la topologia general, l'objectiu és que els estudiants assoleixin els conceptes de continuïtat, compacitat, connexió, etc. sense entrar en un estudi detallat de les diferents patologies que s'hi puguin presentar. El temari comença amb un capítol dedicat als espais mètrics que serveix, alhora, de fil conductor per motivar i contrastar les diferents nocions que s'aniran introduint.

L'objectiu de la segona part és la introducció del concepte d'homotopia. Per il·lustrar-ne la utilitat s'aplicarà a l'estudi de la topologia del pla euclidià.

### Programa

1. **Espais mètrics:** Boles obertes i tancades. Conjunts oberts. Aplicacions contínues. Distàncies equivalents.
2. **Espais topològics:** Oberts i tancats. Bases, subbases, entorns. Aplicacions contínues.
3. **Construcció d'espais topològics:** Subespais. Productes. Quocients. Adjunció.
4. **Connexió:** Espais connexos. Components connexos. Continuïtat i connexió. Teorema del valor intermedi. Espais arc-connexos; components arc-connexos. Espais localment connexos i localment arc-connexos.
5. **Compacitat:** Espais compactes. Teorema de Heine-Borel. Teorema de Tychonoff i aplicacions. Espais localment compactes. Compactació d'Alexandroff. Compacitat en espais mètrics.
6. **Axiomes de separació:** Axiomes de separació  $T_i$ ; espais de Fréchet, de Hausdorff, regulars i normals. Lema d'Urysohn. Teorema d'extensió de Tietze. Teorema de metritzabilitat d'Urysohn.
7. **Homotopia d'aplicacions contínues:** Aplicacions homòtopes. Tipus d'homotopia d'un espai. Espais contràctils. Retractes de deformació. El conjunt de les classes d'homotopia  $[X, Y]$ .  $H^1(X)$ . Functorialitat de  $H^1$ .  $H^1(S^1)$ .
8. **Aplicacions a la topologia del pla:** Índex d'una corba tancada. Els teoremes clàssics: Poincaré-Böhl, Rouché, Bolzano. El teorema del punt fix de Brouwer. El teorema fonamental de l'àlgebra. Teoremes de Borsuk-Ulam i de la invariància de la dimensió.

### Coneixements previs necessaris

Càlcul 1, Càlcul 2, Àlgebra Lineal i Geometria.

### Avaluació

L'avaluació dels coneixements adquirits es farà per mitjà d'exercicis al llarg del curs i d'una prova final escrita que contindrà un apartat de qüestions teòriques i un altre de problemes.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Bourbaki, N.: *Eléments de mathématique: Topologie Générale, chap. 1*. Hermann éd., 1971.
- Kosniowski, C.: *Topologia algebraica*. Barcelona: Ed. Reverté, 1986.
- Jänich, K.: *Topology*. Ed. Springer, 1984.
- Munkres, J.R.: *Topology, a first course*. Ed. Prentice Hall, 1975.
- Wall, C.T.C.: *A geometric introduction to topology*. Ed. Dover, 1993.

#### Referències complementàries:

- Hocking, J.; Young, G.: *Topology*. Ed. Dover, 1988.
- Massey, W.: *A basic course in algebraic topology*. Ed. Springer, 1992.
- Singer, I.M.; Thorpe, J.A.: *Lecture Notes on Elementary Topology and Geometry*. Ed. Springer Verlag, 1976.
- Steen, L.A.; Seebach, J.A.: *Counterexamples in Topology*. Ed. Dover, 1995.

#### Altres referències:

- Pascual, P.; Roig, A.: *Apunts de Topologia*. Publicacions FME, 1997.
- Amorós, J.; Barja, M.A.; Pascual, P.; Roig, A.: *Problemes de Topologia*. Publicacions FME, 1997.

**3R CURS - 1R QUADRIMESTRE**

---

## EQUACIONS DIFERENCIALS 1

CODI: 10013

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Carles Bonet Revés

Altres professors: M. Teresa Martínez-Seara Alonso

### Objectius del curs

L'assignatura se centrarà en els aspectes teòrics i pràctics fonamentals de l'estudi de les equacions diferencials ordinàries, posant èmfasi en les successives tècniques que, des de la resolució mitjançant funcions elementals, i passant pels mètodes analítics, desemboquen en la teoria qualitativa. Per a això es proporcionarà als alumnes el desenvolupament teòric rigorós, i també es promocionarà l'habilitat i la desinhibició en el càlcul, tot primant les aplicacions a altres branques de la ciència. El programa està integrat dins d'una perspectiva històrica, que relacionarà i sedimentarà els diversos conceptes, i donarà la visió de l'estat actual d'aquesta branca de les matemàtiques.

### Programa

- Sistemes lineals amb coeficients constants:** Sistemes homogenis i no homogenis; teorema d'existència i unicitat. Càlcul de l'exponencial d'una matriu. Les solucions fonamentals. Solucions reals i complexes. El cas d'una equació d'ordre  $n$ . Els sistemes no homogenis: Determinació de solucions particulars. Fórmula de variació de paràmetres. La transformació de Laplace. Estabilitat i ressonància.
- Els sistemes lineals:** Teorema d'existència i unicitat. Diferenciabilitat respecte de les condicions inicials i els paràmetres. No integrabilitat per mètodes elementals (exemple). Estructura de les solucions. Solució fonamental. Wronskià. Teorema de Liouville. Conseqüències. Fórmula de variació de paràmetres.
- Els sistemes lineals periòdics:** Teorema de Floquet. Matriu de Monodromia. Aplicació de Poincaré. Els sistemes d'ordre dos. L'equació de Hill. Ressonància paramètrica.
- Els teoremes fonamentals:** Equacions en forma normal. Equacions i sistemes equivalents. Sistemes autònoms i no autònoms. El problema de Cauchy. Teorema d'existència i unicitat: mètode de Picard i mètode d'Euler. Prolongació de solucions. Regularitat respecte de condicions inicials i paràmetres. Equacions variacionals. Aplicacions.
- El problema de la resolució:** Evidència de la no-integrabilitat per mètodes elementals. Solució per desenvolupament en sèrie. Teorema de Poincaré. Punts singulars regulars: el mètode de Frobenius. Equacions de Legendre i de Bessel. Les funcions especials (miscel·lània). Limitacions al mètode d'integració per sèries. Exemples. El concepte d'integrabilitat mitjançant integrals primeres. Equacions exactes i reduïbles a exactes. Els sistemes hamiltonians en un grau de llibertat. Limitacions.
- El punt de vista geomètric i qualitatiu:** Camp vectorial associat a una equació autònoma. Noció de sistema dinàmic. Teorema de Vinograd. Elements notables d'un sistema dinàmic. Equivalència de sistemes dinàmics. Flux definit pels sistemes lineals d'ordre 2. Equivalència.

- Estudi local de fluxos:** Els punts regulars: el teorema del redreçament. Els punts fixos: el teorema de Hartmann. Les òrbites periòdiques: l'aplicació de Poincaré, les equacions variacionals i el teorema de Hartmann. Estabilitat: punt de vista de Poincaré i Lyapunov. Els casos degenerats (Blow-up).
- Estudi global dels sistemes dinàmics al pla:** Atractors i conjunts límit. La teoria de Bendixson-Poincaré. Compactificació de Poincaré i comportament a l'infinit. Retrats de fase globals. L'equació de Liénard.
- Perspectiva històrica i de futur:** Origen de les equacions diferencials ordinàries. Desenvolupament en els segles XVIII i XIX. El problema de la resolució. El mètode analític de Poincaré i Lyapunov. El problema de l'estabilitat del sistema solar. El punt de vista qualitatiu. Desenvolupament en el segle XX. Caos. Estat actual. Problemes pendents.

### Coneixements previs necessaris

Les assignatures corresponents a la fase selectiva.

### Avaluació

Hi haurà una nota de les classes de pràctiques i una altra d'un examen final.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Arnold, V.I.: *Ordinary Differential Equations*. Ed. M.I.T. Press, Cambridge, MA, 1973.
- Braun, M.: *Differential Equations and Their Applications*. Ed. Springer-Verlag, 1993.
- Coddington, E.A.; Levinson, N.: *Theory of Ordinary Differential Equations*. Ed. McGraw-Hill, New York, 1955.
- Guzman, M. de: *Ecuaciones diferenciales ordinarias: Teoría de estabilidad y control*. Ed. Alhambra, Madrid, 1975.
- Martínez Carracedo, C.; Sanz Alix, M.A.: *Introducción a las ecuaciones diferenciales ordinarias*. Ed. Reverté, Barcelona, 1991.

#### Referències complementàries:

- Guckenheimer, J.; Holmes, P.: *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields*. Ed. Springer-Verlag, New York, 1986.
- Hale, J.K.: *Ordinary Differential Equations*. Ed. Huntington, N.Y. R.E. Krieger, 1980.
- Hartman, P.: *Ordinary Differential Equations*. Ed. Birkhäuser, Boston, 1982.
- Hirsch, M.W.; Smale, S.: *Ecuaciones diferenciales, sistemas dinámicos y álgebra lineal*. Ed. Alianza Universidad, Madrid, 1983.
- Nagle, R.K.; Saff, E.B.: *Fundamentos de ecuaciones diferenciales*. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, 1992.
- Nemytskii, V.V.; Stepanov, V.V.: *Qualitative theory of Differential Equations*. Ed. New York, Dover, 1989.
- Perko, L.: *Differential Equations and Dynamical Systems*. Ed. Springer-Verlag, 1991.
- Pontriagin, L.S.: *Ecuaciones diferenciales ordinarias*. Ed. Aguilar, Madrid, 1973.
- Sotomayor, J.: *Lições de equações diferenciais ordinárias*. Ed. IMPA, Brasil, 1979.
- Zill, D.G.: *Ecuaciones diferenciales con aplicaciones*. Grupo Editorial Iberoamérica, 1988.

## GEOMETRIA DIFERENCIAL 1

CODI: 10018

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Antoni Ras Sabidó

Altres professors: Carles Victòria Monge

### Objectius del curs

Aquesta assignatura vol donar una primera visió de la Geometria Diferencial, a partir del que es pot considerar un curs bàsic sobre corbes i superfícies de l'espai  $\mathbb{R}^3$ , així com una introducció a les varietats diferenciables.

En la primera part es pretén que l'estudiant domini l'ús de les fórmules de Frenet i la seva aplicació a la teoria local de corbes. Pel que fa a superfícies, l'objectiu és aconseguir un bon coneixement de l'aplicació de Gauss i de la geometria intrínseca, com també el maneig amb suficiència del càlcul amb coordenades. Finalment, a tall d'enllaç entre els temes anteriors i una visió més abstracta de la Geometria Diferencial, s'introdueixen els conceptes més elementals de la teoria de varietats.

### Programa

1. **Corbes:** Corbes parametritzades regulars; longitud; el triedre de Frénet; teorema d'existència i unicitat; forma canònica; hèlixs.
2. **Subvarietats de  $\mathbb{R}^n$ :** Subvarietats expressades en forma explícita, implícita i paramètrica. Equivalència local. Exemples.
3. **Superfícies I:** Superfícies com a subvarietats de  $\mathbb{R}^3$  i parametritzades; pla tangent; aplicació tangent; àrea i primera forma fonamental.
4. **Superfícies II:** Aplicacions de Gauss i Weingarten; segona forma fonamental; curvatura; forma canònica i indicatriu de Dupin; símbols de Christoffel; equacions de Gauss i Codazzi-Mainardi i teorema *egregium*; teorema de Bonnet.
5. **Superfícies III:** Derivada covariant; transport paral·lel; curvatura geodèsica; geodèsiques.
6. **Varietats diferenciables I:** Varietats diferenciables; funcions diferenciables; espai tangent en un punt; aplicacions diferenciables i aplicació tangent; espai cotangent en un punt; camps; parèntesi de Lie; corbes integrals i flux local; 1-formes.
7. **Varietats diferenciables II:** Subvarietats; immersions; *imbeddings*; submersions.

### Coneixements previs necessaris

Càlcul 1, Càlcul 2, Àlgebra Lineal i Geometria.

### Avaluació

Es valorarà el treball realitzat a les classes pràctiques, juntament amb una prova parcial (fins a un 30% de la nota final), i l'examen final del conjunt de l'assignatura.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Carmo, M.P. do: *Geometria diferencial de curvas y superficies*. Ed. Alianza Universidad, Madrid, 1990.
- Cordero, L.; Fernández, M.; Gray, A.: *Geometria Diferencial de Curvas y Superficies*. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, 1995.
- Girbau, J.: *Geometria diferencial i relativitat*. Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 1993.
- Lipschutz, M.: *Geometria Diferencial (Schaum)*. Ed. McGraw-Hill, Madrid, 1991.
- Novikov, S.P.; Fomenko, A.T.: *Basic Elements of Differential Geometry and Topology*. Ed. Kluwer, Dordrecht, 1990.

#### Referències complementàries:

- Berger, M.; Gostiaux, B.: *Differential Geometry. Manifolds, Curves and Surfaces*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1988.
- Dubrovin, B.A.; Fomenko, A.T.; Novikov, S.P.: *Modern Geometry - Methods and Applications* (vol. 1). Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1984.
- Fedenko, A.S.: *Problemas de Geometria Diferencial*. Ed. Mir, Moscú, 1991.
- Klingenberg, W.: *A Course in Differential Geometry*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1984.
- O'Neill, B.: *Elementos de geometria diferencial*. Ed. Limusa-Noriega, México, 1972.
- Spivak, M.: *A Comprehensive Introduction to Differential Geometry* (vol. 1). Ed. Publish or Perish, Berkeley, 1979.
- Stillwell, J.: *Geometry of Surfaces*. Ed. Springer-Verlag, New York, 1992.
- Stoker, J.J.: *Differential Geometry*. Ed. Wiley, Nova York, 1989.
- Struik, D.J.: *Lectures on Classical Differential Geometry*. Ed. Dover, (2a edició), Nova York, 1988.
- Thorpe, J.A.: *Elementary Topics in Differential Geometry*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1979.
- Vaisman, I.: *A First Course in Differential Geometry*. Ed. Marcel Dekker, Nova York, 1984.
- Warner, F.: *Foundations of Differentiable Manifolds and Lie Groups*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1984.

## MÈTODES NUMÈRICS 2

**CODI:** 10011

**Càrrega docent:** 3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Antonio Huerta Cerezuela

**Altres professors:** Pedro Díez Mejía

### Objectius del curs

Proporcionar una sòlida perspectiva del conjunt dels mètodes numèrics basats en aproximació funcional, integració numèrica i resolució d'equacions no lineals que s'utilitzen en el càlcul i el disseny. Durant el curs s'aprofundirà en la concepció i la fonamentació de mètodes com ara les tècniques de mínims quadrats, en particular les basades en aproximació polinòmica. Com a cas general del problema de mínims quadrats, es tractarà la resolució de sistemes sobredeterminats a partir de les seves equacions normals o de tècniques de descomposició.

S'estudiaran també els conceptes bàsics de la interpolació seccional.

A continuació s'estudia la integració numèrica de dos punts de vista diferents: mètodes amb predefinició dels punts de base (quadratures de Newton-Cotes) i mètodes amb els punts de base lliures (quadratures de Gauss). El curs finalitza amb la resolució d'equacions no lineals en què, després d'estudiar zeros d'equacions qualssevol i arrels de polinomis, s'analitzen els mètodes usuals per a la resolució de sistemes d'equacions no lineals.

### Programa

- 1. Conceptes bàsics d'aproximació funcional:** Objectiu i utilitat de l'aproximació. Funcions tipus d'aproximació. Criteris d'aproximació: normes i seminormes de funcions, mesures d'error.
- 2. Aproximació funcional, tècniques de mínims quadrats:** Introducció i plantejament general. Sistemes ortogonals i aplicacions. Aproximació trigonomètrica. Altres aproximacions per mínims quadrats.
- 3. Resolució de problemes de mínims quadrats:** Sistemes sobredeterminats. Mètodes d'ortogonalització. Descomposició en valors singulars. Definició i càlcul de la pseudo-inversa.  
Funcions: limitacions de la interpolació i aproximació polinòmica.  
Splines emprats més comuns: C0, C1 i C2. Extensions a corbes de Bezier i B-splines.
- 5. Integració numèrica:** Integració de Newton: formulació general i particularització a punts equiespaiats. Integració de Gauss: formulació general i quadratures usuals. Integració mixta. Tècniques de millora de la integració. Convergència. Integració de funcions amb punts de discontinuïtat i singularitats. Integració múltiple.
- 6. Resolució d'equacions no lineals:** Solució d'equacions qualssevol: plantejament general dels mètodes iteratius (definicions i criteris de convergència, teoremes de punt fix, condicions asimptòtiques), mètode de la bisecció, aproximacions successives, mètode de Newton i derivats, acceleració de convergència.
- 7. Mètodes iteratius per sistemes d'equacions:** Mètodes iteratius per sistemes lineals: mètodes estacionaris de primer grau. Mètodes de sobre-relaxació. Sistemes no lineals: mètodes de punt fix, mètode de Newton-Raphson i derivats, mètodes quasi-Newton, mètodes Newton secants, criteris de convergència, acceleracions de convergència, mètodes de continuació.

### Avaluació

La nota final estarà determinada pels exàmens, els treballs del curs i les pràctiques.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Axelsson, O.: *Iterative solution methods* Ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
- Dahlquist, G.; Björck, A.: *Numerical methods*. Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1974.
- Hamming, R.W.: *Numerical methods for scientists and engineers*. Ed. Dover Publications, New York, 1986.
- Hildebrand, F.B.: *Introduction to numerical analysis* (2a edició). Ed. Dover Publications, New York, 1987.
- Ralston, A.; Rabinowitz, P.: *A first course in numerical analysis* (2a edició). Ed. Mc Graw-Hill, New York, 1978.

#### Referències complementàries:

- Ahlberg, J.H.; Nilson, E.N.; Walsk, J.L.: *The Theory of Splines and their applications*. Ed. Academic Press, New York, 1967.
- Ciarlet, P.G.: *Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation* (3a edició). Ed. Masson, Paris, 1990.
- Davis, P.J.; Rabinowitz, P.: *Methods of numerical integration* (2a edició). Ed. Academic Press, Boston, 1984.
- De Boor, C.: *A practical guide to Splines*. Ed. Springer-Verlag, New York, 1978.
- Fletcher, R.: *Practical methods of optimization*. Ed. John Wiley & Sons, Chichester, 1987.
- Isaacson, E.; Keller, H.B.: *Analysis of numerical methods*. Ed. John Wiley & Sons, Chichester, 1966.
- Ortega, J.M.; Rheinboldt, W.C.: *Iterative solution of nonlinear equations in several variables*. Ed. Academic Press, San Diego, 1970.
- Press, W.H.; Flannery, B.P.; Teukolsky, S.A.; Vetterling, W.T.: *Numerical Recipes, The Art of Scientific Computing*. Ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1989.
- Ralston, A.: *Introducción al análisis numérico*. Ed. Limusa Wiley, México, 1970.
- Schumaker, L.: *Spline Functions Basic Theory*. Ed. Krieger, 1993.
- Stoer, J. i Burlisch, R.: *Introduction to Numerical Analysis*. Ed. Springer-Verlag, New York, 1993.

**3R CURS - 2N QUADRIMESTRE**

---



## EQUACIONS DIFERENCIALS 2

---

CODI: 10020

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professora coordinadora: Marta València Guitart

Altres professors: Josep Masdemont Soler

### Objectius del curs

El nostre objectiu és presentar els punts més importants dins de la teoria d'equacions en derivades parcials i proporcionar una bona base per als estudiants que desitgin seguir estudis més avançats. Tenint en compte la seva rellevància en les aplicacions físiques, donarem especial èmfasi a les anomenades Equacions de la Física Matemàtica, és a dir, a l'equació d'ones, l'equació del potencial i l'equació de la calor.

### Programa

1. **Equacions en derivades parcials lineals de 2n ordre:** Definicions i exemples. Característiques. Problema de Cauchy. Teorema de Cauchy-Kovalesky. Classificació i forma canònica. Principi de superposició.
2. **L'equació d'ones:** Solució de D'Alembert en un domini no acotat. Domini de dependència i domini d'influència. Solució de D'Alembert en un domini acotat. Propagació i reflexions d'ones. El mètode de separació de variables.
3. **L'equació del potencial - l'equació de Laplace:** Exemples de funcions harmòniques i transformacions invariants. Propietat de la mitjana. Principi del màxim i conseqüències. Funcions de Green. Principi de Dirichlet. Separació de variables. Mètode de les diferències finites. Dominis no acotats.
4. **L'equació de la calor:** Principi del màxim i conseqüències. Separació de variables. L'equació de la calor a la recta infinita.
5. **Problemes de Sturm-Liouville.**

### Coneixements previs necessaris

Primer cicle de la Llicenciatura de Matemàtiques.

### Avaluació

A més a més de d'un examen final i de proves parcials, es valorarà el treball realitzat a les classes de problemes.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Courant, R.; Hilbert, D.: *Methods of Mathematical Physics*. Ed. John Wiley & Sons, 1989.
- Hellwig: *Partial differential equations*. Ed. Tembner. Stuttgart, 1977.
- Tijonov, A.N.; Samarsky A.D.: *Ecuaciones de la Física Matemática*. Ed. Mir, Moscou, 1983.
- Weinberger, H.F.: *Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales*. Ed. Reverté, Barcelona, 1986.
- Zachmanoglou, E.C.; Thoe, D.W.: *Introduction to Partial Differential Equations with Applications*. Ed. Dover, New-York, 1986.

#### Referències complementàries:

- Bitsadze, A.V.; Kalinichenko, D.F.: *A collection of problems on the equations of mathematical physics*. Ed. Mir, Moscou, 1980.
- Budak, B.M.; Samarsky, A.D.; Tijonov, A.N.: *Problemas de la física matemática*. (Volum 1 i 2). Ed. Mc-Graw-Hill, Madrid, 1992.
- Folland, G.B.: *Introduction to Partial Differential Equations*. Ed. Princeton University Press, Princeton, 1976.
- Garabedian, P.R.: *Partial Differential Equations*. Ed. John Wiley and Sons, 1964.
- John, F.: *Partial Differential Equations*. Ed. Springer-Verlag, New-York, 1982.
- Kellogg, O.D.: *Foundations of Potential Theory*. Ed. Springer-Verlag, 1967.
- Mijailov, V.: *Ecuaciones en Derivadas Parciales*. Ed. Mir, Moscou, 1978.
- Sobolev, S.L.: *Partial Differential Equations of Mathematical Physics*. Ed. Dover, New-York, 1989.

## GEOMETRIA DIFERENCIAL 2

CODI: 10025

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Miguel-C. Muñoz Lecanda

Altres professors: Xavier Gràcia Sabaté

### Objectius del curs

Basándose en los cursos previos de Calculo, Topología y Geometría Diferencial, este curso pretende profundizar en el estudio de las ideas geométricas de la diferenciación e integración. Se introducen los conceptos de variedad diferenciable, campo vectorial y forma diferencial y se obtienen los resultados de diferenciación e integración con esos elementos, incluida la interpretación de los sistemas diferenciales y el teorema de Fröbenius. El curso termina con una introducción a la geometría de Riemann y al cálculo de variaciones.

El contenido del curso es básico para seguir diversas áreas de matemática y de sus aplicaciones entre las que es de destacar el estudio geométrico de los sistemas dinámicos y la teoría de control.

### Programa

1. **Varietats y aplicacions diferenciables:** Definiciones y ejemplos. Funciones y aplicaciones diferenciables. Subvariedades, inmersiones y submersiones. Construcción de variedades diferenciables. Propiedades topológicas de las variedades diferenciables. Particiones de la unidad.
2. **Cálculo diferencial en variedades:** Espacio tangente. Fibrados tangente y cotangente. Estudio local de aplicaciones diferenciales. Campos vectoriales, curvas integrales y flujos. Campos tensoriales y formas diferenciales. Operadores diferenciales: Diferencial exterior, derivada de Lie. Relación entre operadores.
3. **Sistemas diferenciales:** Variedades integrales. Teorema de Fröbenius. Aplicaciones. Sistemas de Pfaff.
4. **Integración en variedades:** Orientabilidad. Integración de formas. Variedades con borde. Teorema de Stokes. Aplicaciones.
5. **Varietats de Riemann:** Métricas de Riemann. Longitud de una curva. Elemento de volumen. Conexiones lineales. Derivación covariante. Traslado paralelo. Curvatura y torsión. Expresiones locales. Campos geodésicos. Curvas geodésicas. Elementos del cálculo de variaciones. Ecuaciones de Euler-Lagrange. Aplicación exponencial.

### Coneixements previs necessaris

Càlcul 3, Geometria Diferencial 1

### Avaluació

Habrà un examen final global de la assignatura y notas de las clases de problemas y de las pruebas parciales de que se disponga.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Boothby, W.: *An Introduction to Differentiable Manifolds and Lie Groups*, Academic Press, New York, 1986.
- Curtis, W.D.; Miller, F.R.: *Differential Manifolds and Theoretical Physics*. Academic Press Inc., New York, 1985.
- Hicks, N.: *Notes on Differential Geometry*, Van Nostrand Reinhold Co., London, 1971.
- Spivak, M.: *Differential Geometry*, Vol. I, Publish or Perish Inc., Berkeley, 1979.
- Warner, F.: *Foundations of Differentiable Manifolds and Lie Groups*, Springer-Verlag, New York, 1983.

#### Referències complementaries:

- Abraham, R.; Marsden, J.: *Foundations of Mechanics*, The Benjamin/Cummings, Reading, Ma, 1978.
- Berger, M.; Gostiaux, B.: *Differential geometry: Manifolds, curves and surfaces*, Springer-Verlag, New York, 1988.
- Bishop, R.; Goldberg, S.: *Tensor Analysis on manifolds*, Dover Pub.Inc. New York, 1980.
- Bott, R.; Tu, L.: *Differential Forms in algebraic Topology*, Springer -Verlag, New York, 1982.
- Crampin, M.; Pirani, F.: *Applicable Differential Geometry*, Cambridge Univ. Press., Cambridge, 1986.
- Dodson, C.; Poston, T.: *Tensor Geometry*, Springer-Verlag, New York, 1991.
- Gauld, D.: *Differential Topology*, Marcel Dekker Inc., New York, 1982.
- Girbau, J.: *Geometria diferencial i relativitat*, Manuals de la UAB, Servei de Publicacions, UAB-Bellaterra, 1993.
- Guggenheimer, H.: *Differential Geometry*, Dover Pub. Inc., New York, 1977.
- Guillemin, V.; Pollack, A. P.: *Differential Topology*, Prentice Hall, New jersey, 1974.
- Helgason, S.: *Differential Geometry, Lie Groups and Symmetric Spaces*, Academic Press, New York, 1978.
- Matsushima, Y.: *Differentiable Manifolds*, Marcel Dekker Inc., New York, 1972.
- Okubo, T.: *Differential Geometry*, Marcel Dekker Inc., New York, 1987.
- O'Neill, B.: *Elementos de Geometria Diferencial*, ED. Limusa-Noriega, México, 1972.
- Schwartz, L.: *Les tenseurs*, Hermann Paris, 1975.
- Singer, I.M.; Thorpe, J.: *Lecture Notes on Elementary Topology and Geometry*, Springer-Verlag, New York, 1976.
- Vaisman, I.: *A First Course in Differential Geometry*, Marcel Dekker Inc., New York, 1984.
- Weeks, J.R.: *The Shape of Space*, Marcel Dekker Inc., New York, 1985.

## MÈTODES NUMÈRICS 3

CODI: 10021

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Miquel Noguera Batlle

Altres professors: Josep M. Peris Llagostera

### Objectius del curs

Un dels conceptes matemàtics més emprats per diverses branques de la ciència o de la tecnologia és el de les equacions diferencials, ja que formen part de molts models matemàtics que intenten representar el comportament de fenòmens naturals, com per exemple: el moviment dels cossos sota l'atracció gravitatòria, la concentració de les diverses substàncies participants d'una reacció química, la deflexió d'una biga, l'evolució del voltatge en un circuit elèctric, l'evolució de la població dels diversos individus d'un ecosistema, etc. Malauradament, la resolució analítica d'aquests models generalment no és possible a causa de la seva complexitat; aleshores cal de recórrer a les tècniques numèriques.

Aquesta assignatura té tres objectius principals: el primer vol donar una base sòlida dels mètodes existents per a la resolució del problema de condicions inicials d'equacions diferencials ordinàries. El segon, emprant altres mètodes numèrics ja vistos en cursos anteriors, tracta la resolució numèrica del problema de condicions frontera. El tercer i darrer objectiu consisteix que l'alumne obtingui una visió global dels mètodes numèrics vistos durant els tres cursos obligatoris de càlcul numèric de la llicenciatura, per a la qual cosa es veuen i es posen en pràctica algunes de les tècniques bàsiques de l'estudi qualitatiu de les equacions diferencials ordinàries.

### Programa

1. **Equacions en diferències:** Definicions i conceptes bàsics. Equacions en diferències lineals. Solució general.
2. **Problema de valors inicials:** Introducció als diferents tipus de mètodes. Errors, convergència, consistència, ordre, estabilitat i estabilitat absoluta. Mètodes lineals multipàs i teorema de Dahlquist. Mètodes predictor-corrector. Mètodes Runger-Kutta i Runger-Kutta-Fehlberg. Equacions "Stiff".
3. **Problema de valors frontera:** Mètode de tir simple. Mètode de tir paral·lel. Mètode variacional.
4. **Estudi qualitatiu d'equacions diferencials ordinàries:** Càlcul d'òrbites periòdiques. Mètode de continuació. Aplicació de Poincaré.

### Coneixements previs necessaris

Física General, Informàtica 1, Informàtica 2, Mètodes Numèrics 1, Mètodes Numèrics 2 i Equacions Diferencials 1.

### Avaluació

La nota final s'obtéindrà de les notes parcials dels exàmens, els treballs i les pràctiques.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Butcher, J.: *The Numerical Analysis of Ordinary Differential Equations*. Ed. John Wiley, 1987.
- Grau, M.; Noguera, M.: *Càlcul Numèric*. Aula Teòrica 1. Edicions UPC, 1993.
- Keller, M.B.: *Numerical Methods for two-point Boundary-Value Problems*. Ed. Dover, 1992
- Lambert, J.D.: *Numerical Methods for Ordinary Differential Systems*. Ed. John Wiley, 1991.
- Stoer, J.; Bulirsch, R.: *Introduction to Numerical Analysis*. (2a edició). Ed. Springer-Verlag, 1993.

### Referències complementàries:

- Arnold V.: *Équations Différentielles Ordinaires*. Ed. Mir, 1974.
- Gear, C.W.: *Numerical Initial Value Problems in Ordinary Differential Equations*. Ed. Prentice-Hall, 1971.
- Goldstine, H.H.: *A History of Numerical Analysis from the 16th through the 19th Century*. Ed. Springer-Verlag, 1977.
- Golub, G.H.; Ortega, J.M.: *Scientific Computing and Differential Equations. An Introduction to Numerical Methods*. Ed. Academic Press, 1992.
- Hall, G.; Watt, J.M.: *Modern Numerical Methods for Ordinary Differential Equations*. Ed. Clarendon Press, 1976.
- Henrici, P.: *Discrete Variable Methods in Ordinary Differential Equations*. Ed. John Wiley, 1962.
- Hirsch, M.W.; Smale, S.: *Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra*. Ed. Academic Press, 1974.
- Isaacson, E.; Keller, H.B.: *Analysis of Numerical Methods*. Ed. Dover, 1995.
- Ortega, J.M.: *Numerical Analysis: A Second Course*. (Reprint) Ed. SIAM, 1990.
- Ortega, J.M.; Rheinboldt, W.C.: *Iterative Solution of Nonlinear Equations in Several Variables*. Ed. Academic Press, 1970.
- Palis, J.Jr.; de Melo, W.: *Geometric Theory of Dynamical Systems. An Introduction*. Ed. Springer-Verlag, 1982.
- Parker, J.S.; Chua, L.O.: *Practical Numerical Algorithms for Chaotic Systems*. Ed. Springer-Verlag, 1989.
- Perko, L.: *Differential Equations and Dynamical Systems*. Ed. Springer-Verlag, 1991.

## MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA

CODI: 10024

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Sebastià Xambó Descamps

Altres professors: Fernando Martínez Sáez

### Objectius del curs

Cenyint-nos en els camps de la mecànica dels medis continus, la termodinàmica i l'electromagnetisme, es tracta d'analitzar algunes de les interrelacions més fructíferes entre matemàtiques i física. Aquesta tasca ha de propiciar una comprensió més completa tant de les matemàtiques com de la seva aplicabilitat a problemes interessants del món real en els quals tinguin un paper important els coneixements dels dominis considerats.

### Programa

1. **Mecànica clàssica:** Espai de configuracions i espai d'estats. Formulació Lagrangiana i Hamiltoniana de la mecànica de Newton. Lleis de conservació. Teorema de Noether.
2. **Mecànica de medis continus:** Equació de conservació de la massa. Quantitat de moviment i forces que actuen sobre un medi. Principi de Cauchy i equacions del moviment. Fluids incompressibles (possiblement amb viscositat). Teorema de Bernoulli. Teorema de Kelvin (de la circulació). Teorema de Helmholtz (del flux rotacional). Relació constitutiva per a fluids newtonians. Equacions de Navier-Stokes.
3. **Nocions de termodinàmica.** Primera llei de la termodinàmica (conservació de l'energia). Entropia. Segona llei de la termodinàmica. Introducció a la mecànica estadística.
4. **Camps electromagnètics:** Càrregues, corrents i equació de continuïtat de la càrrega. Camps electrostàtics. Teoria del potencial. Camps magnetostàtics. Materials magnètics. Inducció electromagnètica. Equacions de Maxwell. Ones electromagnètiques en el buit. Energia d'un camp electromagnètic. Fenòmens elèctrics i magnètics en medis materials. El grup de Lorentz. Formulació relativista del camp electromagnètic. Potencial electromagnètic. Aspectes quàntics del camp electromagnètic.

### Coneixements previs necessaris

Anàlisi Real, Geometria Diferencial 1.

### Avaluació

Hi haurà un examen parcial, avaluat sobre 3 punts, i un examen final global, avaluat sobre 5 punts, i es podran obtenir fins a 2 punts amb activitats complementàries que estiguin definides en relació amb aspectes pràctics de la matèria.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Acheson, D.J.: *Elementary Fluid Dynamics*. Ed. Clarendon, 1992.
- Gasiorowicz, S.: *Quantum physics*. Wiley & Sons, 1996.
- Goldstein, H.: *Mecànica clàssica*. Reverté, 1994.
- Lorrain, P.; Corson, D.: *Campos y ondas electromagnéticos*. Madrid: Ed. Selecciones Científicas, 1990.
- Zemansky, M.W.; Dittman, R.H.: *Calor y termodinámica*. McGraw-Hill.

#### Referències complementàries:

- Abraham, R.; Marsden, J.E.; Ratiu, T.: *Manifolds, tensor analysis, and applications* (second edition). Ed. Springer-Verlag, 1988.
- Abraham, R.; Marsden, J.E.: *Foundations of mechanics*. Benjamin-Cummings.
- Akhiezer, A.; Akhiezer, I.: *Électromagnétisme et ondes électromagnétiques*. Ed. Mir, 1988.
- Aris, R.: *Vectors, tensors, and the basic equations of fluid mechanics*. Ed. Dover, 1989.
- Bowley, R.; Sánchez, M.: *Introductory statistical mechanics*. Oxford Science Publications, 1996.
- Felter, A.L.; Walecka, J.A.: *Theoretical mechanics of particles and continua*. McGraw-Hill, 1980.
- Feynman, R.; Leighton, R.; Sands, M.: *Lectures on Physics* (1. Mainly mechanics, radiation and heat; 2. Mainly electromagnetism and matter; 3. Quantum mechanics). Ed. Addison-Wesley, 1964.
- Girbau, J.: *Geometria diferencial i relativitat*. Manuals de la Universitat Autònoma de Barcelona 10, Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 1993.
- Gurtin, Y.E.: *An introduction to continuum mechanics*. Academic Press, 1993.
- Grant, I.S.; Phillips, W.R.: *Electromagnetism*. Ed. Wiley and Sons, 1990.
- Marsden, J.E.; Hughes, T.J.R.: *Mathematical foundations of elasticity*. Prentice-Hall, 1983.
- Meyer, R.E.: *Introduction to mathematical fluid dynamics*. Ed. Dover, 1982.
- Rañada, A.: *Dinámica clásica*. AU Textos, 1990.
- White, F.M.: *Mecánica de fluidos*. Ed. McGraw-Hill, 1988.
- Woodhouse, N.M.J.: *Introducción a la mecánica analítica*. AU Textos.

**4T CURS - 1R QUADRIMESTRE**

---

# ÀLGEBRA ABSTRACTA

**CODI:** 10022

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Anna Rio Doval

**Altres professors:** Joan Carles Lario Loyo

## Objectius del curs

En aquesta assignatura es pretén que l'estudiant es familiaritzi amb les estructures bàsiques de l'Àlgebra. El curs comença amb l'estudi dels grups, que tindran un paper destacat a tota la resta del curs, els anells i els mòduls. A continuació, hi ha el tema central del curs: les equacions polinòmiques en una variable i la Teoria de Galois.

## Programa

### 1. Grups:

Conceptes bàsics. Subgrups normals. Teoremes d'isomorfisme.

Grups simètric i alternat.

Grups simples. Simplicitat de l'alternat. Grups resolubles. Teorema de Jordan-Hölder.

Grups que operen en un conjunt. Accions per translació i conjugació. Representacions de permutació.

p-grups. Teoremes de Sylow. Aplicacions.

### 2. Anells i mòduls:

Divisibilitat. Anells factorial, principals, euclidians.

Polinomis sobre anells factorial.

Polinomis simètrics. Teorema fonamental. Discriminant i resultant.

Mòduls i aplicacions lineals. Mòduls lliures.

Mòduls finitament generats sobre anells principals. Aplicacions a la classificació dels grups abelians finits i a la classificació d'endomorfismes.

### 3. Extensions de cossos i Teoria de Galois:

Extensions finites i algebraiques. Adjunció d'elements. Teorema de l'element primitiu.

Cos de descomposició. Clausura algebraica. Extensió d'immersions.

Extensions normals.

Separabilitat.

Grup de Galois. Teorema Fonamental de la Teoria de Galois.

Arrels de la unitat. Extensions ciclotòmiques. Extensions cíclics.

Equacions resolubles per radicals. Resolució per graus 2, 3 i 4. No resolubilitat de l'equació general de grau  $\geq 5$ .

Aplicacions: Construccions amb regle i compàs, els tres problemes clàssics. Constructibilitat de polígons regulars.

Grup de Galois d'un polinomi. Resolvents. Càlculs explícits.

Extensions de Galois infinites. Topologia de Krull. Teorema fonamental.

## Coneixements previs necessaris

Els corresponents al primer cicle de la Llicenciatura de Matemàtiques.

## Avaluació

L'avaluació consistirà en un examen parcial no al·ligeratori (20%), la participació en les classes de problemes (10%) i un examen final (70%).

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Fenrick, M. H.: *Introduction to the Galois correspondence*. Birkhäuser: Boston, 1992.
- Rotman, J. An introduction to the theory of groups. 4th. ed., Springer-Verlag: New York, 1994.
- Rotman, J. Galois Theory. Springer-Verlag: New York, 1990.
- Stewart, I.: *Galois Theory*. 2nd. Edition. Ed. Chapman and Hall: London, 1989.
- Xambó, S.; Delgado, F.; Fuertes, C.: *Introducción al Álgebra*. (2 vols.), Ed. Complutense: Madrid, 1993-94.

### Referències complementàries:

- Artin, E.: *Galois Theory*. Ed. Notre Dame, 1966. Versió castellana: Ed. Vicens-Vives, 1970.
- Adkins, W.A.; Weintraub, S.H.: *Algebra: An Approach via Module Theory*. Ed. Springer-Verlag, 1992.
- Birkhoff G.; MacLane, S.: *Algebra*. 2nd Edition. Ed. Macmillan, 1979.
- Bourbaki, N.: *Algebra, Chapters 1-3 i Algebra, Chapters 4-7*. Ed. Springer-Verlag, 1989-90.
- Cohn, P.M.: *Algebra*. (3 vols.). Ed. John Wiley & Sons, 1982-91.
- Edwards, H.: *Galois Theory*. Springer-Verlag, 1989.
- Garling, D.J.H. *A course in Galois Theory*. Cambridge University Press: Cambridge, 1986.
- Hungerford, T.W.: *Algebra*. Ed. Springer-Verlag, 1974.
- Lang, S.: *Algebra*, 3rd. ed., Addison-Wesley, 1993.
- O'Meara, O.T.: *Introduction to Quadratic Forms*. Ed. Springer-Verlag, 1971.
- Waerden, B.L. van der: *Algebra*. (2 vols.), Ed. Springer-Verlag, 1991.

## ANÀLISI COMPLEXA

---

**CODI:** 10023

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Pere Pascual Gainza

**Altres professors:** Albert Compta Creus

### Objectius del curs

L'objectiu d'aquesta assignatura és donar a l'estudiant les nocions bàsiques de les funcions d'una variable complexa. El primer resultat important del curs serà el teorema de Cauchy local, del qual es poden extreure moltes propietats de les funcions holomorfes. Posteriorment es pretén que l'alumne es familiaritzi amb la utilització del teorema dels residus i amb les seves aplicacions a la integració de funcions d'una variable i la sumació de sèries. L'última part estarà dedicada a l'estudi de les representacions conformes i a veure les relacions que hi ha entre les funcions holomorfes i les funcions harmòniques.

### Programa

1. **Funcions holomorfes:** Funcions de variable complexa. Derivació. Condicions de Cauchy-Riemann. Sèries de potències. Comportament a la frontera del disc de convergència. Funcions transcendents elementals. Determinacions holomorfes del logaritme.
2. **Teoria local de Cauchy:** Integral de línia. Càlcul d'integrals per primitives. Teorema de Cauchy local. Fórmula integral de Cauchy. Zeros de funcions analítiques. Principi de prolongació. Propietat de la mitjana i altres conseqüències.
3. **Teorema de Cauchy:** Cadenes i cicles. Índex d'una corba respecte a un punt. Teorema de Cauchy global. Homologia. Independència de la integral respecte de corbes homòlogues. Existència de primitives i determinació del logaritme en oberts simplement connexos. Principi de l'argument. Teorema de Rouché.
4. **Funcions meromorfes:** Singularitats. Desenvolupament en sèries de Laurent. Càlcul de residus. Teorema dels residus. Càlcul d'integrals. Sumació de sèries.
5. **Convergència i aproximació de funcions analítiques:** Teorema de Weierstrass i de Hurwitz. Famílies normals de funcions holomorfes. Aproximació per funcions racionals. Teorema de Runge.
6. **Representació conforme:** Transformacions conformes. Teorema de Schwarz. Automorfismes del disc. Transformacions de Möbius. Teorema de Riemann. Principi de reflexió de Schwarz. Fórmules de Schwarz-Christoffel.
7. **Funcions harmòniques:** Funcions harmòniques. Nucli de Poisson. Resolució del problema de Dirichlet al disc. Funció harmònica conjugada.

### Avaluació

Hi haurà una nota de una prova parcial i una altra d'un examen final.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Ahlfors, L.V.: *Complex Analysis*. McGraw-Hill, 1979, 3a. Edició.
- Conway, J.B.: *Functions of One Complex Variable*. Springer-Verlag, 1978.
- Derrick, W.R.: *Variable compleja con aplicaciones*. Grupo Editorial Iberoamericano, México, 1987.
- Narasimhan, R.: *Complex Analysis in one Variable*. Birkhäuser, 1985.
- Rudin, W.: *Análisis Real y Complejo*. McGraw-Hill, 1987.

#### Referències complementàries:

- Ash, R.B.: *Complex variables*. Academic Press, 1971.
- Bak, J.; Newman, D.J.: *Complex Analysis*. Undergraduate texts in Maths, Springer-Verlag, 1982.
- Beardon, A.F.: *Complex Analysis*. John Wiley and Sons, 1979.
- Berenstien, C.A.; Gay, R.: *Complex variables*. Springer-Verlag, 1991.
- Boas, R.P.: *Invitation to Complex analysis*. Random house, 1987.
- Burckel, R.B.: *An introduction to classical Complex Analysis*. Vol. 1. Academic Press, 1979.
- Fisher, S.D.: *Complex variables*. Brooks/Cole, 1986.
- Lang, S.: *Complex Analysis*. Springer-Verlag, 1988, 2a. Edició.
- Palka, B.P.: *An Introduction to Complex Function Theory*. Springer-Verlag, 1991.
- Priestley, H.A.: *Introduction to Complex Analysis*. Clarendon Press, Oxford, 1990.
- Saks, S.; Zygmund, A.: *Analytic functions*. Third edition. Elsevier Pub. Company, 1971.

**4T CURS - 2N QUADRIMESTRE**

---



## ANÀLISI FUNCIONAL

---

**CODI:** 10026

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Joan Solà-Morales Rubió

**Altres Professors:** Neus Cònsul Porras

### Objectius del curs

En aquesta assignatura es donen els resultats bàsics de l'Anàlisi Funcional Lineal i s'introdueixen algunes de les seves aplicacions.

Aquesta part de la Matemàtica estudia espais vectorials topològics (de dimensió infinita) i aplicacions lineals contínues (operadors) entre ells. A causa de la seva importància en les aplicacions, l'atenció se centra molt en els espais de Banach i de Hilbert. També pensant en les aplicacions, s'estudien alguns espais de funcions importants i operadors diferencials i integrals entre ells. Igualment s'estudien espais de distribucions.

### Programa

1. **Teoremes Clàssics:** Teoremes de Hahn-Banach, de Banach-Steinhaus, de l'aplicació oberta i de la gràfica tancada. Suplementaris topològics. Relacions d'ortogonalitat. Adjunts.
2. **Espais Lp:** Definicions i propietats. Reflexivitat. Separabilitat. Duals.
3. **Espais de Hilbert:** Repàs de definicions i propietats elementals. Dualitat. Teorema de Lax-Milgram. Sumes hilbertianes.
4. **Operadors Compactes i Operadors Compactes Autoadjunts:** Teoria de Riesz-Fredholm. Espectre. Descomposició espectral d'un operador compacte autoadjunt.
5. **Espais de Sobolev i problemes de contorn en dimensió u:** Definicions. Valors als extrems. Exemples. Principi del màxim. Funcions pròpies i descomposició espectral.
6. **Distribucions:** L'espai de les funcions de test. L'espai de les distribucions. Diferenciació de distribucions. Suport. Operacions elementals en distribucions. Exemples.

### Coneixements previs necessaris

Topologia, Anàlisi Real.

### Avaluació

Hi haurà una qualificació provinent de les classes de problemes, proves parcials i un examen final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Brézis, H.: *Análisis Funcional*. Alianza Editorial: Madrid, 1984.
- Lang, S.: *Real and Functional Analysis*. Ed. Springer-Verlag: New York, 1993.
- Rudin, W.: *Functional Analysis*. McGraw-Hill: New York, 1991.
- Schwartz, L.: *Théorie des Distributions*. Ed. Hermann: Paris, 1978.
- Triebel, H.: *Higher Analysis*. Ed. Johann Ambrosius Barth. Leipzig, 1992.

### Referències complementàries:

- Adams, R.: *Sobolev Spaces*. Ed. Academic Press: New York, 1978.
- Bachman, G.; L. Narici: *Análisis Funcional*. Ed. Tecnos: Madrid, 1981.
- Dautray, R.; J.-L. Lions: *Mathematical Analysis and Numerical Methods for Science and Technology* (vol. 2). Ed. Springer-Verlag: Berlin, 1988.
- El Kacimi, A.: *Introducción al Análisis Funcional*. Ed. Reverté: Barcelona, 1994.
- Kato, T.: *Perturbation Theory for Linear Operators*. Ed. Springer-Verlag: New York, 1995.
- Kolmogorov, A.N. i S.V. Fomin: *Introductory Real Analysis*. Dover: New York, 1975.
- Reed, M.; B. Simon: *Methods of Modern Mathematical Physics* (vol. 1). Ed. Academic Press: San Diego, 1975.
- Riesz, F.; Sz.-Nagy, B.: *Functional Analysis*. Dover: New York, 1990.
- Schechter, M.: *Principles of Functional Analysis*. Academic Press: New York, 1971.
- Yosida, K.: *Functional Analysis*. Ed. Springer-Verlag, 1995.

## TOPOLOGIA ALGEBRAICA

---

**CODI:** 10027

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Pere Pascual Gainza

**Altres professors:** Agustí Roig Martí

### Objectius del curs

L'objectiu principal del curs és fer una introducció a la topologia algebraica. Generalment, el primer contacte amb la Topologia Algebraica presenta algunes dificultats a causa de la varietat de les noves tècniques que cal introduir (e.g. referents a l'Àlgebra Homològica). En aquest curs presentem aquestes tècniques en funció dels problemes geomètrics que es vulguin resoldre, i emfatitzem així el desenvolupament històric de les idees presentades.

Entre les aplicacions a  $\mathbb{R}^n$  estudiarem, per exemple, el teorema de punt fix de Brower, el grau d'una aplicació entre esferes de la mateixa dimensió i les seves aplicacions, o el teorema de separació de Jordan-Brower. Acabarem el curs amb el teorema de classificació de superfícies compactes i connexes.

### Programa

1. **Poliedres i homologia simplicial:** Simplexs i poliedres. Poliedres abstractes, realització geomètrica. Aplicacions simplicials. Cadenes simplicials. Grups d'homologia d'un complex simplicial. Exemples.
2. **Introducció a l'àlgebra homològica:** Complexos de cadenes. Grups d'homologia. Morfismes de complexos i morfismes induïts en homologia. Homotopia de complexos. Successions exactes.
3. **Homologia simplicial II:** Homologia d'un n-símplex. Homologia relativa: homologia de les esferes. Aplicacions. Successió exacta de Mayer-Vietoris, aplicacions i exemples.
4. **Homologia singular:** Símplex ordinari. Cadenes singulars d'un espai topològic: el complex singular. Homologia singular.  $H_0$  i arc-connexió.  $H_1$  i el grup fonamental. Invariància topològica de l'homologia singular. Característica d'Euler.
5. **Successions exactes d'homologia:** El teorema de les cadenes petites. Teorema d'excisió. Successió exacta d'una parella. Successió de Mayer-Vietoris. Exemples i aplicacions, el teorema del punt fix de Brower. Comparació amb l'homologia simplicial.
6. **Aplicacions a  $\mathbb{R}^n$ :** Homologia local: els teoremes d'invariància de la dimensió i de la vora. Homologia relativa. Els teoremes de separació i no separació. Teorema de Jordan-Brower i d'invariància del domini. Orientabilitat de varietats. Grau d'una aplicació entre esferes. Graus locals: el teorema de Bolzano.
7. **Classificació de superfícies:** Varietats topològiques. Triangulació de superfícies compactes. Superfícies orientades i no orientades. Suma connexa de superfícies. Teorema de classificació. Forma canònica d'una superfície compacta. Gènere d'una superfície i característica d'Euler.

### Avaluació

L'avaluació dels coneixements adquirits durant el curs es farà per mitjà d'una prova escrita que contindrà un apartat de qüestions teòriques i un altre de problemes. També es tindrà en compte la participació en les classes de problemes.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Bredon, G.E.: *Topology and Geometry*. Springer-Verlag, New York, 1993.
- Greenberg M.; Harper J.R.: *Algebraic Topology: A first course*. Benjamin/Cummings, Menlo Park, 1981.
- Munkres, J.R.: *Elements of Algebraic Topology*. Addison-Wesley, Reading MA, 1984.
- Rotman, J.: *An Introduction to Algebraic Topology*. Springer-Verlag, New York, 1993.
- Vick, J.: *Homology Theory, An Introduction to Algebraic Topology*. Springer-Verlag, New York, 1994.

#### Referències complementàries:

- Agoston, M.: *Algebraic Topology, A first course*. Marcel Dekker, New York, 1976.
- Bott, R.; Tu, L.: *Differential forms in Algebraic Topology*. Springer-Verlag, New York, 1982.
- Dold, A.: *Lectures on Algebraic Topology*. Springer-Verlag, 1972.
- Lefschetz, S.: *Introduction to Topology*. Princeton U.P., 1971.
- Massey, W.: *Singular homology theory*. Springer, 1980.
- Spanier, E.: *Algebraic Topology*. Springer-Verlag, 1982.
- Whitehead, G.W.: *Elements of Homotopy Theory*. Springer-Verlag, New York 1978.

---

#### 4. PROGRAMES DE LES ASSIGNATURES OPTATIVES

---



**1R QUADRIMESTRE**

---

## ALGORÍSMICA

---

**CODI:** 11875

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Josep Díaz Cort

### Objectius del curs

Fer una introducció al disseny i a l'anàlisi d'algorismes seqüencials, posant èmfasi en la utilització òptima de les estructures dades.

### Programa

1. Introducció
2. Resolució de recurrències
3. Probabilitat: Quicksort Probabilistic
4. Cues de Prioritat. Heapsort
5. Classificació en temps lineal
6. Hashing
7. Arbres de cerca binària
8. Arbres negres-vermells
9. Skip Lists
10. Arbre d'expansió mínima
11. DFS, classificació topològica, BFS
12. Camins mínims en Grafs
13. Introducció a la intractabilitat

### Avaluació

L'avaluació de l'assignatura constarà d'un examen a mig curs (30% de la nota), d'un examen final (40% de la nota) així com de l'entrega de problemes i de la participació a classe (30% de la nota).

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Cormen, T.H.; Leiserson, C.E.; Rivest, R.L.: *Introduction to algorithms*. 1990.
- Garey, M.; Johnson, D.: *Computers and intractability*. Ed. Freeman, 1979
- Gonnet, G.H.; Baeza, R.: *Handbook of algorithms and data structures*. Ed. Addison-Wesley, 1991.
- Graham; Knuth; Patashnik: *Concrete Mathematics*. Ed. Addison-Wesley, 1989.
- Kozen: *Algorithms*. Springer-Verlag, 1992.

### Referències complementàries:

- Aho, A.; Hopcroft, J.; Ullman, J.: *The design and analysis of computer algorithms*. Ed. Addison-Wesley, 1974.

### Altres referències:

- Notes manuscrites.

## AMPLIACIÓ DELS MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA

CODI: 12804

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Miguel C. Muñoz Lecanda

Altres professors: Xavier Gràcia Sabaté i Narciso Román Roy

### Objectius del curs

Basándose en los cursos previos de física y de geometría diferencial que ha recibido el alumno, se hace un estudio detallado de los distintos formalismos de la mecánica analítica.

También se incluye un capítulo sobre simetrías en sistemas mecánicos, y sus invariantes asociados, y otro sobre el sólido rígido.

Los problemas formarán una parte muy importante en este curso, a fin de comprobar la comprensión de las ideas y los formalismos estudiados y aplicarlos a casos concretos.

### Programa

1. Mecánica de Newton.
2. Mecánica de Lagrange. Cálculo variacional. Formalismo lagrangiano. Ecuaciones de Euler - Lagrange.
3. Formalismo de Hamilton. Variedades simplécticas. Transformación de Legendre. Ecuaciones de Hamilton.
4. Simetrías. Simetrías en el formalismo lagrangiano. Simetrías en el formalismo hamiltoniano. Teorema de Noether.
5. El sólido rígido. Tensor de inercia. El grupo  $SO(3)$ . Ecuaciones de Euler.

### Coneixements previs necessaris

Física General. Geometría Diferencial 1 y Geometría Diferencial 2.

### Avaluació

Habrà un examen final de la assignatura y notas de las clases de problemas, de los trabajos realizados y de las pruebas parciales que se hagan.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Arnold, V.I.: *Mathematical methods of classical mechanics*. Springer-Verlag, Berlin, 1989.
- Landau, L., Lifchitz, E.: *Curso de física mecánica. Volum 1: Mecánica*. Ed. Reverté, Barcelona, 1972.
- Scheck, F.: *Mechanics: from Newton's Laws to determinate chaos*. Springer-Verlag, Berlin, 1990.
- Whittaker, E.T.: *A treatise on the analytical dynamics of particles and rigid bodies*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1961.
- Woodhouse, N.M.J.: *Introducción a la mecánica analítica*. Alianza Editorial, Madrid, 1990.

#### Referències complementàries:

- Abraham, R., Marsden, J.E.: *Foundations of mechanics*. Addison-Wesley Pub. Co. Reading, Mass., 1978.
- Boothby, W.: *An introduction to differentiable manifolds and differential geometry*. Academic Press, New York, 1975
- Curtis, W.D., Miller, F.R.: *Differential manifolds and theoretical physics*. Academic Press. New York, 1985.
- Goldstein, H.: *Classical mechanics*. Addison Wesley, Reading, Mass., 1980.
- Libermann P., Marle, Ch.M.: *Symplectic geometry and analytical mechanics*. Reidel Pub. Co. Dordrecht, 1987.
- Marsden, J.E.: *Lectures in mechanics*. Cambridge Univ. Press., Cambridge, 1992.
- Marsden, J.E., Ratiu, T.S.: *Symmetry in mechanics*. Springer-Verlag, Berlin, 1995.
- Spivak, M.: *Differential geometry*. Vol. I. Publish or Perish Inc., Berkeley, 1979.
- Warner, F.: *Foundations of differentiable manifolds and Lie groups*. Springer-Verlag, New York, 1983.

## ANÀLISI NUMÈRICA

CODI: 11877

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Josep Sarrate Ramos

Altres professors: Antonio Huerta Cerezuela

### Objectius del curs

Introduir els fonaments de la resolució numèrica d'equacions en derivades parcials pel mètode de diferències finites per als models matemàtics clàssics de la física. Això permetrà estudiar amb rigor els temes inherents als mètodes en diferències i, a més, aprofundir des d'una perspectiva global en temes específics d'anàlisi numèrica: interpolació, mètodes iteratius per sistemes lineals, autovalors, etc. A més, es proporcionarà una sòlida base per a l'anàlisi numèrica d'esquemes en diferències per a la resolució de problemes no purament acadèmics. Per això s'insistirà fonamentalment en les equacions parabòliques i el·líptiques.

### Programa

- 1. Introducció i conceptes generals:** Plantejament del problema: EDPs Lineals de 2n Ordre. Classificació dels problemes, aspectes fonamentals per a la seva resolució numèrica. Condicions de contorn. Operadors en diferències: definicions, propietats, aplicacions. Anàlisi de convergència, estabilitat i consistència.
- 2. Solució numèrica d'equacions parabòliques:** Problema unidimensional amb coeficients constants. Sistemes d'equacions diferencials. Equacions amb coeficients no constants. Problema multidimensional, condicions de contorn. Equacions no lineals. Recapitulació i recomanacions.
- 3. Solució numèrica d'equacions el·líptiques:** Plantejament de les equacions. Mètodes iteratius: mètodes clàssics, mètodes específics, acceleracions de convergència, acotacions analítiques de coeficients òptims, mètodes iteratius per a matrius no simètriques i no definides positives. Problemes de valors propis.
- 4. Solució numèrica d'equacions hiperbòliques:** Mètode de les característiques. Mètode explícit. Mètodes implícits. Condicions de contorn per a dominis infinits. Mètodes específics per a equacions de primer ordre, concepte de ponderació a contracorrent.

### Avaluació

La nota final estarà determinada pels exàmens, els treballs del curs i les pràctiques.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Ames, W. F.: *Numerical Solution of Partial Differential Equations*, (Second Edition). Ed. Academic Press, Orlando, Florida, 1977.
- Hoffman, J.D.: *Numerical Methods for Engineers and Scientists*. Ed. McGraw-Hill, Nova York, 1992.
- Legras, J.: *Méthodes et Techniques de l'Analyse Numérique*. Ed. Dunod, Paris, 1971.
- Mitchell, A. R.; Griffiths, D.F.: *The finite Difference Method in Partial Differential Equations*. Ed. John Wiley & Sons, Nova York, 1985.
- Richtmyer, R.D.; Morton, K.W.: *Difference Methods for Initial-Value Problems*. Ed. Interscience Publishers. Nova York, 1967 (2a ed.).

### Referències complementàries:

- Briggs, W.L.: *A Multigrid Tutorial*. Ed. SIAM, Philadelphia, 1988.
- Golub G.H.; Van Loan, C.F.: *Matrix Computations*. Ed. The John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1989.
- Hageman, L. A.; Young, D.M.: *Applied Iterative Methods*. Ed. Academic Press, Nueva York, 1981.
- Marchuk, G.I.; Shaidurov, V.V.: *Difference Methods and Their Extrapolations*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1983.
- Mitchell, T.M.: *Computational Methods in Partial Differential Equations*. Ed. John Wiley & Sons, Nova York, 1969.
- Press, W.H.; Flannery, B.P.; Teukolsky, S.A.; Vetterling, W.T.: *Numerical Recipes. The Art of Scientific Computing*. Ed. University Press, Cambridge, 1989.
- Stoer, J.; Burlisch, R.: *Introduction to Numerical Analysis*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1993.

## COMBINATÒRIA

---

CODI: 11867

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Oriol Serra Albó

Altres professors: Marc Noy Serrano

### Objectius del curs

El curs vol cobrir dos aspectes bàsics de la combinatòria: tècniques d'enumeració i estudi d'estructures combinatòries. Pel que fa al primer, es tracta tant d'adquirir maduresa en l'ús de tècniques d'enumeració com de conèixer algunes de les famílies clàssiques de nombres combinatoris. Pel que fa al segon, es tractaran aspectes combinatoris relatius a conjunts parcialment ordenats, geometries finites, dissenys combinatoris i quadrats llatins.

### Programa

1. **Combinatòria enumerativa bàsica:** Combinacions i Permutacions. Coeficients binomials i multinomials. Particions de conjunts. Particions d'enters. Principi d'inclusió-exclusió. Nombres de Stirling, de Bell, de Catalan. Desarranjaments. Teorema de Ramsey.
2. **Equacions de recurrència i funcions generadores:** Equacions de recurrència lineals. Funcions generadores ordinàries i exponencials. Anàlisi asimptòtica.
3. **Conjunts parcialment ordenats:** Teorema de Dilworth. Lema de Sperner. Teorema d'Erdős-Ko-Rado. Teorema de Kruskal-Katona.
4. **Geometries finites:** Espais lineals. Teorema de Bruijn-Erdős. Plans projectius. Teorema de Bruck-Ryser. Coeficients de Gauss. Geometries parcials. Quadrangles i exàgons generalitzats.
5. **Dissenys combinatoris:** Propietats bàsiques. Disseny quadrats. Teorema de Bruck-Ryser-Chowla. Disseny de Hadamard. Sistemes de Steiner. Conjunts de diferències. Teorema de Singer.
6. **Quadrats Llatins:** Permanents. Enumeració de quadrats llatins. Quadrats llatins ortogonals. Teorema de Mac Neish. Conjectura d'Euler.

### Coneixements previs necessaris

Càlcul 1, Àlgebra, Teoria de Grafs.

### Avaluació

Es farà una prova a meitat de curs i un examen final. Es consideraran valoracions complementàries per mitjà d'activitats relacionades amb les pràctiques.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Biggs, N.L.: *Matemàtica discreta*. Ed. Vicens Vives, 1994.
- Cameron, P.: *Combinatorics*, Cambridge University Press, 1994.
- Hall, M.: *Combinatorial Theory*. Ed. John Wiley and sons, 1986.
- Lint, J.H. van; Wilson, R.M.: *A Course in Combinatorics*. Ed. Cambridge University Press, 1992.
- Roberts, F.S.: *Applied Combinatorics*. Ed. Prentice-Hall, 1984.

### Referències complementàries:

- Anderson, I.: *Introducció a la combinatòria*. Ed. Vicens Vives, 1993.
- Anderson, I.: *Combinatorial Designs: Construction Methods*. Halsted Press, NY, 1990.
- Bannai, E.; Ito, T.: *Algebraic Combinatorics*. The Benjamin Cummings, 1984.
- Berge, C.: *Hypergraphs, Combinatorics of Finite Sets*. North Holland, 1989.
- Bollobas, B.: *Combinatorics, Set systems, Hypergraphs, Families of Vectors and Combinatorial Probability*. Cambridge University Press, 1985.
- Comellas, F.; Fàbrega, J.; Sánchez, A.; Serra, O.: *Matemàtica discreta*. Edicions UPC 1994.
- Dembowski, P.: *Finite Geometries*. Springer Verlag, 1968.
- Erdos, P.; Spencer, J.: *Probabilistic Methods in Combinatorics*. Academic Press 1974.
- Godsil, C.D.: *Algebraic Combinatorics*, Chapman and Hall, 1993.
- Graham, R.L.; Knuth, D.E.; Patashnik, O.: *Concrete Mathematics a Foundation for Computer Science*. Ed. Addison Wesley, 1991.
- Hugues, D.R.; Piper, F.C.: *Design Theory*, Cambridge University Press, 1985.
- Lovasz, L.: *Combinatorial Problems and Exercises*, North Holland, 1993 (2a. edició)
- Lovasz, L.; Graham, R.L.; Grötschel, M.: *Handbook of Combinatorics*. Ed. North-Holland, 1995.
- Oxley, J.: *Matroid Theory*. Oxford University Press, 1992.
- Riordan, J.: *An Introduction to Combinatorial Analysis*. Ed. Princeton University Press, 1980.
- Stanton, D.; White, D.: *Constructive Combinatorics*. Ed. Springer-Verlag, 1986.
- Trotter, W.T.: *Combinatorics and Partially Ordered Sets*. John Hopkins University Press, 1992.
- Wilf, H.: *Generating Functionology*. Ed. Academic Press, 1990.



## DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA

CODI: 11869

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Claudi Alsina Català

Altres professors: Joan Jacas Moral

### Objectius del curs

Ensenyar matemàtiques en qualsevol nivell és una tasca apassionant i difícil. Per fer-ho cal saber matemàtiques i moltes altres coses que permetin descobrir les claus de l'aprenentatge, l'adequació dels continguts, les estratègies i els recursos que cal emprar, etc., i tot allò que envolta la relació humana i emocional que domina l'acció educativa.

L'assignatura vol ser una eina de formació inicial de futur professional i intentarà fer descobrir aspectes essencials d'una professió que es mereix ser cultivada i estimada. L'assignatura combinarà sessions teòriques, pràctiques exemplificadores dels temes, sessions de taller i sessions d'exposició de treballs. Així el curs pressuposa una activa participació dels estudiants.

### Programa

1. **L'ofici d'ensenyar matemàtiques:** Ensenyar matemàtiques avui. Mites que cal superar. Ritus que cal abandonar. Un decàleg per al professorat de matemàtiques.
2. **La tradició d'ensenyar matemàtiques:** Perquè sempre s'han ensenyat matemàtiques?. L'evolució de l'ensenyament de les matemàtiques. L'educació matemàtica espanyola i catalana del segle XX. Evolució dels plans d'estudi. Formes tradicionals. Formes innovadores. L'escola de Julio Rey Pastor. Pere Puig Adam. La matemàtica moderna. Situació actual.
3. **Tendències actuals en l'ensenyament matemàtic:** Les actuals reformes educatives. Canvis de continguts, èmfasis desitjables i reequilibris temàtics. Models docents. Una visió general de diferents situacions al món. Els temes que més preocupen.
4. **Dinàmiques de classe i recursos:** Formes alternatives de fer docència. El llibre de text. Recursos audiovisuals. Recursos computacionals. Material. El laboratori-taller de matemàtiques. Visites i activitats externes. Els clubs matemàtics.
5. **Matemàtiques i raonament:** Formes de raonament. Raonament inductiu. Raonament plausible. Raonament proporcional. Raonament espacial. Raonament deductiu. Conjectures i contra-exemples. Validesa dels raonaments. Les demostracions a classe de matemàtiques. Visualització.
6. **Les dificultats en l'aprenentatge de les matemàtiques:** Actituds negatives. Dificultats relatives a l'organització escolar. Dificultats derivades de la metodologia. Dificultats associades al currículum. Dificultats d'aprenentatge inherents a l'assignatura. Els llenguatges i les matemàtiques. Tractament de la diversitat a classe.
7. **L'ensenyament de les matemàtiques i la resolució de problemes:** La resolució de problemes com a motor de l'ensenyament. Què és resoldre un problema?. Tipologies de problemes. Estratègies de resolució. Aspectes tècnics. Aspectes emocionals. Problemes i realitat. Problemes i recreació. Olimpíades matemàtiques. Taller de problemes.
8. **Matemàtiques, realitat i eixos transversals:** Connexions matemàtiques. Matemàtiques i realitat. Modelització. Matemàtiques i ... salut, medi ambient, economia, consum ... Matemàtiques i democràcia. Matemàtiques i coeducació.
9. **Ensenyar: nombres:** Nombres naturals. Operacions. Inducció i recurrència. Comptes. Nombres enters. Nombres racionals. Tants per cent. Proporcionalitat. Nombres reals: aproximacions alternatives. Nombres amb història.
- 10 **Ensenyar: àlgebra i matemàtica discreta:** Models algebraics. Variables. Equacions i inequacions. Representacions gràfiques. Estructures algebraiques rellevants. Els sistemes

axiomàtics. Estructures discrete; grafs, matrius, successions. Algorismes.

- 11 **Ensenyar: geometria:** Geometria i realitat. Taller de geometria. Temes mètrics. Geometria sintètica. Geometria analítica. Transformacions. Pla i espai.
- 12 **Ensenyar: funcions:** Fenòmens i funcions. Taules. Aproximació qualitativa a les funcions. Aproximació quantitativa. Gràfiques. Corbes. Funcions polinòmiques. Trigonometria bàsica. Problemes trigonomètrics. Raon i funcions. Funció exponencial. Funció logarítmica.
- 13 **Ensenyar: estadística i probabilitat:** Fonaments d'estadística. Dades. Representació i anàlisi de dades. Conceptes clau de l'ofici estadístic. Les estadístiques a Catalunya. Fenòmens aleatoris i d'atzar. Models no deterministes. Probabilitats. Variables. Lleis. tractaments gràfics. Simulació.
- 14 **Calculadores i ordinadors:** Tecnologies al servei de l'aprenentatge. Calculadores numèriques, gràfiques i simbòliques. Usos estratègics. Maquinari i programari: usos interessants. Matemàtiques i Internet.
- 15 **Avaluació:** Objectius de l'avaluació. Tipus d'avaluacions. Perversitats avaluadores. Estratègies d'avaluació. Noves tendències en els processos d'avaluació.
- 16 **Els currículums actuals de matemàtiques:** Principis generals. Objectius generals. Continguts. Procediments. Fets, conceptes i sistemes conceptuals. Actituds, valors i normes. Objectius terminals. Graus de concreció. El currículum a primària. El currículum a la secundària obligatòria. El currículum al Batxillerat. Els currícula universitaris.

### Coneixements previs necessaris

Una bona base de coneixements matemàtics en relació amb el nivell en el qual es desitgi exercir una tasca d'ensenyament.

### Avaluació

L'avaluació serà continuada i inclouà els següents elements:

- a) assistència i participació activa a les classes.
- b) lectura prèvia a les classes de documents de reflexió.
- c) elaboració d'uns apunts-dossier del curs amb aportacions personals.
- d) preparació d'un treball sobre un tema concret que s'exposarà oralment i es lliurarà posteriorment ben desenvolupat (material per a professorat, material per a l'alumne i avaluació). El tema serà assignat principis del curs d'acord amb les preferències personals i les indicacions del professor responsable.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Alsina, C. et al.: *Ensenyar matemàtiques, Serveis Pedagògics*, Ed. Graó, Barcelona, 1995.
- Departament d'Ensenyament: *Documents per a la reforma educativa en l'àrea de Matemàtiques*, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 1985-1994.
- Gutiérrez, A. et al.: *Àrea de Conocimiento de Didáctica de la Matemática*. En Matemáticas: Cultura y Aprendizaje, Ed. Síntesis, Madrid, 1991.
- ICMI: *Las Matemáticas en primaria y secundaria en la década de los 90*, Ed. Mestral, 1987.
- Krantz, S.G.: *How to teach mathematics, a personal perspective*, Ed. AMS, 1993.

#### Referències complementàries:

- *Matemáticas: Cultura y Aprendizaje*: 34 volums monogràfics. Ed. Síntesis, Madrid, 1990.

#### Altres referències:

- Alsina, C.: *Didáctica de la Matemática*. Dossier, UPC, Barcelona, 1995.

## GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL

**CODI:** 11870

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor:** Ferran Hurtado Díaz

### Objectius del curs

L'objectiu genèric d'aquesta assignatura consisteix en l'estudi dels problemes geomètrics des del punt de vista de la computació. El *disseny i l'anàlisi d'algorismes geomètrics eficients* constitueix el nucli i la part prioritària del curs. Es presenten també elements de Geometria Discreta i Combinatòria fortament imbricats amb aquesta activitat, on es mostra com l'estructura combinatòria d'un problema geomètric sovint decideix quin mètode algorímic resol el problema amb la màxima eficiència, a més de possibilitar l'anàlisi acurada dels algorismes.

Es posarà un interès especial perquè els alumnes copsin com l'emergència de molts problemes de la Geometria Computacional es deu a l'expansió accelerada, en exigències i en desenvolupament, del processament d'informació geomètrica i gràfica, present en àrees tan diverses com ara la medicina, el control de robots o el disseny artístic. La necessitat de donar resposta a aquesta nova i creixent demanda és el que va impulsar la formació d'un suport teòric adequat que encara no existia.

Com que els vessants pràctics de la matèria corresponen a tecnologia de màxima avantguarda, la demanda de resultats continua amb la mateixa força i exigència que al principi. Coherentment amb aquest fet, durant el curs es procurarà mantenir sempre en el punt de mira les principals aplicacions de la disciplina: la Informàtica Gràfica, el Disseny i la Fabricació Assistits per Ordinador (CAD/CAM), la Caracterització i el Reconeixement Automàtic de Formes (*Pattern Recognition*), el Disseny VLSI, la Visió Artificial, la Cartografia i la Robòtica.

### Programa

1. Models de computació. Construccions amb primitives restringides.
2. Forma dels objectes geomètrics. Descripció. Simplificació.
3. Arranjaments d'hiperplans. Dualitat.
4. Problemes de proximitat.
5. Subdivisions de l'espai. Localització.
6. Intersecció d'objectes geomètrics.
7. Problemes de visibilitat.

### Coneixements previs necessaris

Geometria, Algorísmica, Combinatòria i Teoria de Grafs.

### Avaluació

La qualificació s'articularà al voltant de quatre elements: lectura i exposició d'algorismes, lliurament de problemes, pràctiques de programació (n'hi haurà alguna, però no de forma regular) i alguna prova escrita.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Edelsbrunner, H.: *Algorithms in Combinatorial Geometry*. Ed. Springer-Verlag, 1987.
- Mehlhorn, K.: *Data Structures and Algorithms: Multidimensional Searching and Computational Geometry*, Vol. 3. Ed. Springer-Verlag, 1984.
- O'Rourke, J.: *Art Gallery Theorems and Algorithms*. Ed. Oxford University Press, 1987.
- O'Rourke, J.: *Computational Geometry in C*. Ed. Cambridge University Press, 1994.
- Preparata, F.P. i Shamos, M.I.: *Computational Geometry. An Introduction*. Ed. Springer-Verlag, 1985.

#### Referències complementàries:

- Akl, S. i Lyons, K.: *Parallel Computational Geometry*. Ed. Prentice Hall, 1993.
- Boissonnat, J.; Yvinec, M.: *Géométrie Algorithmique*. Ediscience International, 1995.
- Brönsted, A.: *An Introduction to Convex Polytopes*. Ed. Springer-Verlag, 1983.
- Chvatal, V.: *Linear Programming*. Ed. Freeman and Company, 1983.
- Cormen, T.; Leiserson, C.E. i Rivest, R.L.: *Introduction to Algorithms*. MIT Press, 1990.
- Ding-Zhu Du, Hwang, Frank: *Computing in Euclidean Geometry*. World Scientific, 1995.
- Gruber, P. M. i Wills, J. M.: *Handbook of Convex Geometry*. 2 volums. Ed. North-Holland, 1993.
- Hoffmann, C.M.: *Solid and Geometric Modelling: an Introduction*. Ed. Morgan Kaufmann Publishers, 1989.
- Klein, R.: *Concrete and Abstract Voronoi Diagrams*. Ed. Springer-Verlag, 1989.
- Mulmuley, K.: *Computational Geometry: an Introduction through Randomized Algorithms*. Ed. Prentice Hall, 1993.
- Nievergelt, J. i Hinrichs, K.: *Algorithms & Data Structures with applications to graphics and geometry*. Ed. Prentice-Hall, 1993.
- Okabe, A.; Boots, B. i Sugihara, K.: *Spatial Tessellations. Concepts and Applications of Voronoi Diagrams*. Ed. Wiley & Sons, 1992.
- Pach, J. (Ed.), *New Trends in Discrete and Computational Geometry*. Ed. Springer, 1993.
- Pach, J. i Agarwal, P. K.: *Combinatorial Geometry*. Ed. J. Wiley & Sons, 1994.
- Preparata, F.: *Advances in Computing Research: Computational Geometry*. JAI Press, 1983.
- Schwartz, J.T. i Yap, C.K.: *Algorithmic and Geometric Aspects of Robotics*, Vol. 1. Ed. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1987.
- Sharir, M.; Aggarwal, P.: *Davenport-Schinzle Sequences: Theory and Applications*. Cambridge Univ. Press, 1995.
- Toussaint, G.T. ed., *Computational Geometry*. Ed. North-Holland, 1985.
- Toussaint, G.T. ed., *Computational Morphology*. Ed. North-Holland, 1988.

#### Altres referències:

- Croft, H.T.; Falconer, K.J.; Guy, R.K.: *Unsolved Problems in Geometry*. Ed. Springer, 1991.
- Klee, V.; Wagon, S.: *Old and New Unsolved Problems in Plane Geometry and Number Theory*. Ed. Mathematical Association of America, 1991.

# HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA

CODI: 12802

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Eduard Recasens Gallart

## Objectius del curs

Explorant el passat de les matemàtiques descobrim com han sorgit els conceptes, teoremes, mètodes i axiomàtiques que avui trobem exposats en els textos en una concepció i un ordre no necessàriament històrics. Descobrim també les persones que hi ha darrere els teoremes: la seva època, les seves motivacions, la seva inserció social...

En aquesta assignatura es vol esbrinar quines matemàtiques feien els matemàtics que ens han precedit, quins problemes volien resoldre, d'on sorgien aquests problemes i fins a quin punt els resolgueren. ¿Eren problemes que venien plantejats des de fora de la matemàtica o bé eren interns a ella mateixa? Quina metodologia seguien per resoldre'ls? Què ha quedat de tot allò?

## Programa

### TEORIA

En aquesta part es pretén donar una visió panoràmica de l'evolució de la matemàtica des dels seus inicis fins a la primera meitat del segle XX seguint els següents punts de referència:

1. Les matemàtiques abans dels grecs.
2. El primer període de la matemàtica grega.
3. Euclides, Arquímedes i Apol·loni.
4. Una ullada a l'època medieval.
5. La influència de la geometria grega i de l'àlgebra renaixentista en el naixement de la geometria moderna.
6. La creació del càlcul infinitesimal i la seva evolució: cap a la formulació matemàtica de les lleis de l'univers mecànic.
7. La geometria després de Descartes (segles XVIII i XIX).
8. L'àlgebra i l'anàlisi al llarg del segle XIX.
9. Els començaments del segle XX: noves tendències.

### PRÀCTIQUES

Treballs de temes monogràfics relacionats amb les assignatures de primer cicle i que s'escolliran de comú acord.

## Coneixements previs necessaris

Geometria, Àlgebra Lineal, Càlcul 1, Càlcul 2 i Càlcul 3.

## Avaluació

Valoració dels treballs monogràfics presentats pels alumnes al llarg del curs més una prova de coneixements.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Boyer, C.B.: *Historia de la matematica*, Alianza editorial, Madrid, 1986.
- Gillispie, C.C.: *Dictionary of Scientific Biography*, New York: Charles Scribner's Sons, 1981.
- Katz, Victor J.: *A History of Mathematics*, Harper Collins College Publishers, 1993.
- Kline, M.: *El pensamiento matemático de la antigüedad a nuestros días*, Alianza editorial, Madrid, 1992.
- Struik, J.: *A Source Book in Mathematics*, Princeton University Press, 1986.

### Referències complementàries:

- Crowe Michael, J.: *A History of Vector Analysis*, Dover, New York, 1967.
- Dou, A.: *Leonhard Euler. Método de máximos i mínimos*, Publicaciones de la U.A.B., Ediciones de la U.P.C., 1993.
- Edwards, C.H. Jr.: *The Historical Development of the Calculus*, New York: Springer, 1982.
- Euclid: *The Thirteen Books of Euclid's Elements*, Dover, New York, 1956.
- Goldstine, Herman H.: *A History of Numerical Analysis from the 16th through the 19th Century*, New York, Springer, 1978.
- González Urbaneja, P.M.: *Las raíces del cálculo infinitesimal en el siglo XVII*, Alianza editorial, Madrid, 1982.
- González Urbaneja, P.M.; Vaqué, J.: *Arquímedes. El método relativo a los teoremas mecánicos*, Publicaciones de la U.A.B., Ediciones de la U.P.C., 1993.

### Altres referències:

- Dou, A.: *Fundamentos de la matemática*, Editorial Labor, 1970.
- Gray, J.: *Ideas of Space*, Clarendon Press, Oxford, 1979.
- Heims S., J.: *Von Neumann y Wiener*, Editorial Salvat, Barcelona, 1986.
- Koestler, A.: *The Sleepwalkers*, Penguin Books, 1988.

# LÒGICA I FONAMENTACIÓ

CODI: 11286

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Rafael Farré Cirera  
Altres professors: Raimon Elgueta Montó

## Objectius del curs

En aquest curs s'estudien dues de les eines bàsiques de la lògica (i de les matemàtiques), el concepte de demostració i el de model d'una teoria matemàtica. Aquest darrer concepte permet precisar què significa que una propietat sigui conseqüència d'un conjunt de propietats. El resultat fonamental del curs és el Teorema de Completesa de Gödel, el qual prova precisament que el concepte de demostració introduït és correcte (i.e., a partir d'un conjunt de propietats no es demostra res que no en sigui una conseqüència) i complet (i.e., tot el que és conseqüència d'un conjunt de propietats pot ser demostrat). La formalització de la noció de demostració és la que permet també obtenir un dels resultats més impactants de la matemàtica del segle XX, que imposa una limitació essencial a les matemàtiques actuals: en un sistema axiomàtic no sempre pot demostrar-se que una afirmació és o bé certa o bé falsa. És el Primer Teorema d'Incompletesa de Gödel, el qual s'inclou en aquest curs malgrat que no se'n dona una prova amb tot detall. Finalment s'estudien el Teorema de Herbrand i el mètode de Resolució de Robinson per a la demostració automàtica de teoremes. Aquest últim és el fonament de la Programació Lògica, i del PROLOG, un prototip de llenguatge de programació amb interpretador "intel·ligent" utilitzat en la resolució de problemes de la Intel·ligència Artificial i en el disseny de sistemes experts.

Per al seguiment del curs no és necessari cap pre-requisit específic.

## Programa

0. **Aritmètica cardinal:** Introducció.
1. **Lògica Proposicional:** Connectives i àlgebres de proposicions. Taules de veritat. Conseqüència lògica i tautologies.
2. **Llenguatges de primer ordre:** Fórmules. Demostracions.
3. **Semàntica de primer ordre:** Estructures, models i grau de satisfacció.
4. **El Teorema de Completesa de Gödel.**
5. **Teoria de Models:** teoremes de Compacitat i Löwenheim-Skolem. Aplicacions. Teories completes. Exemples. Diagrames i teoremes de preservació.
6. **Teorema d'Incompletesa de Gödel:** Funcions recursives i decidibilitat. Teoremes d'Indecidibilitat i Incompletesa. Introducció a la teoria axiomàtica de conjunts.
7. **El mètode de resolució:** Teorema d'Herbrand. Resolució.

## Coneixements previs necessaris

Primer cicle de la Llicenciatura de Matemàtiques

## Avaluació

L'avaluació es farà a partir de tres components: exercicis, treballs realitzats per l'alumne i exàmens.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Bell, J.L.; Machover, M.: *A Course in Mathematical Logic*. North-Holland, 1977.
- Ebbinghaus, H.D.; Flum, J.; Thomas, W.: *Mathematical Logic*. Springer, 1984.
- Enderton, H.B.: *A Mathematical Introduction to Logic*. Academic Press, 1972.
- Lascar, D.; Cori, R.: *Logique Mathématique*. Cours et exercices. Ed. Masson, 1994 (2a ed.).
- Van Dalen, D.: *Logic and Structure*. Springer, 1983 (2a ed.).

### Referències complementàries:

- Chang, C.L.; Lee, R.C.T.: *Symbolic Logic and Mechanical Theorem Proving*. Academic Press, 1973.
- Hamilton, A.G.: *Logic for Mathematicians*. Cambridge University Press, 1993 (ed. revisada).
- Hermes, H.: *Introduction to Mathematical Logic*. Springer, 1973.
- Jané, I.: *Àlgebres de Boole i Lògica*. Publicacions Universitat de Barcelona, 1989.
- Lightstone, A.H.: *Mathematical Logic an introduction to model theory*. Plenum Press, 1978.
- Mendelson, E.: *Introduction to Mathematical Logic*. Wadsworth and Brooks, 1987 (3a ed.).
- Pla, J.: *Lliçons de Lògica Matemàtica*. P.P.U., 1991.
- Schöning, U.: *Logic for Computer Scientists*. Birkhäuser, 1989.
- Sperschneider, V.; Antoniu, G.: *Logic. A foundation for Computer Science*. Addison-Wesley, 1991.

## MODEL LINEAL GENERAL

CODI: 11287

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professora coordinadora: M. Pilar Muñoz Gràcia

### Objectius del curs

El model lineal general estudia la relació estocàstica entre una variable dependent i un conjunt de variables explicatives a partir de dades conegudes.

Es presentaran per separat tres grups de models per analitzar. El primer està format per aquells models en els quals les variables explicatives són quantitatives, és a dir, l'anàlisi de la regressió; en un segon grup s'estudien els casos en els quals les variables explicatives són qualitatives, és a dir, l'anàlisi de la variància, i finalment es tracten aquells models en els quals les variables explicatives inclouen variables qualitatives i quantitatives, és a dir, l'anàlisi de la covariància. En aquests tres grups, la variable resposta ha de ser quantitativa. Es posarà un èmfasi especial en l'anàlisi dels residus, en l'estudi de les violacions dels supòsits bàsics del model i en la selecció del millor model.

A continuació es presentarà el cas en que la variable resposta és dicotòmica, amb l'anàlisi d'aquesta situació amb la regressió logística com un cas particular del model lineal generalitzat. Finalment es farà una introducció a la regressió robusta com a mètode alternatiu d'estimació. En les pràctiques d'aquesta assignatura, la utilització dels paquets estadístics constituirà una eina essencial.

### Programa

1. **Introducció.** Relació entre variables. Introducció a la modelització de fenòmens aleatoris.
2. **Model de regressió múltiple.** Hipòtesis. Estimació dels paràmetres del model. Interpretació geomètrica del model de regressió. Propietats dels estimadors. Teorema de Gauss-Markov. Proves d'hipòtesi. Mesura de l'ajust.
3. **Diagnosi i validació del model de regressió múltiple.** La multicolinealitat i els seus efectes. Anàlisi dels residus, influència d'una observació i distància de Cook. Tractament de l'heterocedasticitat i de l'autocorrelació. Transformacions.
4. **Model lineal general.** Mínims quadrats ponderats.
5. **Selecció de la millor equació de regressió.** Mètode pas a pas. Criteri  $C_p$  de Mallows.
6. **Formulació del model lineal per al cas de variables qualitatives.** Anàlisi de la variància i de la covariància.
7. **Regressió logística.** Estimació dels paràmetres. Test de la relació de versemblances.
8. **Introducció a la regressió robusta.**
9. **Resum i conclusions dels casos reals presentats al llarg del curs.**

### Coneixements previs necessaris

Inferència Estadística.

### Avaluació

Lliurament de problemes i exercicis resolts per part dels alumnes i de respostes a qüestionaris durant les sessions al laboratori. Informes sobre casos reals. Exàmens parcial i final.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Chatterjee, S., Hadi, A.: *Sensitivity Analysis in Linear Regression*. Wiley, 1988.
- Draper, N.R., Smith, H.: *Applied regression analysis*. Wiley, 1981.
- Eaton, M.: *Multivariate Statistics, a vector Space Approach*. Wiley, 1983.
- Seber, G.A.F.: *Linear Regression Analysis*. Wiley, 1984.
- Stapleton, J.H.: *Linear Statistical Models*. Wiley, 1995.

#### Referències complementàries:

- Christensen, R.: *Log-linear Models*. Springer-Verlag, 1990.
- Cook, R.D., Weisberg, S.: *Residuals and Influence in Regression*. Chapman and Hall, 1982.
- Daniel, C., Wood, F.S.: *Fitting Equations to data*. Wiley, 1980.
- Fox, J.: *Linear statistical models and related methods*. Wiley, 1984.
- Huber, P.J.: *Robust statistics*. Wiley, 1981.
- Peña, D.: *Estadística. Modelos y métodos. Vol. 2, Modelos lineales y series temporales*. Alianza Universidad Textos, 1989.
- Rao, C. R.: *Linear Statistical Inference and its applications*. Wiley, 1973.
- Wetherill, G.B.: *Regression Analysis with Applications*. Chapman and Hall, 1986.

## OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 2

CODI: 11872

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Narcís Nabona Francisco

Altres professors: F. Javier Heredia Cervera

### Objectius del curs

- Completar els coneixements d'Optimització Contínua (adquirits a *Optimització Continua I*) per tal d'aplicar-los a la resolució de problemes reals (d'alta dimensionalitat i/o no lineals).
- Justificar l'eficiència computacional dels algorismes que es presenten.
- Comprendre de part de les propietats dels algorismes mitjançant l'experimentació, computacional emprant programes ja desenvolupats per resoldre problemes escollits.
- Adquirir pràctica en l'ús de les eines professionals de l'Optimització Contínua.
- Entrar en contacte amb problemes reals d'Optimització Contínua.

### Programa

#### 1. Minimització sense Constriccions

**Mètodes quasi-Newton (o de la secant) que actualitzen la inversa de l'hessiana:** Propietats de convergència local dels mètodes quasi-Newton. Correcció de rang u. Deducció de la fórmula DFP. Aplicació a una funció quadràtica. Aplicació a una funció qualsevol.

**Actualització de factoritzacions quan s'afegeixen o s'ostreuen matrius de rang u:** Actualització de factoritzacions quan s'afegeixen o se s'ostreuen matrius de rang u: Operacions necessàries per factoritzar una matriu simètrica. Actualització al afegir una matriu de rang u: fórmula de Powell-Fletcher. Actualització al s'ostreure una matriu de rang u: fórmula de Gill-Murray.

**Mètodes quasi-Newton (o de la secant) que actualitzen l'hessiana:** Interpretació de l'equació quasi-Newton per a funcions qualsevol. Fórmula de Broyden. Fórmula PSB. Actualitzacions secants definides positives: fórmula Broyden. La família Broyden. Invariància i mètrica. Aplicació a problemes amb constriccions lineals.

**Mètodes de regió de garantia:** Concepte i equació de la regió de garantia. Corba de ganxo. Solucions aproximades: la pota de gos i la doble pota de gos. Convergència. Actualització del radi de la regió de garantia.

#### 2. Minimització amb Constriccions Qualsevol

**Mètode del gradient reduït generalitzat (GRG):** Cas de constriccions lineals. Formulació en cas de constriccions qualsevol i fites. Retorn a la hipersuperfície de les constriccions.

**Mètodes de penalització i barrera:** Convergència local d'aquests mètodes. Aplicació del mètode del gradient conjugat parcial. Barrera logarísmica per a fites simples. Penalitzacions exactes.

**Mètodes duals:** Dualitat local. Dualitats convexa i parcial. Convergència. Reconsideració de les Lagrangianes augmentades.

**Mètodes de Lagrange:** Definició. Mètodes directes i funció de mèrit senzilla. Mètodes de 1r ordre. Mètodes de Newton modificats. Mètodes estructurats. Actualització de multiplicadors.

#### 3. Minimització amb Constriccions Lineals

**Mètode primal-dual de punt interior per a programació quadràtica (i lineal):** Barrera logarísmica de les fites. Lagrangiana dels problemes barrera primal i dual i el seu gradient. Mètode de Newton. Camí central primal-dual. Gap de dualitat i convergència. Algorisme i implementació. El cas particular de la programació lineal. Cost computacional.

**Actualització de factoritzacions de bases quan en canvien les columnes:** Matrius de permutació i matrius eta i factorització. Procediments BTRAN i FTRAN. Refactoritzacions. Actualització d'una factorització quan canvia una columna de la base. Mètodes de Bartels-Golub, de Forrest-Tomlin, de Reid i de Saunders.

### Pràctiques

Es realitzaran set pràctiques consistents en la utilització de programes i paquets ja desenvolupats i una pràctica de desenvolupament, a partir de la llibreria de rutines disponibles, d'un dels algorismes d'optimització estudiats.

Per realitzar les pràctiques s'explicarà i s'haurà de codificar un problema real d'optimització sense constriccions, un problema real d'optimització amb constriccions lineals i un problema real d'optimització amb constriccions qualsevol.

### Coneixements previs necessaris

Optimització Contínua 1.

### Avaluació

Hi haurà dos exàmens de teoria i problemes (65% de la nota), problemes per resoldre (10% de la nota) i pràctiques computacionals (25% de la nota).

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Dennis Jr., J.E. & R.B. Schnabel: *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations*. Ed. Prentice Hall. 1983.
- Duff, I.S. et al.: *Direct Methods for Sparse Matrices*. Ed. Oxford Clarendon Press. 1989.
- Gill, P.E., W. Murray & M.H. Wright: *Practical Optimization*. Ed. Academic Press. 1981.
- Luenberger, D.G.: *Linear and Nonlinear Programming*. Ed. Addison-Wesley Publ. Co. 1984.
- Vanderbei, R.J.: *Linear Programming. Foundations and Extensions*. Kluwer Academic Press. 1996.

#### Referències complementàries:

- Bertsekas, D.P.: *Nonlinear Programming*. Ed. Athena Scientific, Belmont, MA., USA, 1995.
- Fletcher, R.: *Practical Methods of Optimization*. Ed. John Wiley & Sons. 1987.
- Gill, P.E. et al.: *Numerical Linear Algebra and Optimization*. Ed. Addison-Wesley, 1991.
- Peressini, A.L. et al.: *The Mathematics of Nonlinear Programming*. Ed. Springer, 1988.

#### Altres referències:

- Drud, A.: *CONOPT: A Large-Scale GRG Code*. Technical Report. ARKI Consulting and Developing, Bagsvaerd, Denmark. 1993.
- Harwell Subroutine Library: *A Catalogue of Subroutines: (release 11)*. Advanced Computing Department, Harwell Laboratory, Harwell, UK. 1993.
- Murtagh, B.A. & M.A. Saunders: *MINOS 5.0 User's Guide*. Dept. of Operations Research, Stanford University, CA 94305, USA. 1983.

## PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA

CODI: 11861

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Jaume Barceló Bugeda

Altres professors: Elena Fernández Areizaga

### Objectius del curs

Profundir en l'estudi de les propietats de les famílies de models matemàtics típics de la Investigació Operativa, generalitzar els resultats de la teoria de la dualitat i les seves implicacions, tant les que fan referència als mètodes de descomposició que permeten el tractament numèric de problemes de grans dimensions i, concretament, als de tipus lineal, explotant les propietats de la dualitat i les característiques inherents a l'estructura de les dades del model matemàtic, com les que fonamenten els mètodes no lineals, i introduir els problemes enters i de caràcter combinatori.

L'assignatura pretén donar un complement de fonamentació teòrica als continguts de l'assignatura d'Investigació Operativa i familiaritzar l'alumne amb els mètodes que permeten resoldre algunes de les aplicacions pràctiques que duen a problemes de grans dimensions a la indústria, l'economia, etc.

### Programa

- 1. Models enters i combinatoris:** La caracterització dels políedres dels problemes combinatoris: cares i facetes d'un políedre convex. El problema de Knapsack: heurístiques per al problema de Knapsack, la caracterització del politop de Knapsack. Algorismes de pla secant per als problemes enters: talls de Gomory. Procediments d'identificació de constriccions. El cas del politop de Knapsack: teoremes de desprojcció.
- 2. Mètodes de descomposició i generació de columnes en Programació Matemàtica:** Descomposició per directives de preus: el mètode de Dantzig-Wolfe. Descomposició per directives de recursos: la descomposició dual de Benders. Mètodes de generació de columnes: aplicacions als problemes de cutting-stock, fluxos màxims, etc.
- 3. Optimització no lineal: Dualitat en Programació Matemàtica i dualitat lagrangiana:** Generalització de la dualitat en programació matemàtica. Dualització i relaxació. Equivalència entre convexificació i dualització. Condicions globals d'optimalitat. Revisió de les condicions de Karush-Kuhn-Tucker. Relaxació Lagrangiana i dualitat. Introducció a l'optimització no diferenciable. L'optimització subgradient.
- 4. Estudi de problemes tipus de Programació Matemàtica:** El problema del viatjant de comerç: heurístiques, caracterització de facetes, identificació de constriccions, relaxacions lagrangianes. Problemes discrets de localització de plantes: problemes sense capacitats, heurístiques duals, problemes amb capacitats, mètodes lagrangians. Problemes de rutes de vehicles.

### Coneixements previs necessaris

Investigació Operativa i Àlgebra Lineal.

### Avaluació

Hi haurà exàmens parcials, examen final i pràctiques.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Ahuja, R.; Magnanti, T. i Orlin, J.: *Network Flows: Theory, Algorithms and Applications*. Prentice Hall, 1993.
- Bazaraa, M.S.; Sherali, and Shetti, C.M.: *Nonlinear Programming: Theory and Algorithms*. Ed. John Wiley and Sons, 1993.
- Mangasarian, O.L.: *Nonlinear Programming*. Ed. SIAM. Classics in Applied Mathematics, 1994.
- Nemhauser, G.L.; Wolsey, L.A.: *Integer and Combinatorial Optimization*. Ed. John Wiley and Sons, 1988.
- Padberg, Manfred: *Linear Optimization and Extensions*. Ed. Springer-Verlag, 1995.

#### Referències complementàries:

- Drezner, Zvi.: *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. Springer, 1995.
- Lawler, E.L.; Lenstra, J.K.; Rinooy Kan, A.H.G.; Shmoys, D.B.: *The Traveling Salesman Problem: A Guided Tour of Combinatorial Optimization*. Ed. John Wiley, 1985.
- Minoux, M.: *Programation Mathématique: Théorie et Algorithmes*. Ed. Dunod, 1983.
- Mirchandani, P.B.; Francis, R.L.: *Discrete Location Theory*. Ed. John Wiley, 1988.
- Padberg, M.: *Location, Scheduling, Design and Integer Programming*. Ed. Kluwer, 1996.
- Schrijver, A.: *Theory of Linear and Integer Programming*. Ed. John Wiley, 1986.
- Shapiro, J.F.: *Mathematical Programming: Structures and Algorithms*. Ed. John Wiley and Sons, 1979.
- Williams, H.P.: *Model Solving in Mathematical Programming*. Ed. John Wiley, 1993.

## TEORIA DE CODIS

---

**CODI:** 11864

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Sebastià Xambó i Descamps

### Objectius del curs

El propòsit del curs és donar una introducció a la teoria i pràctica de la codificació. El curs comença amb una breu presentació de la teoria de la informació de Shannon, orientada a les propietats bàsiques de la codificació de font i de canal. Segueix una part destinada a establir les propietats fonamentals, els exemples més rellevants i les aplicacions més importants dels codis de blocs autocorrectors. En una darrera part, configurada al voltant del problema de construir codis amb paràmetres òptims i amb algorismes de codificació i descodificació eficients, s'introdueixen primer, d'una manera elemental, algunes nocions de corbes algebraïques planes i després s'utilitzen per introduir i estudiar els codis de Goppa.

### Programa

- 1. Codis correctors:** Informació i codificació. Codis de blocs. Detecció i correcció d'errors. Descodificació pel criteri de mínima distància. Codis perfectes. Exemples de codis. Operacions amb codis. Fitació de paràmetres. Problema fonamental de la codificació.
- 2. Codis lineals:** Codificació i descodificació de codis lineals. Distribució de pesos, identitats de MacWilliams. Codis MDS (separables de màxima distància). Codis de Hamming i de Golay. Codis de Reed-Muller. Codis cíclics. Codis BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem). Codis de Reed-Solomon i de Justesen. Codis de residus quadràtics.
- 3. Codis de Goppa:** Introducció a les corbes algebraïques planes. Codis de Goppa. Codificació i descodificació efectiva.

### Coneixements previs necessaris

Àlgebra lineal, Probabilitat i Estadística Bàsica.

### Avaluació

Hi haurà un examen parcial, avaluat sobre 3 punts, i un de final, avaluat sobre 5 punts. Es podran obtenir fins a 2 punts amb activitats complementàries definides en relació amb les classes de problemes i de pràctiques de laboratori.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Goppa, V.D.: *Geometry and codes. Mathematics and applications*. Kluwer, 1988.
- Moreno, C.: *Algebraic curves over finite fields*. Cambridge University Press, 1991.
- Pretzel, O.: *Error-Correcting codes and finite fields*. Oxford: Clarendon Press, 1992.
- Roman, S.: *Coding and information theory*. Springer-Verlag, 1992.
- Vanstone, S.A.; Van Oorschot, P.C.: *An introduction to error correcting codes with applications*. Kluwer Academic Publishers, 1989.

### Referències complementàries:

- Lint Van, J.H.: *Introduction to coding theory*. GTM 86, Springer-Verlag, 1992.
- Lint Van, J.H.; van der Geer, G.: *Introduction to coding theory and algebraic geometry*. Birkhäuser, 1988.
- MacWilliams, F.J.; Sloane, N.J.A.: *The theory of error correcting codes*. North-Holland, 1977.
- McEliece, R.J.: *Finite Fields for Computer Scientist and Engineers*. Ed. Kluwer, 1987.
- Stichtenoth, H.; Tsfasman, M.A. (Eds.): *Coding theory and algebraic geometry*. Lecture Notes in Mathematics 1518. Ed.: Springer-Verlag, 1992.
- Tsfasman, M.A.; Vladut, S.G.: *Algebraic-geometric codes. Mathematics and its applications*. Kluwer Academic Publishers, 1991.
- Stichtenoth, H.: *Algebraic function fields and codes*. Springer-Verlag, 1993.



## TEORIA DE GRAFS

---

**CODI:** 11863

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Josep Fàbrega Canudas

**Altres professors:** Carles Padró Laimón

### Objectius del curs

L'objectiu del curs és presentar els temes bàsics de la Teoria de Grafs introduint, també, algunes de les seves aplicacions a l'enginyeria elèctrica, les ciències de la computació, la investigació operativa i el disseny de xarxes d'interconnexió.

### Programa

- 1. Introducció i conceptes bàsics:** Grafs i grafs dirigits, visió històrica, el problema de la reconstrucció.
- 2. Camins, circuits i cicles:** Grafs eulerians, descomposició en cicles, grafs hamiltonians.
- 3. Arbres i arbres generadors:** Caracterització dels arbres, arbres generadors, arbres generadors de pes mínim.
- 4. Cicles i cicles fonamentals:** Cicles i talls fonamentals, subspais de cicles i de talls, aplicació a l'anàlisi de xarxes elèctriques.
- 5. Grafs planaris:** La fórmula d'Euler, el Teorema de Kuratowski, grafs i superfícies.
- 6. Fluxos i connectivitat:** Xarxes de transport, el Teorema de Ford i Fulkerson, els Teoremes de Menger.
- 7. Aparellaments:** Problemes d'assignació, aparellaments en grafs bipartits, el Teorema de Hall.
- 8. Representació matricial de grafs:** Matriu d'adjacència, espectre d'un graf, aplicació al Problema ( $\Delta, D$ ).
- 9. Coloració de grafs:** Nombre cromàtic, polinomi cromàtic, índex cromàtic, el teorema dels quatre colors.
- 10. Grafs i grups:** Grup d'automorfismes, diagrames de Cayley, el Teorema de Frucht, aplicació a les xarxes de permutacions.

### Coneixements previs necessaris

Àlgebra Lineal i Càlcul 1.

### Avaluació

El 50% de l'avaluació s'obté per mitjà d'una prova escrita i de l'avaluació de treballs d'aplicació. El 50% restant s'obté d'un examen final de l'assignatura.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Bollobás, B.: *Graph Theory*. Ed. Springer verlag, 1979.
- Biggs, N.: *Algebraic Graph Theory*. Ed. Cambridge University Press, 1974.
- Chartrand, G.; Lesniak, L.: *Graphs and Digraphs*. Ed. Wadsworth & Brooks, 1986.
- Comellas, F.; Fàbrega, J.; Sánchez, A. i Serra, O.: *Matemàtica Discreta*. Ed. UPC, 1994.
- Harary, F.: *Graph Theory*. Ed. Addison-Wesley, 1972.

#### Referències complementàries:

- Beineke, L.W. & Wilson, R.J. (editors): *Applications of Graph Theory*. Ed. Academic Press, 1979.
- Beineke, L.W. & Wilson, R.J. (editors): *Selected Topics in Graph Theory I i II*. Ed. Academic Press, 1983.
- Biggs, N.; Lloyd, E.K. and Wilson, R.J.: *Graph Theory 1736-1936*. Ed. Clarendon Press, London, 1976.

## TEORIA DE NOMBRES

CODI: 11874

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Joan-Carles Lario Loyo  
Altres professors: Josep González Rovira

### Objectius del curs

El curs pretén servir d'introducció a la teoria de nombres clàssica, i presentar alguns dels temes que han originat més interès durant els darrers anys en aquest camp. D'aquesta manera, la proposta de temari inclou l'estudi de l'aritmètica dels cossos de nombres i de les corbes el·líptiques.

S'exposen els resultats fonamentals relatius a la teoria analítica dels nombres algebraics (funcions L, densitat de Cebotarev, fórmula del nombre de classes) i a la teoria geomètrico-aritmètica de les corbes el·líptiques (grups de Mordell-Weil, algorisme de Tate, sèries L de Hasse-Weil). El paral·lelisme entre la fórmula analítica per al nombre de classes i la conjectura de Birch & Swinerton-Dyer estableix el pont entre ambdues parts.

Una de les característiques del curs consistirà a fer especial èmfasi en els aspectes computacionals i en algunes de les aplicacions.

### Programa

- 1. Cossos de nombres algebraics:** Anells de Dedekind i de valoració discreta. Extensions enteres. Discriminant. Grups de ramificació. Cossos quadràtics i ciclotòmics.
- 2. Geometria dels nombres:** Teorema de Minkowski. Finitud del grup de classes d'ideals. Teorema de les unitats de Dirichlet. Fórmula analítica del nombre de classes.
- 3. Funcions Zeta i sèries L:** Sèries de Dirichlet. Funció Zeta d'un cos de nombres. Densitat de primers i Teorema de Cebotarev. Equacions funcionals i valors especials.
- 4. Corbes el·líptiques:** Corbes de gènere 1. Llei de grup. Teorema de Mordell-Weil. Fibres especials, algorisme de Tate. Sèries L de Hasse-Weil. Conjectures de Birch & Swinerton-Dyer. Conjectura de Shimura-Taniyama. Aplicacions.

### Coneixements previs necessaris

Àlgebra Abstracta.

### Avaluació

La participació en classes de problemes constituirà un element important per obtenir els crèdits de l'assignatura. L'exposició oral d'alguns temes per part dels estudiants i dos exàmens (parcial i final) complementaran la qualificació global.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Borevich, Z.I.; Shafarevich, I.R.: *Number Theory*. Ed. Academic Press, 1966.
- Ireland, K.; Rosen, M.: *A Classical Introduction to Modern Number Theory*. Ed. Springer-Verlag New York Inc., 1982.
- Lang, S.: *Algebraic Number Theory*. Ed. Springer-Verlag, 1992.
- Serre, J-P.: *A Course in Arithmetic*. Ed. Springer-Verlag, 1973.
- Silverman, J.: *The Arithmetic of Elliptic Curves*. Ed. Springer-Verlag, 1986.

#### Referències complementàries:

- Cassels, J.W.S.; Fröhlich, A. Ed.: *Algebraic Number Theory*. Ed. Academic Press 1990.
- Hecke, E.: *Lectures on the Theory of Algebraic Numbers*. Ed. Springer-Verlag, 1981.
- Husemöller, D.: *Elliptic Curves*. Ed. Springer-Verlag, 1987.
- Koblitz, N.: *Introduction to Elliptic Curves and Modular Forms*. Ed. Springer-Verlag, 1984.
- Phost, M.; Zassenhaus, H.: *Algorithmic Number Theory*. Ed. Cambridge University Press, 1989.
- Samuel, P.: *Théorie Algébrique des Nombres*, 2a ed. Ed. Hermann, 1967.
- Silverman, J.: *Advanced theory of arithmetic elliptic curves*. Ed. Springer-Verlag, 1995.
- Stewart, I.N.; Tall, D.O.: *Algebraic Number Theory*. Ed. Chapman and Hall, 1987.
- Washington, L.C.: *Introduction to Cyclotomic Fields*. Ed. Springer-Verlag, 1982.

## 2N QUADRIMESTRE

---

# ÀLGEBRA COMPUTACIONAL

CODI: 11876

Càrrega docent: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Antoni Montes Lozano

Altres professors: Rafael Farré Cirera

## Objectius del curs

L'objecte de l'assignatura és l'estudi dels fonaments algebraics i els principals mètodes de resolució simbòlica dels sistemes d'equacions polinòmiques multivariades. La dificultat que comporta la no existència de divisió euclidiana en l'anell dels polinomis de  $n$  variables ha fet que el seu estudi, tot i tenint gran utilitat pràctica, no s'hagi abordat amb una nova perspectiva fins als anys seixanta, a partir de la introducció feta per Buchberger de les bases de Groebner. El nou enfocament ha estat induït també, en part, pel desenvolupament dels sistemes informàtics de computació algebraica, que fan factible la implementació dels algorismes.

Entre les aplicacions més destacades figuren la robòtica, la demostració automàtica de teoremes, o l'estudi de fluxos d'energia en les xarxes elèctriques. Els mètodes que s'estudien en aquest camp són un complement útil per a la geometria algebraica (per exemple, punts singulars de corbes) i per a la geometria computacional (demostració automàtica de teoremes geomètrics).

## Programa

1. **Geometria, Àlgebra i Algorismes.** Polinomis i espai afí. Varietats afins. Parametritzacions. Ideals. Polinomis univariats.
2. **Bases de Groebner.** Ordres monomials a  $k[x_1, \dots, x_n]$ . Algorisme de divisió. Ideals de monomis i lema de Dickson. Teoremes de les bases de Hilbert i de les bases de Groebner. Bases de Groebner. Algorisme de Buchberger. Primeres aplicacions.
3. **Teoria de l'eliminació.** Teorema de l'eliminació. Factorització única i resultants. Teoremes de l'extensió i de la clausura. Implicitació. Punts singulars i envolupants de corbes.
4. **Àlgebra versus geometria.** Hilbert Nullstellensatz. Ideals radicals. Operacions amb ideals. Clausura de Zariski.
5. **Aplicacions.** Robòtica. Demostració automàtica. Xarxes elèctriques.

## Avaluació

Es fa un examen parcial i un de final. Hi ha també una part de pràctiques de laboratori, que té un pes aproximat d'un 15% en la nota.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Becker, Th.; Weispfenning, V.: *Gröbner Bases a computational approach to commutative algebra*. Ed. Springer, New-York, 1993. 1
- Cox, D.; Little, J.; O'Shea, D.: *Ideals, Varieties, and Algorithms*. Ed. Springer, New York, 1992.
- Davenport, J.H.; Siret, Y.; Tournier, E.: *Computer Algebra*. Ed. Academic Press, 1988.
- Mignotte, M.: *Mathematics for Computer Algebra*. Ed. Springer, New-York, 1992.
- Winkler, F.: *Polynomial Algorithms in Computer Algebra*. Texts and Monographs in Symbolic Computation. Ed. Springer, Vienna, 1996.

### Referències complementàries:

- Akritas, A.G.: *Elements of Computer Algebra with Applications*. Ed. John Wiley, 1989.
- Char, B.W. et alt.: *First Leaves. A Tutorial Introduction to Maple V*. Ed. Springer, New-York, 1992.
- Char, B.W. et alt.: *Maple V. Language Reference Manual*. Ed. Springer, New-York, 1991.
- Char, B.W. et alt.: *Maple V. Library Reference Manual*. Springer, New-York, 1991.
- Buchberger, B.; Collins, G.E.; Loos, R. (eds.): *Computer Algebra: Symbolic and Algebraic Computation*. Ed. Springer, New-York, 1983.
- Clark, A.: *Elements of Abstract Algebra*. Ed. Dover, New York, 1984.
- Fulton, W.: *Algebraic Curves: An Introduction to Algebraic Geometry*. 3rd ed.. Ed. Addison-Wesley, 1989.
- Geddes, K.O.; Czapor, S.R.; Labahn, G.: *Algorithms for Computer Algebra*. Ed. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1992.
- Naudin, P.; Quitté, C.: *Algorithmique Algébrique*. Ed. Masson, París 1992.
- Wu, W.: *Mechanical Theorem Proving in Geometries*. Texts and Monographs in Symbolic Computation Ed. Springer, Vienna, 1996.

### Altres referències:

- Montes, A.: *Problemes i pràctiques d'Àlgebra Computacional*. Universitat Politècnica de Catalunya. CPDA, 1996.

## AMPLIACIÓ D'ANÀLISI

---

CODI: 11865

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Joan Solà-Morales Rubió

### Objectius del curs

Es tracta d'un curs d'Anàlisi Harmònica, en què s'estudia la teoria matemàtica de la transformada de Fourier i les seves propietats per a les classes més típiques de funcions i de distribucions. Per això s'utilitzen la metodologia de l'Anàlisi Funcional i els espais de funcions integrables de Lebesgue.

Les distribucions temperades són en cert sentit l'eina matemàtica última a la qual es dirigeix el curs, que permet d'unificar en un únic concepte el tractament de les sèries i de les transformades integrals de Fourier.

La presentació està pensada per aplicar-se a problemes d'equacions diferencials i també de tractament del senyal, que justifica la introducció d'algunes nocions relatives a qüestions com ara filtratge, convolució i mostreig.

### Programa

#### 1. Sèries de Fourier.

Repàs de sèries de Fourier. Sèries de Fourier per a funcions de quadrat integrable. Igualtat de Parseval.

#### 2. Convolució i transformada de Fourier de funcions.

Transformada de Fourier i transformada inversa per a funcions integrables i de la classe de Schwartz. Convolució, derivació i regularització. Transformada de Fourier-Plancherel. Convolució i transformada de Fourier. Filtres analògics.

#### 3. Distribucions.

Funcions de prova. Operacions amb distribucions. Convergència de distribucions.

#### 4. Convolució i transformada de Fourier de distribucions.

Distribucions temperades. Distribucions a suport compacte. Convolució. Filtres i distribucions.

#### 5. Mostreig.

Distribucions periòdiques. Mostreig i fórmula de Poisson. Fórmula de Shannon.

#### 6. Complementos (opcional).

Introducció als mètodes de finestra mòbil i d'ondeletes.

### Coneixements previs necessaris

Anàlisi Real i Anàlisi Funcional (almenys per ser cursat al mateix temps).

### Avaluació

Hi haurà una qualificació provinent de les classes de problemes, proves parcials i un examen final.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Gasquet, C. i P. Witomski: *Analyse de Fourier et Applications*. Paris: Masson, 1995.
- Bracewell, R.: *The Fourier Transform and its Applications*. New York: Mc.Graw-Hill, 1986.
- Malliavin, P.: *Integration and Probability*. New York: Springer, 1995.
- Rudin, W.: *Functional Analysis*. London: McGraw-Hill, 1991 (2a edició).
- Schwartz, L.: *Métodos Matemáticos para las Ciencias Físicas*. Madrid: Selecciones Científicas, 1969.

#### Referències complementàries:

- Folland, G.B.: *Fourier Analysis and its Applications*. Pacific Grove: Brooks, Cole, Calif., 1992.
- Körner, T.W.: *Fourier Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- Vo Khac Khoan: *Distributions. Analyse de Fourier. Opérateurs aux Dérivées Partielles*. Paris: Editions Vuivert, 1972.

## AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA

CODI: 11284

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Pere Pascual Gainza

Altres professors: Miguel Angel Barja Yañez

### Objectius del curs

Aquesta assignatura té un doble objectiu. En primer lloc es vol mostrar als estudiants com les idees bàsiques d'Àlgebra, Topologia i Anàlisi Complexa desenvolupades en cursos anteriors s'encaixen en l'estudi d'un tema rellevant de les matemàtiques: les corbes algebraïques. D'altra banda el curs vol ser una introducció als problemes i resultats que estudia la geometria algebraica, amb la il·lustració de les interconnexions amb altres branques de les matemàtiques. Aquí l'objectiu és, coincidint amb el primer aspecte esmentat, mostrar quina mena de problemes es plantegen utilitzant les tècniques al nostre abast per a la seva resolució, no desenvolupant altres tècniques específiques que les més elementals.

### Programa

- 1. Corbes algebraïques planes.** Corbes afins. Components irreductibles. Corbes projectives, completació projectiva d'una corba aff. Punts simples i punts singulars. Multiplicitat d'un punt. Canvis de coordenades.
- 2. Intersecció de corbes planes.** Resultant de dos polinomis. Multiplicitat d'intersecció. Caracterització de la multiplicitat d'intersecció. El teorema de Bézout. Sistemes lineals. Còniques. Cúbiques, punts d'inflexió, equació de Legendre.
- 3. Introducció a les superfícies de Riemann.** Definició de superfície de Riemann. Exemple: els tors complexos. Funcions holomorfes. Funcions meromorfes com a morfismes a  $\mathbb{P}^1$ . Fórmula de Riemann-Hurwitz. Formes holomorfes i meromorfes. Teorema dels residus.
- 4. Superfícies de Riemann i corbes algebraïques.** Connexió d'una corba plana irreductible. Normalització d'una corba plana. El teorema de normalització. Fórmula del gènere.
- 5. Teoremes d'existència.** El teorema de De Rham. Formes harmòniques i formes holomorfes. El lema de Weyl. Teorema de Hodge. Existència de diferencials harmònics i de funcions harmòniques. Existència de funcions meromorfes.
- 6. El teorema de Riemann-Roch.** Divisors. Divisor associat a una funció meromorfa. Els espais  $L(D)$ . Divisor canònic. Dimensió de l'espai de formes holomorfes. El teorema de Riemann-Roch. Primeres aplicacions.
- 7. Corbes de gènere 1.** Representació de corbes de gènere 1 com a cúbiques planes. Tors complexos i corbes planes, cos de funcions meromorfes sobre un tor complex. El teorema d'Abel per a les corbes de gènere 1.
- 8. Altres aplicacions del teorema de Riemann-Roch.** Cos de funcions meromorfes d'una superfície de Riemann. Diccionari entre corbes algebraïques, superfícies de Riemann i cossos de funcions. Corbes hiperel·líptiques. Submergiment canònic.

### Coneixements previs necessaris

Àlgebra, Topologia i Variable Complexa.

### Avaluació

L'avaluació es farà per mitjà d'una prova escrita i l'elaboració i exposició d'un treball al llarg del curs.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Brieskorn, E. i Knörrer, H.: *Plane algebraic curves*. Boston: Birkhauser, 1986.
- Forster, O.: *Lectures on Riemann Surfaces*. New York: Springer Verlag, 1981.
- Griffiths, P.: *Introduction to algebraic curves*. Amer. Math. Soc., 1989.
- Kirwan, F.: *Complex algebraic curves*. Oxford U.P., 1992.
- Miranda, R.: *Algebraic curves and Riemann Surfaces*. Amer. Math. Soc., 1995.

#### Referències complementàries:

- Arbarello, E.; Cornalba, M.; Griffiths, P.; Harris, J.: *Geometry of algebraic curves*. Springer Verlag: New York, 1985.
- Farkas, H.; Kra, I.: *Riemann surfaces*. New York: Springer Verlag, 1992.
- Fulton, W.: *Algebraic curves. An introduction to algebraic geometry*. Redwood City: Ed. Addison-Wesley, 1989.
- Griffiths, P.; Harris, J.: *Principles of Algebraic Geometry*. Wiley Int.: New York, 1978.
- Jost, J.: *Compact Riemann Surfaces*. Heidelberg: Springer Verlag, 1997.
- Mumford, D.: *Curves and their jacobians*. Ann Arbor: Univ. Michigan Press, 1975.
- Mumford, D.: *Algebraic Geometry I: complex projective varieties*. Berlin: Springer Verlag, 1995.
- Namba, M.: *Geometry of projective algebraic curves*. New York: Marcel Dekker, 1984.
- Shafarevich, I.: *Basic Algebraic Geometry* (2 vols). Berlin: Springer Verlag, 1994.

## ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ

**CODI:** 12811

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professora coordinadora:** M. Pilar Muñoz Gràcia

**Altres professors:** Manuel Martí Recober

### Objectius del curs

L'objectiu del curs és donar una sistemàtica per al tractament i l'anàlisi de sèries temporals, destacant la importància de les previsions i els fonaments teòrics i la metodologia per a la realització d'aquestes previsions, quan es disposa d'observacions de successions de variables aleatòries que no són independents entre si.

S'examinaran alguns procediments empírics de previsió, els conceptes bàsics de procés estocàstic, les tècniques de predicció recursiva basades en les innovacions, la utilització de la funció de versemblança, i el criteri d'Akaike aplicat a la inferència, així com el comportament asimptòtic dels estimadors de màxim versemblança dels coeficients dels models ARMA univariants, utilitzant la metodologia Box-Jenkins.

Els alumnes han d'adquirir coneixements per analitzar, modelitzar i fer previsions de sèries temporals reals utilitzant diversos paquets estadístics.

### Programa

- 1. Introducció.** Definicions intuïtives de sèrie temporal, operadors utilitzats. Presentació d'alguns exemples de sèries representatives i d'alguns procediments empírics de previsió. Idea bàsica de l'estacionarietat. Mitjana, variància i autocorrelacions mostrals.
- 2. Estadística descriptiva de les sèries temporals: mètodes empírics.** Ajust per m.q.o. per eliminar la tendència. Disminució de l'aleatorietat mitjançant mitjanes mòbils. Estudi de l'estacionalitat. Filtres lineals. Transformació de Box-Cox.
- 3. Processos estocàstics:** Definició de procés estocàstic. Funcions de distribució conjuntes, mitjana, variància i autocovariància. Procés estrictament estacionari. Procés estacionari en sentit ampli o de segon ordre. Estimació dels paràmetres. Cas d'un procés gaussià. Funcions d'autocorrelació simple i parcial. Domini de les freqüències: espectre de potència i densitat espectral. Característiques mostrals.
- 4. Metodologia Box-Jenkins:** Processos estacionaris; models ARMA, propietats. Estimació de models ARMA: estimació preliminar i estimació de màxima versemblança. Predicció de models ARMA: error quadràtic mitjà. Processos no estacionaris: models ARIMA. Processos estacionals: models SARIMA. Identificació d'un model. Modelització de casos reals. Validació del model. Predicció.
- 5. Regressió dinàmica:** Anàlisi d'intervenció. Funció de transferència. Introducció als processos multivariants.

### Paquets estadístics

- \* ITSM (PEST)
- \* SAS
- \* TRAMO/SEATS
- \* SPSS

### Coneixements previs necessaris

Inferència Estadística.

### Avaluació

Lliurament d'exercicis resoltos per l'estudiant i de respostes a qüestionaris durant les sessions al laboratori. Informes sobre sèries reals. Exàmens parcials i final.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Box, G.E.P., Jenkins, G.M., Reinsel G.C.: *Time series analysis: Forecasting and control*. Ed. Prentice-Hall, 1994.
- Brockwell, P.J. & Davis, R.A.: *Time series: Theory and methods*. Ed. Springer-Verlag, 1991.
- Brockwell, P.J., Davis, R.A. & Mandarino, J.V.: *ITSM for Windows, a user's guide to time series modelling and forecasting*. Ed. Springer-Verlag, 1994.
- Chatfield, C.: *The analysis of time series: An Introduction*. Ed. Chapman and Hall, 1996.
- Wei, W.W.S.: *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. Ed. Addison-Wesley, 1990.

#### Referències complementàries:

- Abraham, B. & Ledolter, J.: *Statistical methods for forecasting*. Ed. Wiley, 1983.
- Granger, C.W.J. & Newbold, T.: *Forecasting economic time series*. Ed. Academic Press, 1988.
- Murillo, C.: *Métodos estadísticos de series temporales. Aplicaciones sanitarias*. Ed. SG Editores, 1994.
- Pankratz A.: *Forecasting With Dynamic Regression Models*. Ed. John Wiley, 1991.
- Pankratz A.: *Forecasting With Univariate Box-Jenkins Models: Concepts and Cases*. Ed. John Wiley, 1983.
- Peña, D.: *Estadística. Modelos y métodos. Vol. 2. Modelos lineales y series temporales*. Ed. Alianza Universidad Textos, 1991.

# ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST

CODI: 11878

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Josep Masdemont Soler

Altres professors: Mercè Ollé Torner

## Objectius del curs

Aquest curs és una introducció a la Mecànica Celeste, en sintonia amb matèries afins, com la Mecànica Racional i la Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries. Es presenten les eines bàsiques que permeten estudiar els problemes fonamentals del moviment de diversos cossos. Es posa un èmfasi especial en les aplicacions, i així s'introdueixen diverses qüestions d'astrodinàmica, com la determinació d'òrbites keplerianes, les transferències entre òrbites i l'estudi del moviment dels satèl·lits artificials.

## Programa

### 1. El problema de dos cossos

Equacions del problema de dos cossos i de camps centrals en general. Anàlisi dels diferents tipus de moviment. Les anomalies mitjana, vertadera i excèntrica. L'equació de Kepler. El moviment a l'espai i els elements orbitals. Temps sideri i d'efemèrides Regularització de les col·lisions binàries. Determinació d'òrbites. El problema de Lambert. Transferència d'òrbites: Hohmann, biparabòliques i bieliptiques. Transferències entre òrbites el·liptiques.

### 2. El problema de $n$ cossos

Formulació del problema. Equacions del moviment de  $n$  cossos. Les deu integrals clàssiques i la reducció del node de Jacobi. Alguns problemes sobre integrabilitat. Solucions particulars del problema de  $n$  cossos. Configuracions centrals i solucions homogràfiques. Teorema de Moulton. El teorema del col·lapse total de Sundman. Algunes consideracions del teorema en el problema de tres cossos.

### 3. El problema restringit de tres cossos

Deducció de les equacions del moviment. La integral de Jacobi. Les regions de Hill i la corba de velocitat zero. Determinació dels punts d'equilibri. Estudi local del flux prop dels punts d'Euler i Lagrange. Teoremes de Hopf i de Lyapunov. Famílies d'òrbites periòdiques en el problema restringit. Altres problemes restringits: el problema de Hill, el problema espacial i el problema el·liptic.

### 4. El moviment d'un satèl·lit artificial

El moviment el·liptic pertorbat. Equacions de Gauss i de Lagrange per als elements pertorbats. Transformació de les equacions en el cas d'excentricitat i inclinació petites. Satèl·lits artificials. Funció pertorbadora d'un satèl·lit artificial orbitant la Terra. Forces pertorbadores degudes al camp gravitatori terrestre. Expressió de la funció pertorbadora en termes dels elements orbitals. Contribució del primer harmònic zonal  $J_2$ . Pertorbacions

degudes als harmònics tesereals.

Idea general del mètode de Von Zeipel. Equacions i eliminació de l'anomalia. Determinació del nou hamiltonià. Resultats i comparacions.

Inclinació crítica. Libració del perigeu en les proximitats de la inclinació crítica.

Altres pertorbacions del moviment: pertorbacions luni-solars, frenada atmosfèrica i pressió de radiació.

## Coneixements previs necessaris

Física General, Càlcul 1, Àlgebra Lineal, Càlcul 2, Geometria, Mètodes Numèrics 1, Càlcul 3, Equacions Diferencials 1, Topologia, Anàlisi Real, Geometria Diferencial 1.

## Avaluació

L'avaluació es farà per mitjà d'una prova escrita que contindrà qüestions teòriques i problemes. També tindran una especial importància els treballs pràctics que es desenvoluparan individualment o en grups reduïts durant el curs.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Danby, J.M.A.: *Fundamentals of Celestial Mechanics*. Ed. Willmann-Bell, 1989.
- Escobal, P.R.: *Methods of Orbit Determination*. Ed. R.E. Krieger Pub. Co., 1985.
- Pollard, H.: *Celestial Mechanics, volume 18 of Carus Mathematical Monographs*. Ed. Math. Assoc. Am., Buffalo, New York, 1976.
- Roy, A.E.: *Orbital Motion*. Ed. Adam Hilger Ltd., 1982.
- Szebehely, V.: *Theory of Orbits*. Ed. Academic Press, New York, 1967.

### Referències complementàries:

- Bate, R.R.; Mueller, D.D.; White, J.E.: *Fundamentals of Astrodynamics*. Ed. Dover, 1971.
- Escobal, P.R.: *Methods of Astrodynamics*. Ed. John Wiley and Sons, 1969.
- Gallavotti, G.: *The Elements of Mechanics*. Ed. Springer-Verlag, New York, 1983.
- Kaula W.M.: *Theory of Satellite Geodesy*. Ed. Blaisdell Pub. Co., 1966.
- Kenneth, P.; Seidelmann (Ed.): *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*. Ed. University Science Books, Califòrnia, 1992.
- Marchal, C.: *The three-Body Problem*. Ed. Elsevier, 1990.
- Milani, A.; Novili A.M. and Farinella, P.: *Non-Gravitational Perturbations and Satellite Geodesy*. Ed. Adam Hilger, 1987.
- Moulton I.R.: *An Introduction to Celestial Mechanics*. Ed. Dover, New York, 1970.
- Poincaré, H.: *Les Methodes Nouvelles de Mécanique Céleste (Vol. I, II, III)*. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 1987.
- Siegel, C.; Moser, J.: *Lectures on Celestial Mechanics*. Ed. Springer-Verlag, 1971.
- Stiefel, E.L.; Scheifele, G.: *Linear and Regular Celestial Mechanics*. Ed. Springer, 1971.



# CALCULABILITAT

---

CODI: 11866

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: José Luis Balcázar Navarro

## Objectius del curs

Estudiar les limitacions matemàtiques dels algoritmes, mitjançant la identificació precisa dels problemes que admeten solució algorísmica. Desenvolupar eines que permetin la classificació de problemes en resolubles o insolubles, i classificar els insolubles d'acord amb el seu grau d'insolubilitat. Mostrar aplicacions dels conceptes clau de la Calculabilitat a altres camps.

## Programa

1. **Manipulació de programes:** Gödelització, diagonalització, recursió parcial. Teorema de parametrització (s-m-n), programes universals. Forma Normal de Kleene.
2. **Models de càlcul:** Codi intermedi, màquines de Turing-Post. El principi de Church. El teorema d'isomorfia de Rogers. Càlcul relatiu.
3. **Teorema de recursió i enumerabilitat:** Teorema de recursió, variants. Decidibilitat: el teorema de Rice. Enumerabilitat: teorema de projecció. Enumerabilitat relativa i la jerarquia aritmètica. Conjunts productius i creatius: el teorema de Rice-Shapiro.
4. **Reduïbilitat, immunitat i graus:** Reduïbilitat  $m$ , reduïbilitat 1, primer teorema de Myhill. Conjunts immunes i simples: teorema de Dekker. Isomorfia recursiva: segon teorema de Myhill. Reduïbilitat de Turing: teorema de Friedberg-Muchnik.
5. **Aplicacions:** Complexitat de Kolmogorov, aleatorietat de Martin-Löf. Lògica: teorema de Gödel, teorema de Tarski. Complexitat estructural: les classes P i NP, problemes NP-complets.

## Avaluació

Aportacions per escrit a les classes de problemes, fins a un màxim de 6 punts. Examen final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Cutland, N.J.: *Computability: an Introduction to Recursive Function Theory*. Ed. Cambridge University Press, 1980 (0-521-29465-7).
- Kfoury, A.J.; Moll, R.N.; Arbib, M.A.: *A Programming Approach to Computability*. Ed. Springer-Verlag, 1982 (3-540-90743-2).
- Rogers, H.: *Theory of Recursive Functions and Effective Computability*. Ed. McGraw-Hill/MIT Press, 1993 (2a edició).
- Smith, C.H.: *A recursive introduction to the theory of computation*. Ed. Springer-Verlag, 1994.

- Soare, R.I.: *Recursively Enumerable sets and Degrees*. Ed. Springer-Verlag, 1987 (3-540-15299-7).

### Referències complementàries:

- Autebert, J.-M.: *Calculabilité et décidabilité: une introduction*. Ed. Masson, 1992 (2-225-82632-3).
- Dunne, P.: *Computability Theory: Concepts and Applications*. Ed. Ellis Horwood, 1991 (13-159484-2).
- Rayward-Smith, V.J.: *A First Course in Computability*. Ed. Blackwell Scientific Publications, 1986 (0-632-01307-9).
- Rozenberg, G.; Salomaa, A.: *Cornerstones of Undecidability*. Ed. Prentice-Hall, 1994 (13-297425-8).

### Altres referències:

- Balcázar, J.L.: Apunts.

# CRIPTOGRAFIA

**CODI:** 11868

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Anna Rio Doval

**Altres professors:** Sebastià Martí Molleví

## Objectius del curs

La Criptografia estudia els aspectes de la comunicació relacionats amb la privacitat i la seguretat. Encara que es tracta d'una disciplina amb molta història, la introducció de la idea de clau pública al final dels anys setanta representa una revolució de les tècniques criptogràfiques, sobretot pel que fa a la necessitat de noves eines matemàtiques. El curs pretén donar una visió general dels conceptes i mètodes de la criptografia clàssica (part 1 del programa) i estudiar amb detall els sistemes criptogràfics de clau pública (part 4). Per entendre bé el funcionament d'aquests sistemes i saber avaluar-ne la seguretat es requereixen alguns coneixements de teoria de nombres, especialment l'estudi d'algorismes per resoldre determinats problemes (parts 2 i 3).

## Programa

- 1. Criptografia de clau secreta.**  
Conceptes bàsics. Substitució monoalfabètica i polialfabètica. Transposició. Criptosistemes clàssics: Cèsar, Vernam, Playfair, Vigenère, Hagelin, Enigma, etc. Teoria de Shannon. Seguretat perfecta, equivocació, distància d'unicitat. El Data Encryption Standard. Modes d'operació. Variants.
- 2. Aritmètica computacional.**  
Aspectes computacionals dels grups abelians. Exponenciació, extracció d'arrels i logaritme discret. Càlcul d'ordres. Residus quadràtics. Llei de reciprocitat quadràtica. Símbols de Legendre i de Jacobi. Extracció d'arrels als cossos finits. El problema del logaritme discret als cossos finits. Corbes el·líptiques. Equacions de Weierstrass en característica positiva. Estructura del grup de punts sobre un cos finit: Teoremes de Hasse i Deuring. Grup de classes d'ideals de cossos quadràtics. Formes quadràtiques binàries sobre els enters. Algorisme de Shanks.
- 3. Primalitat i factorització.**  
Distribució dels nombres primers. Teorema del nombre primer. Teorema de Dirichlet de la progressió aritmètica. Hipòtesi de Riemann generalitzada. Primalitat. Criteris de no-primalitat probabilístics. Criteris de primalitat: sumes de Gauss i corbes el·líptiques. Certificats de primalitat. Mètodes clàssics de factorització:  $p$  de Pollard, grup de classes, mètode  $p - 1$  i variants. Mètodes de factorització subexponencials: Criba quadràtica, grup de classes, corbes el·líptiques, criba del cos de nombres.
- 4. Criptografia de clau pública.**  
La idea de Diffie i Hellman. Funcions unidireccionals. Portes trampa. Aplicacions del logaritme discret: Distribució pública de claus, xifratge, criptografia sense clau. Comparació dels problemes del logaritme discret i la factorització. Variants amb corbes el·líptiques.

Criptosistema RSA. Modes d'operació i aplicacions. Variants amb corbes el·líptiques. Criptosistemes basats en el problema de la motxilla. Algorisme LLL. Criptoanàlisi de les motxilles de baixa densitat. Motxilles d'alta densitat. Protocols criptogràfics. Passwords, funcions de hash, signatures digitals, autenticació, secrets compartits, tirades de daus.

## Coneixements previs necessaris

Les assignatures obligatòries de la Llicenciatura de Matemàtiques i Àlgebra computacional.

## Avaluació

L'avaluació consistirà en la realització d'un treball (35%), la participació a les classes pràctiques (15%), i un examen final (50%).

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Cohen, H.: *A Course in Computational Algebraic Number Theory*. Ed. Springer-Verlag, 1993.
- Koblitz, N.: *A Course in Number Theory and Cryptography*. Ed. Springer-Verlag, 1987.
- Schneier, B.: *Applied Cryptography. Protocols, Algorithms, and Source Code in C. Second Edition*. Ed. John Wiley & Sons, Inc. 1996.
- Simmons, G.J. (Ed): *Contemporary Cryptology. The Science of Information Integrity*. Ed. IEEE Press, 1992.
- Stinson, D.R.: *Cryptography. Theory and Practice*. Ed. CRC Press, 1995.

### Referències complementàries:

- Kahn, D.: *The Codebreakers. The story of secret writing*. Ed. Macmillan, 1967.
- Kranakis, E.: *Primality and Cryptography*. Ed. Wiley-Teubner Series in Computer Science, 1986.
- Pomerance, K. (Ed.): *Cryptology and Computational Number Theory*. Ed. AMS Short Course series núm. 42, 1990.

### Altres referències:

- Shannon, C.: *Communication Theory of Secrecy Systems*. Ed. Bell Syst. Tech. J., vol. 28, pp.656-715, 1949.

# EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS

CODI: 12814

Càrrega docent: 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Pedro Díez Mejía  
**Altres professors:** Antonio Huerta Cerezuela

(Aquesta assignatura s'imparteix conjuntament amb l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins Canals i Ports de Barcelona.)

## Objectius del curs

Proporcionar una base teòrica i pràctica sòlida sobre el mètode dels elements finits aplicat a la resolució d'EDPs. S'insisteix en el tractament dels problemes de segon ordre més freqüents en enginyeria i física. A més d'analitzar els conceptes del mètode es realitzaran càlculs pràctics. Es desenvoluparan estudis acadèmics per consolidar els conceptes adquirits i es faran càlculs d'aplicacions d'enginyeria que permetin avaluar la potència del mètode. Es fa atenció a les tècniques de remallat adaptable basades en l'estima de l'error i a l'aplicació al càlcul pràctic per elements finits.

## Programa

- 1. Introducció**  
Tipus de problemes que es poden abordar amb el Mètode dels Elements Finitos (MEF)  
Discretització de la geometria, discretització del problema
- 2. Forma integral del problema**  
Mètode dels residus ponderats, forma feble  
Funcions d'interpolació i funcions de ponderació: mètode de Galerkin  
Espais d'aproximació del MEF
- 3. Tipus d'interpolació**  
Element, malla i interpolant  
Element de referència i interpolació isoparamètrica
- 4. Algorísmia bàsica**  
Esquema bàsic d'un programa per a MEF  
Tractament de les condicions de contorn
- 5. Esquemes de remallat adaptable**  
Malladors automàtics  
Estimadors d'error  
Criteris de remallat
- 6. Problemes amb convecció**  
Convecció difusió estacionària: mètodes de Petrov-Galerkin  
Convecció pura transitòria: mètodes de Taylor modificats

## Coneixements previs necessaris

Mètodes Numèrics 3 i Equacions Diferencials 2, i és recomanable haver cursat Mètodes Numèrics per a EDPs.

## Avaluació

Exàmens i pràctiques amb ordinador.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Brezzi, F.; M. Fortin: *Mixed and hybrid finite element methods*, Springer-Verlag, New York, 1991.
- Cook, R.D.; D.S. Malkus; M.E. Plesha: *Concepts and applications of finite element analysis*, Wiley, New York, 1989.
- Hughes, T.J.R.: *The finite element method: linear static and dynamic finite element analysis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1987.
- Wait, R.; A.R. Mitchell: *Finite elements analysis and applications*, John Wiley and Sons, New York, 1985.
- Zienkiewicz, O.C.; R.L. Taylor: *The finite element method: I basic formulation and linear problems, II solid and fluid mechanics, dynamics and non-linearity*, Mc Graw-Hill, London, 1989.

### Referències complementàries:

- Johnson, C.: *Numerical solution of partial differential equations by the finite element method*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- Raviart, P.A.; J.M. Thomas: *Introduction à l'analyse numérique des équations aux dérivées partielles*, Masson, Paris, 1983.
- Strang, G.; G.J. Fix: *An analysis of the finite element method*, Prentice-Hall, Massachusetts, 1973.

## MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA

---

CODI: 11871

Càrrega docent: 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Antonio Rodríguez Ferran

**Altres professors:** Antonio Huerta Cerezuela

(Aquesta assignatura s'imparteix conjuntament amb l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona.)

### Objectius del curs

Proporcionar una sòlida perspectiva de conjunt de les tècniques de resolució de sistemes d'equacions no lineals i programació matemàtica no lineal (amb i sense restriccions), amb èmfasi especial en les aplicacions reals a problemes d'Enginyeria: càlcul no lineal de problemes mecànics.

### Programa

- 1. Introducció als sistemes d'equacions no lineals.**
- 2. Mètodes iteratius per a sistemes d'equacions lineals.** Repàs de les tècniques bàsiques.
- 3. Solució de sistemes no lineals.** Introducció i orígens dels problemes no lineals. Mètodes de punt fix, existència i unicitat, Picard. Mètode de Newton-Raphson. Mètode Incremental/Iteratiu. Variants del Mètode de Newton-Raphson, Newton-Raphson modificat, Whittaker. Mètodes Quasi-Newton, Introducció i classificació, mètode de Broyden directe i invers, altres mètodes de rang 1, mètodes de rang 2: DFP i BFGS, anàlisi comparativa. Mètodes Secant-Newton, motivació i definició, mètodes més utilitzats. Criteris de convergència. Acceleracions de convergència. Mètodes de continuació.
- 4. Introducció a l'optimització i al disseny òptim en problemes d'enginyeria.** El problema general de programació matemàtica no lineal. Formulació general de problemes en enginyeria i la seva classificació: problemes directes, problemes d'optimització, problemes inversos i problemes de control. Classificació de mètodes de programació matemàtica no lineal. Anàlisi de sensibilitat; estat directe i estat adjunt.
- 5. Programació matemàtica no lineal.** Notació. Definicions. Minimització sense restriccions, equivalència entre minimització sense restriccions i sistemes no lineals, mètodes específics. Minimització amb restriccions, definicions i conceptes bàsics: equivalència entre restriccions i convexitat, condicions de mínim: multiplicadors de Lagrange i condicions de Kuhn-Tucker, dualitat en problemes convexos, mètodes numèrics per al problema n-dimensional, mètodes de descens generalitzats, mètodes basats en les condicions de Kuhn-Tucker, mètodes de reducció a problemes de minimització sense restriccions (funcions de penalització, funcions barrera, Lagrangiana augmentat), mètodes de reducció a problemes específics de minimització amb restriccions. Mètodes per a problemes de mínims quadrats no lineals, mètode de Gauss-Newton, millores: Gauss-Newton amortidor i Levenberg-Marquardt. Recomanacions generals i aplicacions.

### Coneixements previs necessaris

Mètodes Numèrics 2.

### Avaluació

La nota final estarà determinada pels exàmens, els treballs del curs i les pràctiques.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Crisfield, M.A.: *Non-Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures*, John Wiley & Sons, Nova York, 1991.
- Ciarlet, P.G.: *Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation*, Masson, París, 1990.
- Dennis, J.E.; Schnabel, R.B.: *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Non Linear Equations*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1983.
- Fletcher, R.: *Practical Methods of Optimization*, John Wiley & Sons, Chichester, 1987.
- Ortega, J.M.; Rheinboldt, W.: *Iterative Solution of Nonlinear Equations in Several Variables*, Academic Press, San Diego, 1970.

#### Referències complementàries:

- Bard, Y.: *Nonlinear Parameter Estimation*, Academic Press, Nova York, 1974.
- Bathe, K.J.: *Finite Element Procedures in Engineering Analysis*. Ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nova Jersey, 1982.
- Beck, J.V.; Arnold, K.J.: *Parameter Estimation in Engineering and Science*. Ed. John Wiley & Sons, Nova York, 1977.
- Fox, R.L.: *Optimization Methods for Engineering Design*. Ed. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1971.
- Scales, L.E.: *Introduction to Non Linear Optimization*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1985.
- Vanderplaats, G.N.: *Numerical Optimization Techniques for Engineering Design (With Applications)*. Ed. McGraw-Hill, Nova York, 1984.

#### Altres referències:

- Dennis, J.E.; Moré, J.J.: *Quasi-Newton methods, motivation and theory*, SIAM Review, Volume 19, pp. 46-89, 1977.

# OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1

CODI: 11879

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Narcís Nabona Francisco

Altres professors: Lúdia Montero Gómez

## Objectius del curs

- Presentar les bases teòriques dels principals algorismes d'Optimització Contínua i les seves eines de resolució de problemes d'alta dimensionalitat i/o no lineals.
- Justificar l'eficiència computacional dels algorismes que es presenten.
- Comprensió d'una part de les propietats dels algorismes mitjançant l'experimentació computacional amb programes preparats per resoldre problemes escollits.
- Adquisició de pràctica en l'ús de les eines professionals de l'Optimització Contínua.
- Entrar en contacte amb problemes reals d'Optimització Contínua.

## Programa

- 1. Conceptes bàsics:** Convexitat de funcions. Teoremes sobre màxims i mínims de funcions convexes en conjunts convexos. Direcció de descens i derivada direccional. Exploració lineal per mitjà d'ajustos quadràtics i cúbics. Condicions 1a i 2a d'Armijo-Goldstein. Taxa i ordre de convergència.  
**Introducció a l'esparsitat:** Emmagatzematge espars d'un vector i una matriu. Ubicadors i accessibilitat. Producte matriu per vector. Matrius simètriques esparses i graf equivalent. Triangularització en matrius esparses i modificació d'ubicadors. Reordenacions.
- 2. Mètodes de direccions conjugades:** Direccions Q-conjugades, propietats i generació. Minimització d'una funció quadràtica. Teorema del subespai expansiu. Algorisme i teorema del gradient conjugat. El gradient conjugat com a procés òptim: teoremes 1 i 2. Solució aproximada de sistemes d'equacions amb matriu de coeficients simètrica i definida positiva. Aplicació de l'esparsitat. Mètode del gradient parcial.  
**Mètode de Newton:** Propietat de la família d'algorismes  $X_{k+1} = X_k - \alpha MG_k$ . El mètode de Newton. Convergència local i convergència global. Modificació de Luenberger. Triangularització de Gill-Murray. Modificació de Dennis-Schnabel. Aplicació de l'esparsitat.  
**Factoritzacions ortogonals i mínims quadrats:** Recordatori de propietats de les matrius de Householder. Factoritzacions QR i LQ. Cas de rang incomplet. Submatrius Y i Z de la matriu Q; subespai de rang i subespai nul. Mínims quadrats lineals i interpretació geomètrica. Solució numèrica sense i amb factorització QR. Rang incomplet en columnes, factorització ortogonal completa i solució de norma mínima. Mínims quadrats qualssevol. Mètode de Gauss-Newton. Solució numèrica sense i amb factorització QR. Esparsitat en la factorització QR o LQ.
- 3. Minimització amb restriccions lineals d'igualtat:** Reducció de la dimensionalitat per les restriccions lineals d'igualtat. Procediments d'obtenció d'un punt inicial factible. Obtenció de la matriu Z per factorització LQ i pel mètode de reducció de variable. Algorisme general. Gradient projectat i mètode del gradient. Hessià projectat i mètode de Newton. Aplicació de l'algorisme del gradient conjugat. Programació quadràtica. Estimacions dels multiplicadors de Lagrange de 1r i 2n ordre.
- 4. Minimització amb restriccions lineals de desigualtat:** Mètode del conjunt actiu. Actualitzacions de la matriu Z quan s'hi afegeixen i es descarten restriccions. Actualitzacions de l'hessià projectat quan es descarta una restricció. Programació quadràtica definida positiva. Actualització de Z'QZ quan s'hi afegeix una restricció. Minimització subjecta a fites simples de les variables.

**Algorisme de Murtagh-Saunders:** Constriccions lineals d'igualtat i fites simples. Procediment de Murtagh-Saunders. Variables superbàsiques. Algorisme general. El mètode del símplex.  
**Introducció als Mètodes de Punt Interior:** Consideracions geomètriques. Requeriments matemàtics. Escalat afí primal. Determinació del pas. Punt factible interior. Criteri d'acabament. Relació amb el símplex. Algorisme de l'escalat afí primal. Escalat afí dual. Algorisme.

- 5. Lagrangians augmentats i projectats:** Condicions d'òptim. Noció de Lagrangiana augmentada. Noció de Lagrangiana projectada. El paquet MINOS.

## Pràctiques

Es realitzaran vuit pràctiques consistents en la utilització de programes i paquets ja desenvolupats i una pràctica de desenvolupament, a partir de la llibreria de rutines disponibles, d'un dels algorismes desenvolupats d'optimització sense restriccions. Per realitzar les pràctiques s'explicarà i s'haurà de codificar un problema real d'optimització sense restriccions, i un problema real d'optimització amb restriccions lineals.

## Coneixements previs necessaris

Investigació Operativa.

## Avaluació

Hi haurà dos exàmens de teoria i problemes (65% de la nota), problemes per resoldre (10% de la nota) i pràctiques computacionals (25% de la nota).

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Bertsekas, D.P.: *Nonlinear Programming*. Athena Scientific, Belmont, MA, USA, 1995.
- Dennis, Jr. J.E.; Schnabel, R.B.: *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations*. Ed. Prentice Hall, 1983.
- Duff, I.S. et al.: *Direct Methods for Sparse Matrices*. Ed. Oxford Clarendon Press, 1989.
- Gill, P.E.; Murray, W.; Wright, M.H.: *Practical Optimization*. Ed. Academic Press, 1981.
- Luenberger, D.G.: *Linear and Nonlinear Programming*. Ed. Addison-Wesley Publ. Co. 1984.

### Referències complementàries:

- Arbel, A.: *Exploring Interior Point Methods*. The MIT Press, 1993.
- Fletcher, R.: *Practical Methods of Optimization*. Ed. John Wiley & Sons, 1987.
- Gill, P.E. et al.: *Numerical Linear Algebra and Optimization*. Ed. Addison-Wesley, 1991.
- Golub, G.H.; Van Loan, C.F.: *Matrix Computations*. Ed. Hopkins University Press, 1989.
- Peressini, A.L. et al.: *The Mathematics of Nonlinear Programming*. Ed. Springer, 1988.

### Altres referències:

- Harwell Subroutine Library: *A Catalogue of Subroutines: (release 11)*. Advanced Computing Department, Harwell Laboratory, Harwell, UK, 1993.
- Murtagh, B.A.; Saunders, M.A.: *MINOS 5.0 User's Guide*. Dept. of Operations Research, Stanford University, CA 94305, USA, 1983.

## SIMULACIÓ

---

CODI: 11873

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Josep Casanovas García

Altres professors: Jaume L. Ferrer Cerdà

(Aquesta assignatura s'imparteix conjuntament amb la Facultat d'Informàtica de Barcelona.)

### Objectius del curs

Aquesta assignatura vol introduir l'alumne en els conceptes de la simulació com a eina de la Investigació Operativa per al tractament de models matemàtics en els quals intervé la incertesa. S'introdueixen les metodologies pròpies de la simulació per al disseny i la manipulació dels models esmentats i es proporcionen a l'alumne les eines necessàries per a la construcció de models complexos de simulació, i la utilització de llenguatges estàndard per al seu tractament, en els camps de la simulació de sistemes discrets i continus. Un èmfasi especial serà posat en els temes de mostreig, disseny d'experiments i anàlisi de resultats de la simulació.

### Programa

1. Introducció als temes estocàstics en els models d'Investigació Operativa. Introducció a la teoria de cues: cues poissonianes, no-poissonianes i xarxes de cues.
2. Introducció a la Simulació: Sistemes i Models, tipus de simulació: simulació discreta i simulació contínua. Metodologia de la construcció de models de simulació.
3. Simulació de Sistemes Discrets. Llenguatges especialitzats de simulació: la "visió del món" d'un llenguatge de simulació. La simulació en GPSS. Aplicacions i casos pràctics.
4. Simulació de Sistemes Continus. Llenguatges utilitzats. Utilització del SIMULINK. Aplicacions i casos pràctics.
5. Processos de mostreig en Simulació. La generació de mostres de variables aleatòries. Tècniques de reducció de la variància. Estratificació.
6. El disseny d'experiments de simulació: Disseny factorial. Estratègies de disseny. Superfícies de resposta. Metamodels.
7. L'anàlisi de resultats: Comportament del transitori i de l'estat estacionari. Mètodes d'anàlisi: mitjanes per a lots, mètodes regeneratius, anàlisi espectral, mètodes autorregressius, "Jackknifing", Sèries Temporals.

### Coneixements previs necessaris

Investigació Operativa, Informàtica 1 i 2, Probabilitat i Estadística, Inferència Estadística.

## Avaluació

Es realitzarà l'avaluació en base a dos treballs pràctics i una prova.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Bratley, P.; Fox, B.L.; Schrage, L.E.: *A guide to simulation*. Ed. Springer-Verlag, 1987.
- Kleijnen, J.: *Simulation. A statistical perspective*. Ed. Wiley, 1992.
- Law, A.M.; Kelton, W.D.: *Simulation Modelling and Analysis*. Ed. McGraw-Hill, 1991.
- Pidd, M.: *Computer Modeling in Management Science*. Ed. John Wiley & Sons, 1992.
- Schriber, T.J.: *An introduction to simulation using GPSS/H*. Ed. John Wiley & Sons, 1991.

#### Referències complementàries:

- Fishman, G.: *Principles of Discrete Event Simulation*. Ed. John Wiley & Sons, 1978.
- Kleijnen, Jack P.C.: *Statistical Techniques in Simulation. Part I i II*. Ed. Marcel Dekker, 1975.
- Naim A. Kheir, Ed. *Systems Modeling and Computer Simulation*. Marcel Dekker, Inc 1996.
- Russell, E.D.: *Building Simulation Models w/ Simscript II.5*. Ed. CACI, 1991.
- *The Student Edition of Simulink*. The MathWorks, Inc. Prentice Hall, 1996

#### Altres referències:

- *Simulation*: revista de la Society for Computing Simulation. Mensual.

## TEORIA DE SISTEMES LINEALS

---

CODI: 11862

Càrrega docent: 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Josep Ferrer Llop

**Altres professors:** M. Isabel García Planas, M. Dolors Magret Planas, Ferran Puerta Sales, Xavier Puerta Coll.

(Aquesta assignatura s'imparteix conjuntament amb l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona)

### Objectius del curs

La Teoria de Sistemes aborda fonamentalment l'estudi qualitatiu dels models matemàtics dels sistemes físics. En aquest curs s'introdueixen els conceptes i les nocions bàsiques de la teoria, fent especial èmfasi en el cas particular de sistemes invariants en el temps, per als quals s'obtenen formulacions tancades satisfactòries.

### Programa

- 1. Introducció:** Sistemes físics i models; descripció entrada/sortida i per les variables d'estat; equacions equivalents; diagrames dinàmics; sistemes compostos; la distribució de Dirac.
- 2. Equacions en Diferències:** Existència i unicitat de les solucions; EED homogènies i completes; propietats dinàmiques; transformada Z; EED lineals amb coeficients variables.
- 3. Resolució de les Equacions Lineals d'Estat:** Cas discret; cas continu; EED d'ordre superior; introducció als sistemes lineals positius.
- 4. Propietats Dinàmiques:** Punts d'equilibri, varietats d'equilibri; estabilitat; oscil·lacions; distribucions invariants; modes dominants.
- 5. Controlabilitat i Observabilitat:** Equacions dinàmiques controlables, caracterització per la matriu de controlabilitat, funcions de control, estats assolibles; equacions dinàmiques observables, caracterització per la matriu d'observabilitat, determinació de l'estat inicial, estats observables.
- 6. Realització:** Condicions de realitzabilitat, realitzacions minimal, realitzacions invariants en el temps; realització de matrius de transferència, realització controlable canònica, realització observable canònica; grau de MacMillan.
- 7. Formes Canòniques Reduïdes de les Equacions d'Estat:** canvis de base en les variables d'estat, equacions equivalents, invariants de la transformació; forma canònica de control; realimentació d'estat, invariants per realimentació, forma canònica de Brunovsky.
- 8. Assignació de Valors Propis per Realimentació:** cas de sistemes controlables uniparamètrics; cas de sistemes controlables multiparamètrics; cas general.

### Avaluació

A més de l'examen final es valoraran els exercicis realitzats a classe i els treballs presentats.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Barnett, S.; Cameron, R.G.. *Introduction to Mathematical Control Theory*. Clarendon Press, Oxford, 1985.
- Chen Chi-Tsong.. *Linear System Theory and Design*: Rinehart and Winston, 1984.
- Luenberger, D.G.. *Introduction to Dynamic Systems. Theory, Models and Applications*: John Wiley and Sons, 1979.
- Puerta, F.. *Algebra Lineal i Geometria*: Edicions UPC, Barcelona, 1995.
- Szidarouszky, F.; Bahill, A.T.. *Linear Systems Theory*. CRC Press, 1992.

#### Referències complementàries:

- Wiberg, D.M.. *Espacio de estado y sistemas lineales*. McGraw-Hill, México, 1973.
- Wonham, W.M.: *Linear Multivariable Control A Geometric Approach*. Springer-Verlag, 1985.

# TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES

CODI: 11285

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: M.Teresa Martínez-Seara Alonso

Altres professors: Jordi Villanueva Castelltort

## Objectius del curs

La dinàmica de molts sistemes està modelitzada per equacions diferencials ordinàries (e. d. o.). Dissortadament, el 'club' de les e. d. o. resolubles es redueix a 7 o 8 tipus, i l'aplicació directa d'un mètode numèric de resolució té moltes limitacions (no permet tractar fàcilment famílies de paràmetres, la integració per a temps grossos està afectada de molts errors, el sistema considerat és caòtic, etc.). La teoria qualitativa d'e. d. o. permet conèixer les propietats més rellevants d'un sistema (estabilitat, comportament asimptòtic, etc.) sense haver de conèixer explícitament les solucions, i a la vegada produeix mètodes constructius que permeten aproximar solucions concretes.

L'objectiu d'aquesta assignatura consisteix a descriure els mètodes -analítics, geomètrics, topològics i numèrics- que s'utilitzen en l'estudi de les propietats locals i globals tant de les solucions d'equacions diferencials (sistemes dinàmics continus) com dels iterats successius d'aplicacions (sistemes dinàmics discrets). Pel tipus de problemes que estudia, aquesta assignatura està relacionada amb matèries afins, com l'Astrodinàmica i la Mecànica Celeste. Els alumnes que ho desitgin podran implementar algorismes d'experimentació i simulació dels diferents models que els seran presentats.

## Programa

1. **Equacions diferencials ordinàries i sistemes dinàmics.** Flux associat a un camp vectorial sobre  $\mathbb{R}^n$  o una varietat. Sistemes dinàmics. Funcions de Liapunov. Teorema de Poincaré-Bendixson sobre el pla i l'esfera. Exemples.
2. **Aplicació de Poincaré i sistemes dinàmics discrets.** Sistemes lineals  $x' = A(t)x$ , fórmula de Liouville, teoria de Floquet.
3. **Estructura local dels elements hiperbòlics.** Estabilitat estructural de sistemes lineals hiperbòlics  $x' = Ax$  en  $\mathbb{R}^n$ , i automorfismes lineals hiperbòlics  $x \rightarrow Lx$  en  $\mathbb{R}^n$ . Teoremes de Hartman. Varietats invariants d'elements hiperbòlics. Introducció al teorema de la varietat central.
4. **Teoria de pertorbacions.** Desenvolupaments en sèrie de potències, mètode de Lindstedt-Poincaré. Pertorbacions d'òrbites homoclíniques planes: Mètode de Melnikov. Teoria de mitjanes, introducció als teoremes del twist, de Kolmogorov-Arnold-Moser i de Nekhoroshev.
5. **Formes normals i teoria de bifurcacions.** Reducció formal a forma normal lineal: teoremes de Poincaré i Poincaré-Dulac. Convergència: dominis de Poincaré i Siegel. Cas de sistemes hamiltonians. Bifurcacions locals generals: sella-node, transcrítica, forca, Hopf. Exemples.
6. **Sistemes discrets unidimensionals.** Homeomorfismes i difeomorfismes del cercle, nombre de rotació. Teorema de Denjoy. Propietats genèriques. Estabilitat. Aplicació: e. d. o. sobre el tor. Aplicacions unidimensionals de l'interval: aplicació logística, teorema de Sarkovskii.

7. **Conjunts hiperbòlics i fenòmens caòtics.** El shift de Bernoulli, la ferradura de Smale. Sistemes amb dinàmica hiperbòlica caòtica. Teorema del punt homoclínic de Smale. No integrabilitat de difeomorfismes amb punts homoclínics transversals. Fenomen de Newhouse.

## Coneixements previs necessaris

Equacions Diferencials 1.

## Avaluació

La nota final serà directament proporcional als coneixements demostrats sobre el contingut de l'assignatura demostrats en diferents proves al llarg del curs.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Arnold, V.I.: *Chapitres supplémentaires de la théorie des équations différentielles ordinaires*. Mir, Moscou, 1980.
- Chow, S.N. and Hale, J.K.: *Methods of Bifurcation Theory*. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, 1982.
- Guckenheimer, J. and Holmes, P.: *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems and Bifurcations of Vector Fields*, Springer-Verlag, New York, 1986.
- Marsden, J.E., Ratiu, T.S.: *Introduction to mechanics and symmetry*, T.A.M. 17, Springer-Verlag, New York, 1994.
- Sotomayor, J.: *Lições de equações diferenciais ordinárias*, IMPA, Rio de Janeiro, 1979.

### Referències complementàries:

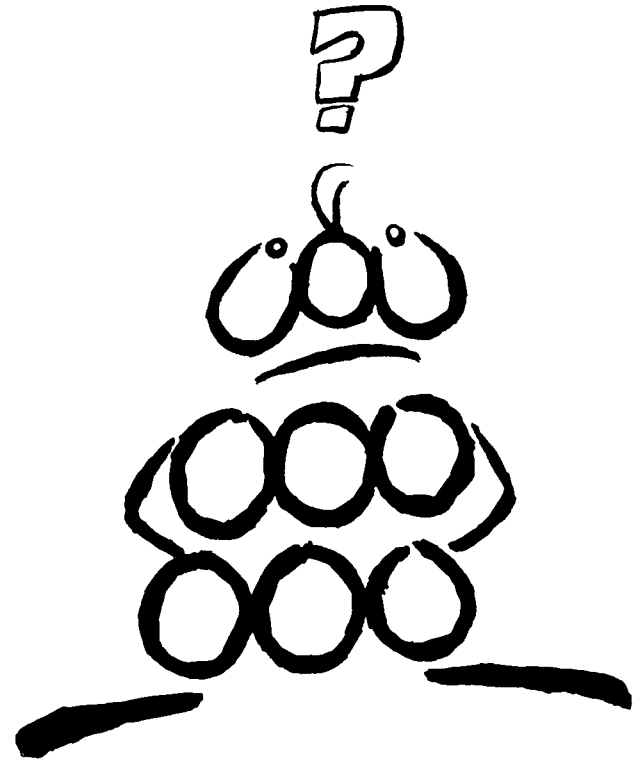
- Arnold, V.I.: *Les méthodes mathématiques de la mécanique classique*. Mir, Moscou, 1976.
- Hirsch, M.W. and Smale, S.: *Ecuaciones diferenciales, sistemas dinámicos y álgebra lineal*. Alianza Editorial, Madrid, 1983.
- Katok, A., Hasselblatt, B.: *Introduction to the Modern Theory of Dynamical Systems*. Cambridge University Press, 1995.
- Lochak, P. and Meunier, C.: *Multiphase Averaging for Classical Systems*, Springer-Verlag, New York, Berlin, 1988.
- Palis, J. Jr. and Melo, W. de: *Geometric Theory of Dynamical Systems*. Springer-Verlag, New York, 1982.
- Wiggins, S.: *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos*. Springer-Verlag, New York, 1994.



---

5. ASSIGNATURES ESPECÍFIQUES DE LLIURE  
ELECCIÓ DE LA FME

---



## HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA

---

CODI: 50003

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Francesc X. Barca Salom

Altres professors: Antoni Roca Rosell

### Objectius del curs

Les assignatures d'història de la ciència i de la tècnica volen contribuir a la formació integral de l'estudiant proporcionant-li elements de cohesió intel·lectual i possibilitant un coneixement més complet de les disciplines pròpies de les carreres científiques i tècniques.

Aquesta assignatura està formada per dos cursos monogràfics, un dels quals es refereix especialment a la història de les matemàtiques. El segon té un caràcter més ampli i posa de manifest l'aspecte dinàmic del desenvolupament científic i tècnic, així com les seves influències recíproques que hi ha amb els altres aspectes de la vida humana.

### Programa

#### 1. Els tres problemes especials de la geometria grega

L'empirisme prehelènic i el "miracle grec". L'aritmogeometria pitagòrica. El descobriment dels incommensurables. Les paradoxes de Zenó. La teoria de les proporcions d'Eudox. Els tres famosos problemes de la geometria grega: la trisecció de l'angle, la quadratura del cercle i la duplicació del cub.

#### 2. Enginyeria i societat a Catalunya i Espanya (segles XVIII-XX)

Els primers tècnics civils: les escoles i les càtedres de la Junta de Comerç. L'acció de l'Estat: l'Escola d'Enginyers de Camins. Antecedents: el sistema estatal francès i l'École Polytechnique. L'alternativa: l'École Centrale d'Arts et Manufactures. Creació de l'enginyeria industrial a Espanya. Enginyers d'estat i enginyers d'empresa. Les noves especialitats tècniques en el segle XX.

### Avaluació

Exàmens a meitat curs, exàmens finals, recensió individual d'un llibre i presentació d'un treball monogràfic fet en equip.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Boyer, C.B.: *Historia de la matemàtica*, Alianza editorial, Madrid, 1986.
- Camarasa, J.M.; Roca, A. (ed.) *Ciència i tècnica als Països Catalans. Una aproximació biogràfica*. Fundació Catalana per a la Recerca, Barcelona, 1995.
- Euclid: *The Thirteen Books of Euclid's Elements*. Dover, New York, 1956.
- *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, vol. 1, Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials, Barcelona, 1996.
- Heath, T.L.: *A History of Greek Mathematics*, 2 vol., Dover, New York, 1981.

### Referències complementàries:

- Farrington, B.: *Ciència grega*, Icaria, Barcelona, 2a ed., 1986.
- Garrabou, R.: *Enginyers Industrials, modernització econòmica i burgesia a Catalunya*. Ed. L'Avenc, Barcelona, 1982.
- Kline, M.: *El pensamiento matemático de la antigüedad a nuestros días*, (3 vol.), Alianza, Madrid, 1992.
- Loria, G.: *Le science essate nell'antica Grecia*, Cisalpino-Goliardica, Milano, 1987.
- Roca, A.; Sánchez Ron, J.M.: *Esteban Terradas: ciencia y técnica en la España contemporánea*, Serbal, Barcelona, 1990.
- Rowe, D.E.; Mc Cleary, J. (ed.): *The History of Modern Mathematics. Proceedings of the Symposium on the History of Modern Mathematics* (2 vol.). Ed. Academic Press, Boston, 1989.
- Seminario Orotava de Historia de la Ciencia: *Historia de la Geometría griega*, Consejería de Educación del Gobierno de Canarias, 1994.

### Altres referències:

- Barca, F; Lusa, G. : *Els tres problemes especials de la geometria grega*. Edicions FME, Barcelona, 1997.
- Lusa, G.; Roca, A.: *Història de l'Enginyeria*. Barcelona, CPDA-ETSEIB, 1996.
- Roca, A.: *Enginyeria i societat a Catalunya i Espanya (segles XVIII-XX)*, CPDA, Barcelona, 1995.

## PROJECTE TECNOLÒGIC

### 1. Deficions i característiques

La FME organitza i dona suport a la obtenció de crèdits de lliure elecció corresponents al segon cicle de la Llicenciatura de Matemàtiques en la forma normalitzada que anomena **Projecte Tecnològic**. Aquest procediment s'inclou dins de la modalitat administrativa anomenada: **reconeixement de crèdits de lliure elecció per treballs dirigits**.

El PT ha de ser un treball de les característiques d'un projecte professional en un tema tecnològic rellevant i en el que es necessiti algun component matemàtic significatiu.

La presència en el PT de temes no matemàtics que exigeixen un esforç d'estudi i d'especialització per part de l'estudiant ha de ser un altre dels seus components. Fora d'aquest darrer aspecte, un PT és un treball equiparable al Projecte de Fi de Carrera tradicional en les carreres d'Enginyeria i d'Arquitectura.

El PT ha de concloure amb la redacció d'una Memòria i amb una exposició pública davant d'un Tribunal.

Un PT superat dona lloc a l'obtenció de 15 crèdits, encara que en casos excepcionals poden realitzar-se projectes de dimensions reduïdes i valorades només en 7,5 crèdits. A tall indicatiu pot indicar-se que el primer cas suposa una dedicació per part de l'estudiant d'unes 300 hores i que en el segon cas d'unes 150 hores.

### 2. Direcció d'un Projecte Tecnològic

Tot PT ha de tenir un Director/a que ha de ser:

- Un professor/a assignat/ada a la FME, si el projecte es realitza a la FME.
- La persona responsable del treball, si aquest es realitza fora de la FME. En aquest cas, el Cap d'Estudis nomenarà un/a professor/a Ponent entre el professorat assignat a la FME.

La dedicació d'un/a professor/a a la direcció d'un PT es considera com a càrrega docent equiparable a la de un Projecte de Fi de Carrera que fixi la normativa vigent de la UPC.

### 3. Propostes de Projectes Tecnològics

Les ofertes de PT poden provenir tant de professors com d'estudiants o d'altres persones interessades, els quals les han de presentar seguint el model de l'Annex 1.

Les propostes de PT han de ser acceptades pel Cap d'Estudis, el qual en donarà la publicitat que s'escaigui a fi que siguin conegudes pels estudiants interessats.

### 4. Projectes col·lectius

Per cada PT s'estableix com un nombre màxim de dos estudiants. Excepcionalment es pot ampliar aquest nombre, amb l'aprovació explícita del Cap d'Estudis i amb la proposta prèvia del/la Director/a del PT.

### 5. Projectes que són fruit d'estades a l'exterior i de convenis

La FME encoratjarà i fomentarà, dins de les seves possibilitats, la realització de PT com a conseqüència de beques, d'estades a l'exterior o de convenis amb empreses o institucions.

La FME oferirà a les empreses o institucions interessades la possibilitat d'establir convenis de cooperació educativa, per tal que els estudiants de la Llicenciatura de Matemàtiques puguin realitzar el PT en pràctiques a l'exterior, d'acord amb la normativa vigent a la UPC sobre els convenis esmentats.

### 6. Registre i matriculació dels Projectes Tecnològics

Per registrar un PT, l'estudiant/a haurà d'haver superat els dos primers blocs curriculars de la Llicenciatura de Matemàtiques.

Per procedir al registre del PT, l'estudiant/a ha de presentar un **precompromís** de reconeixement de crèdits de lliure elecció per Projecte Tecnològic seguint el model de l'Annex 2, on es farà constar el Director, el Títol i un pla de treball. Aquest precompromís de reconeixement haurà d'estar signat per l'estudiant i el Director i portar el vist i plau del Cap d'Estudis.

Hi ha tres períodes de registre, un al mes de febrer/març, un altre al mes de juny/juliol i finalment un altre al mes de setembre/octubre (tots aquests períodes es determinen d'acord amb el calendari acadèmic).

El registre d'un PT dona dret a l'estudiant/a a matricular-lo en el termini d'un any. Si no se'n matricula en aquest termini, l'estudiant ha de tornar a registrar el PT.

Tot estudiant que hagi registrat un PT, encara que no estigui matriculat de cap assignatura, tindrà tots els drets i deures dels estudiants de la FME, incloent-hi l'assegurança escolar.

Hi ha tres períodes de matrícula, un al mes de febrer/març, un altre al mes de juny/juliol i finalment un altre al mes de setembre/octubre (tots aquests períodes es determinen d'acord amb el calendari acadèmic).

Cada matrícula dona dret a una convocatòria per a la presentació i defensa del PT.

En el moment de la matrícula, l'estudiant/a ha de dipositar a la Secretaria cinc còpies de la memòria del PT, de les quals tres seran per als membres del Tribunal, una per l'arxiu de la FME i l'altra per la Biblioteca de la FME.

La memòria del PT s'ha d'ajustar al format que dictamini la Facultat, que s'ha de fer públic prèviament a les convocatòries. L'adequació al format és una condició necessària perquè el PT s'admeti.

Per a cada curs acadèmic, la Facultat ha d'acordar i ha de fer públics els períodes de registre i matriculació dels PT.

## 7. Presentació, defensa i qualificació.

El Cap d'Estudis, a la vista dels PT dipositats i efectuades les consultes que s'escaiguin ha de nomenar el/s tribunal/s i els suplents per l'avaluació. Cada tribunal estarà format pel/la Director/a del projecte (o el Ponent), que actuarà com a Secretari/a, i dos professors assignats a la FME i que no siguin tots tres del mateix departament. Un d'aquests dos professors actuarà de President.

La presentació i defensa del PT s'ha de fer després de 15 dies naturals i abans de 30 dies naturals des de la data de matrícula. La convocatòria la decidirà el President de Tribunal corresponent.

La presentació i la defensa d'un PT són públiques, davant del tribunal, i consisteixen en l'exposició, per part de l'estudiant/a, d'un resum del contingut del projecte, en un temps que fixa i publica el/la president/a del tribunal i el qual, en qualsevol cas, no pot superar una hora. Acabada l'exposició, el tribunal farà a l'estudiant/a les preguntes que consideri pertinents sobre el contingut i la realització del projecte presentat. Aquest caràcter públic exclou la possibilitat del caràcter confidencial de les seves parts, llevat del cas dels treballs elaborats en empreses.

El Tribunal jutjarà la memòria i la presentació, i atorgarà al PT una qualificació global, numèrica i descriptiva, que s'inclourà a l'expedient de l'estudiant.

La qualificació d'un PT es fa segons el model de l'Annex 3, d'acord amb la taula de qualificacions:

Qualificació descriptiva	Qualificació numèrica
NO PRESENTAT	---
SUSPENS	sense nota numèrica
APROVAT	5, 5.5, 6, 6.5
NOTABLE	7, 7.5, 8, 8.5
EXCEL·LENT	9, 9.5
MATRÍCULA D'HONOR	10

En cas que el projecte obtingui una qualificació de NO PRESENTAT o bé de SUSPENS, l'estudiant/a pot tornar a matricular-se'n dins del termini de validesa del registre.

Per cada matrícula, totes les qualificacions dels PT han d'estar recollides en una acta única signada pel/la Cap d'Estudis i el/la Secretari/a Acadèmic/a.

Barcelona, juny de 1997

## ANNEX 1

# LLICENCIATURA DE MATEMÀTIQUES

## PROPOSTA DE "PROJECTE TECNOLÒGIC"

Títol del Projecte proposat:

Proposat per:

Projecte col·lectiu:  SI  NO

Descripció<sup>(\*)</sup>:

Signatura:

Vist i plau  
del/la Cap d'Estudis

Barcelona,

(\*) Indiqueu si la realització del projecte porta associada l'estada en un lloc de treball determinat

## ANNEX 2

### Pre-compromís de reconeixement de crèdits de lliure elecció per l'elaboració d'un Projecte Tecnològic

En / Na ..... amb DNI número .....,  
matriculat del ..... curs de la Llicenciatura de Matemàtiques de la FME, domiciliat en  
el carrer ..... número ..... de  
..... (CP .....) i amb número de telèfon  
....., sol·licita un pre-compromís de reconeixement de crèdits de lliure  
elecció per l'elaboració d'un Projecte Tecnològic dins l'apartat de

Cooperació educativa (\*)  Treball dirigit  Experiència professional

(\*) Aquest pre-compromís haurà de portar necessàriament la conformitat del Rector.

### PLA DE TREBALL

Director/a:

Títol:

Descripció de l'activitat:

Lloc on es realitzarà l'activitat (departament, empresa, etc.):

Nombre de crèdits de lliure elecció amb qualificació / sense qualificació que es reconeixeran si l'activitat és declarada apte:

Vist-i-plau  
del/la Cap d'Estudis

Signatura  
del/la Director/a

Signatura  
del/la Estudiant/a

Barcelona,

Aquest document no dóna dret a la persona interessada de gaudir dels drets inherents als estudiants de la UPC.  
Així mateix aquest document té validesa d'un any a partir de la data de la signatura.

## ANNEX 3

### INFORME I QUALIFICACIÓ DEL PROJECTE TECNOLÒGIC

ESTUDIANT/A:

DNI:

TÍTOL DEL PROJECTE:

DIRECTOR/A DEL PROJECTE:

Informe i valoració global:

Qualificació numèrica i descriptiva:

Número de crèdits de lliure elecció reconeguts:

Signatura del/la  
President/a del Tribunal

Signatura del/la  
Secretari/a del Tribunal

Signatura del/la  
Vocal del Tribunal

Nom:

Nom:

Nom:

Barcelona,

## TALLER DE GEOMETRIA

CODI: 50004

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Claudi Alsina Català

Altres professors: Jaume García Roig, Joan Jacas Moral

### Objectius del curs

Les activitats d'aquest curs estan destinades a viure, conèixer i descobrir el món de la Geometria plana i espacial, el seu context cultural, les seves aplicacions i els aspectes més creatius. Les activitats incorporaran mitjans audiovisuals (retroprojector, vídeo), cibernètics i materials manipulatius i models sobre els quals es pot construir un aprenentatge actiu de la Geometria.

### Programa

#### A. Sessions experimentals

1. TALLER DE GEOMETRIA. Presentació.
2. POLIGOLÀNDIA. Polígons. Classificacions. Propietats mètriques en triangles i quadrilàters.
3. POLÍMINOS. n-òminos. Problemes amb n-òminos. Hemaminos i diamants.
4. CONSTRUCCIONS AMB REGLE I COMPÀS. Quadratures. Duplicació. Inscripció de polígons. Trisecció. Construccions mètriques.
5. NOMBRES CONSTRUÏBLES. Nombres reals construïbles.  $\sqrt{n}$ . Nombre d'or. Proporcions. Divisions congruents o homotètiques.
6. POLIEDRES 1. Història dels políedres. Concepte de políedre. Classificacions.
7. POLIEDRES 2. Políedres regulars: Tetràedre. Cub. Octàedre. Dodecàedre. Icosàedre. Deltàedres.
8. POLIEDRES 3. Políedres d'Arquimedes. Políedres Estelats. Cúpules.
9. PROBLEMES OBERTS. Problemes de Geometria. Cap on va la Geometria?
10. PROJECTE (Treball individual de recerca).

#### B. Sessions audiovisuals

1. ESFERA, CILINDRE, CON. Esfera. Cilindre. Con. Característiques mètriques. Seccions. Generacions de formes.
2. GEOMETRIA I TECNOLOGIA. Aplicacions geomètriques actuals relacionades amb la tecnologia. Transformacions.
3. FORMA I CREIXEMENT. Homotècies i semblances. Raons. Formes naturals possibles. Generacions de formes.
4. MESURA I GEOMETRIA. Mesures directes i indirectes. Teorema de Pitàgores aplicat. Trigonometria. Altres geometries.
5. ART I GEOMETRIA. Bellesa-Natura-Art-Geometria. Fibonacci-Escher-Coxeter-Mandelbrot.
6. L'ALHAMBRA DE GRANADA. Els secrets geomètrics de l'Alhambra.
7. PUNTS DE FUGA-PUNTS DE VISTA. Fuga i representació. Teorema de l'observador.
8. PUNTS DE MIRA. Observació. Simetrització. Situació.
9. CÒNIQUES. Llocs geomètrics. El·lipse. Paràbola. Hipèrbola. Traçats i aplicacions.
10. EMPAQUETAMENTS EN 2D I 3D. Cercles i esferes en empaquetaments.

#### C. Sessions a l'aula informàtica

1. "MATHEMATICA®". Introducció. Instruccions
2. Corbes
3. Famílies de corbes
4. Inversió en el pla
5. Porisma de Steiner (1)
6. Porisma de Steiner (2)
7. Transformacions afins
8. Iteració
9. Fractals
10. Treball en equip

Hi haurà 10 sessions de taller, 10 sessions de vídeo i 10 sessions de treball amb ordinador.

### Avaluació

Avaluació continuada sobre la base del treball i la participació, del quadern de treball i del desenvolupament d'un projecte en equip i un projecte individual que es determinaran en cada cas amb els professors del curs.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Alsina, C.; García J.L.; Jacas, J.: *Temes clau de geometria*. Publ. Univ. Politècnica de Catalunya, Barcelona, 1992.
- Coxeter, H.S.M.: *Fundamentos de geometria*. Ed. Limusa. Wiley, 1971.
- Garfunkel, S. (ed.): *For all practical purposes*. Ed. COMAP, Lexington, Massachusetts, 1987.
- Guillén, G.: *El mundo de los poliedros*. Ed. Síntesis, Madrid, 1990.
- Puig Adam, P.: *Curso de geometría métrica* (T. I-II). Ed. Biblioteca Matemática, Madrid, 1970.

#### Referències complementàries:

- Alsina, C.; Burgués, C.; Fortuny, J.M.: *Materiales para construir la geometria*. Ed. Síntesis, Madrid, 1990.
- Alsina, C.; Pérez, R.; Rufz, C.: *Simetría Dinámica*. Ed. Síntesis, Madrid, 1990.
- Guzmán, M. de: *Para pensar mejor*. Ed. Labor, Barcelona, 1991.
- Klee, V.; Wagon, S.: *Old and new unsolved problems in Plane Geometry and Number Theory*. Ed. MAA, Washington, 1991.
- Martin, G.E.: *Polyominoes. A guide to puzzle and problems in tiling*. Ed. MAA, Washington, 1991.
- Pedoe, D.: *La Geometria en el Arte*. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1982.
- Pólya, G.: *Cómo plantear y resolver problemas*. Ed. Trillas, México, 1985.
- Pugh, A.: *Polyhedra. A visual approach*. Ed. University California Press, Londres, 1976.
- Senechal, M.; Fleck, G. editors: *Shaping space. A polyhedral approach*. Ed. Birkhäuser, Boston, 1988.
- Wolfram, S.: *Mathematica, a system for doing Mathematics by computers*. Ed. Addison-Wesley, 1991.

#### Altres Referències

- Alsina, C.: *Taller de Geometria (Apunts)*. UPC, 1996.

## TRIGONOMETRIA ESFÈRICA I MÈTODES DE CàLCUL EN ASTRONOMIA

CODI: 50225

Càrrega docent: 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Josep Masdemont Soler

**Altres professors:** Antoni Guillamon Grabolosa

### Objectius del curs

Aprendre qualitativament i quantitativament les nocions clàssiques d'Astronomia: els diferents tipus de coordenades, les diferents maneres de mesurar el temps i les posicions i dimensions dels astres, fent especial èmfasi en la Terra, el Sol i la Lluna.

Entre d'altres coses, es donen els coneixements bàsics de trigonometria esfèrica. S'aprendrà a calcular la sortida i posta dels astres. També es tractarà la construcció i col·locació de rellotges de sol i el càlcul d'efemèrides i d'eclipsis de Sol i de Lluna.

### Programa

#### 1. Trigonometria esfèrica

Triangles esfèrics, triangles esfèrics polars. Relacions trigonomètriques de primer ordre, fórmules de Bessel. Relacions trigonomètriques de segon ordre, fórmules de Briggs i de Borda, analogies de Delambre i de Neper. Resolució de triangles esfèrics. Pentagon de Neper.

#### 2. El moviment diürn

Definicions bàsiques. Coordenades geogràfiques. Sistemes de coordenades astronòmiques, coordenades horitzontals, horàries, equatorials i eclíptiques. La mesura del temps i la seva història, temps universal, temps sideral, temps dinàmic. Calendaris. El dia Julià. Canvis de coordenades entre els diferents sistemes de referència. Triangle pol-zènit-astre. Sortida i posta dels astres, refracció atmosfèrica i paral·laxi. Nits blanques.

#### 3. Moviment aparent del Sol

Coordenades equatorials del Sol. Moviment del Sol en longitud. L'equació de Kepler. L'equació del centre. Estacions de l'any, càlcul d'equinoccis i de solsticis. Reducció a l'equador i l'equació del temps. Rellotges de sol.

#### 4. Moviments dels plans fonamentals

Precessió i nutació, coordenades mitjanes i verdaderes. Conseqüències de la precessió. Moviment dels pols.

#### 5. Determinació de dimensions i forma dels cossos celestes. Distàncies entre ells.

Dimensions i forma de la Terra. Determinació del seu radi. Unitats de distàncies en astronomia. Determinació de paral·laxi diürna i anual. Determinació de la unitat astronòmica. Determinació de dimensions i forma dels astres. Estructura del sistema solar.

#### 6. Moviments de la Lluna. Eclipsis.

Òrbita de la Lluna i pertorbacions. Moviment aparent i fases de la Lluna. Rotació i libració de la Lluna. Oculació d'astres per la Lluna. Eclipsis solars i eclipsis de Lluna. Saros.

### Coneixements previs necessaris

Malgrat que el curs és autocontingut, és recomanable haver cursat les assignatures de càlcul i d'àlgebra o geometria corresponents al primer curs de la llicenciatura o d'una enginyeria.

### Avaluació

Hi haurà dues proves de coneixements: una a mig curs i una al final. Es consideraran valoracions complementàries a partir de treballs teòrics i pràctics.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Danjon, A.: *Astronomie générale (Astronomie Sphérique et Elements de Mécanique Celeste)*. París: Albert Blanchard, 1994.
- Meeus J.: *Astronomical Algorithms*. Willmann-Bell. INC, 1991.
- Seidelmann K. (ed.): *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*. University Science Books, 1992
- Smart W.M.: *Text-Book on Spherical Astronomy*. University Press, 1956.
- Torge, W.: *Geodesy*. Ed. Walter Gruyter, 1980.

#### Referències complementàries:

- Bakulin, P.L.; Konomovich, E.V.; Moroz, V.I.: *Curso de Astronomia General*. Moscow: MIR, 1987.
- Dagaev, M.; Demine, V.; Klimichine, I.; Tcharougune, V.: *Astronomie*. Moscow: MIR, 1986.
- Martin Asin F.: *Astronomia*. Paraninfo, 1982.

