



# **Guia docent 95 - 96**

Facultat de Matemàtiques  
i Estadística FME

Llicenciatura de Matemàtiques







# ÍNDIX

---

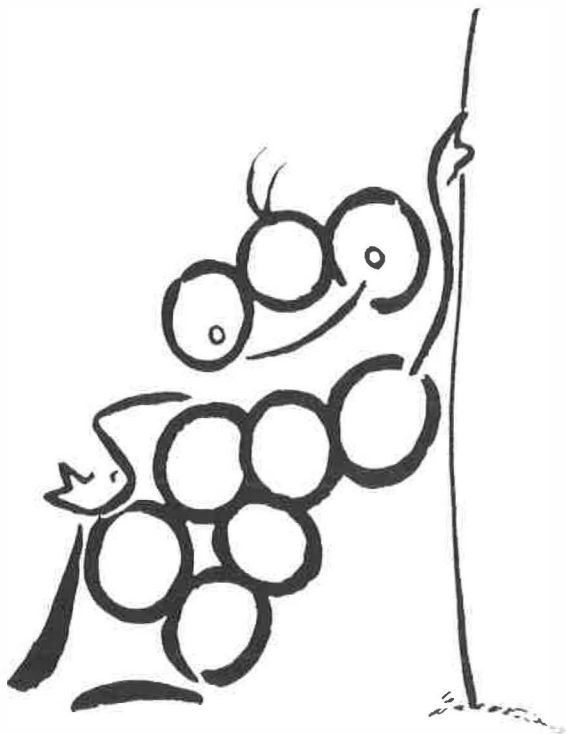
<b>1. Informació general de la FME</b> .....	5
Presentació .....	7
Calendari acadèmic del curs 1995-96 .....	9
<b>2. La Llicenciatura de Matemàtiques</b> .....	11
Presentació .....	13
Pla d'estudis .....	15
Departaments i professorat .....	21
Horaris de classe .....	25
Dates dels exàmens .....	35
<b>3. Programes de les assignatures troncal o obligatòries</b> .....	41
1r curs - 1r quadrimestre .....	43
1r curs - 2n quadrimestre .....	55
2n curs - 1r quadrimestre .....	65
2n curs - 2n quadrimestre .....	77
3r curs - 1r quadrimestre .....	87
3r curs - 2n quadrimestre .....	95
4t curs - 1r quadrimestre .....	103
<b>4. Programes de les assignatures optatives</b> .....	109
3r curs - 1r quadrimestre .....	111
3r curs - 2n quadrimestre .....	123
4t curs - 1r quadrimestre .....	137
4t curs - 2n quadrimestre .....	147
<b>5. Assignatures específiques de lliure elecció de la FME</b> .....	163
<b>6. Algunes normatives</b> .....	171
Criteris generals per a la convalidació i reconeixament de crèdits de lliure elecció .....	173
Normativa d'exàmens i qualificacions (plans reformats) .....	177
Sobre el paràmetre de rendiment acadèmic .....	181



---

# 1. INFORMACIÓ GENERAL DE LA FME

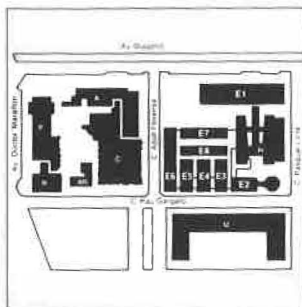
---





# PRESENTACIÓ

La Facultat de Matemàtiques i Estadística va iniciar les seves activitats el curs 1992-93. Durant aquell curs s'hi va impartir per primer cop el primer curs dels estudis de la Llicenciatura de Matemàtiques, i s'hi 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).



## Campus Sud

<b>A, C:</b>	Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona
<b>H, E1-E8:</b>	Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona
<b>U:</b>	Facultat de Matemàtiques i Estadística
<b>P:</b>	Escola Universitària Politècnica de Barcelona
<b>R:</b>	Pavelló de Govern
<b>AR:</b>	Aularis

L'Equip de Govern de la FME està constituït en aquest moment pels professors següents: Joan de Solà-Morales Rubió (Delegat del Rector en funcions de Degà), Josep Grané Manlleu (Vice-Degà Cap d'Estudis de la Llicenciatura de Matemàtiques), Jaume Barceló Bugeda (Vice-Degà Cap d'Estudis de la Diplomatura d'Estadística) i Marta València Guitart (Secretària Acadèmica).

La Facultat, entre altres, disposa dels serveis següents:

**Secretaria i Administració.** Està ubicada a la planta baixa de l'edifici esmentat i té cura de la gestió acadèmica i administrativa del Centre. L'horari d'atenció al públic és: al matí, de 10 a 13.30h, de dilluns a divendres, i a les tardes, de 15.30 a 17h, de dilluns a dijous (tel. 401 72 98, fax 4017299).

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

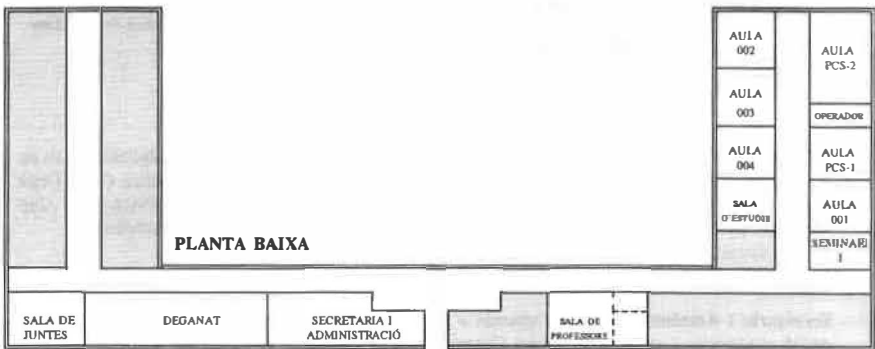
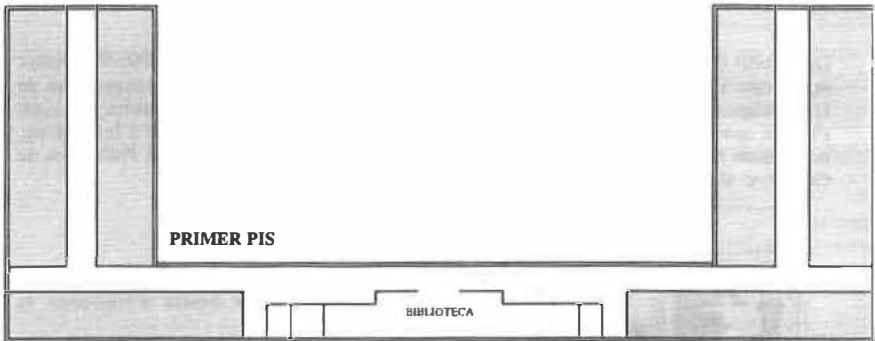
**Biblioteca.** Està a la primera planta. Ofereix serveis de consulta i préstec de llibres a professors i estudiants, i serveis de recerca bibliogràfica en connexió amb la resta de biblioteques de la Universitat. L'horari d'atenció al públic és de 9 a 20h, de dilluns a divendres (tel. 401 70 20).

**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 al soterrani. Els estudiants hi organitzen diverses activitats com són els actes de Sant Albert Magne, els assaigs i concerts de la coral, la confecció i edició de la revista, la participació en competicions esportives, etc.



# PLÀNOL DE LA FACULTAT DE MATEMÀTIQUES I ESTADÍSTICA



# CALENDARI ACADÈMIC DEL CURS 1995-96

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	29			

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	

JULIOL

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					

## **Calendari acadèmic de la FME per al curs 1995-96**

### **1. Períodes no lectius i dies festius entre l'1 de setembre de 1995 i el 31 de juliol de 1996**

11 de setembre de 1995  
12 d'octubre de 1995  
1 de novembre de 1995  
6, 7 i 8 de desembre de 1995  
del 23 de desembre de 1995 al 7 de gener de 1996 (ambdós inclosos)  
de l'1 al 8 d'abril de 1996  
1 de maig de 1996  
27 de maig de 1996  
24 de juny de 1996

### **2. Calendari lectiu general (excepte per al primer curs de la Llicenciatura de Matemàtiques i per a les assignatures específiques de lliure elecció)**

Primer quadrimestre: del 25 de setembre de 1995 al 19 de gener de 1996  
Període d'exàmens del primer quadrimestre: del 22 de gener al 9 de febrer de 1996  
Segon quadrimestre: del 26 de febrer al 7 de juny de 1996  
Període d'exàmens del segon quadrimestre: del 10 al 28 de juny de 1996  
Període d'exàmens extraordinaris: del 2 al 10 de setembre de 1996

### **3. Calendari lectiu del primer curs de la Llicenciatura de Matemàtiques**

Primer quadrimestre: del 12 de setembre al 22 de desembre de 1995  
Període d'exàmens del primer quadrimestre: del 8 al 25 de gener de 1996  
Segon quadrimestre: del 5 de febrer al 17 de maig de 1996  
Període d'exàmens del segon quadrimestre: del 20 de maig al 3 de juny de 1996  
Període d'exàmens extraordinaris: del 8 al 12 de juliol de 1996

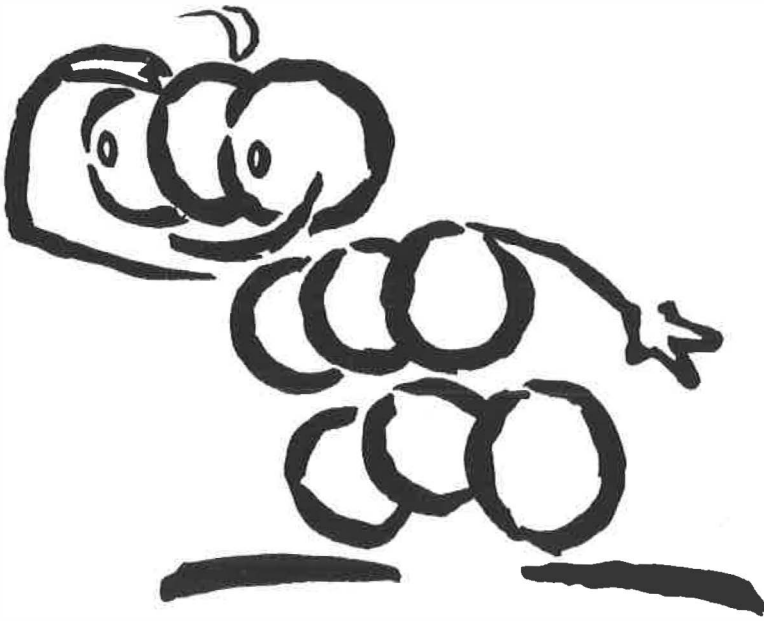
### **4. Calendari d'impartició d'assignatures específiques de lliure elecció**

Primer quadrimestre: del 25 de setembre a l'1 de desembre de 1995  
Segon quadrimestre: del 4 de març al 17 de maig de 1996

---

## 2. LA LLICENCIATURA DE MATEMÀTIQUES

---





## PRESENTACIÓ

---

La Llicenciatura de Matemàtiques a la UPC té com a objectiu 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.

De les característiques d'aquests estudis ara oferts per la UPC, convé destacar-ne 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), el qual és, per tant, 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 (fixades per la mateixa UPC), es vol posar èmfasi 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 de les assignatures optatives del Pla d'estudis, que necessàriament pot estar afectat tant pels interessos dels estudiants com per les possibilitats de la UPC, es vol seguir 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.



# PLA D'ESTUDIS

---

## Característiques generals

Aquests estudis corresponen al títol universitari oficial de Llicenciatura/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 tenen una càrrega docent total de 300 crèdits entre teòrics i pràctics (equivalent a una docència de 3.000 hores), que es reparteixen en quatre anys. Aquests quatre anys es divideixen en dos cicles, de dos anys cadascun. Totes les assignatures són quadrimestrals i s'agrupen en dos períodes lectius a l'any, de 15 setmanes cadascun.

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 25 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.

Les assignatures de més pes teòric (anomenades de tipus  $\tau$ ) tenen 4,5 crèdits teòrics i 3 de pràctics, i les assignatures de més pes pràctic (anomenades de tipus  $\pi$ ) tenen 3 crèdits teòrics i 4,5 de pràctics.

## Assignatures optatives

L'estudiant haurà de triar deu assignatures optatives, totes al segon cicle. Al final de cada curs es farà 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 fan 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 troncal 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 troncal 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 dos procediments:

- a) Cursant assignatures triades lliurement entre les que ofereix la UPC o alguna altra universitat amb la qual s'estableixi un conveni.
- b) Mitjançant un treball dirigit acadèmicament, o valorant a raó d'1 crèdit per cada 30 hores un treball tutelat de pràctiques en institucions públiques o privades, empreses, etc.



Per facilitar el procediment a), la Facultat facilitarà suggeriments d'assignatures d'altres centres o organitzades expressament per la Facultat fora dels currículums, que siguin apropiades i s'aduguin amb les limitacions horàries dels estudiants. Per al curs 1995-96, la FME organitza:

- amb el Departament d'Estructures a l'Arquitectura, l'assignatura **Taller de Geometria** (especialment recomanada als alumnes de 1r curs), que es realitzarà durant el segon quadrimestre,
- amb el Departament de Matemàtica Aplicada I, l'assignatura **Història de la Ciència** (especialment recomanada als alumnes de 2n curs), que es realitzarà durant el segon quadrimestre, i l'assignatura **Trigonometria Esfèrica i mètodes de càlcul en Astronomia**, que es realitzarà durant el primer quadrimestre.

Totes aquestes assignatures són de 7,5 crèdits, amb un horari establert per la Facultat i amb el calendari docent fixat per la Universitat Politècnica de Catalunya per a les assignatures específiques de lliure elecció.

## Quadre d'assignatures

Quadr. 1A	10001 ob, τ	10002 tr, τ	10003 ob, τ	10004 tr, τ	10005 tr, π
	FÍSICA GENERAL	CÀLCUL I	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA	ÀLGEBRA LINEAL	INFORMÀTICA I
Quadr. 1B	10006 tr, π	10007 tr, τ	7,5 crèdits LLIURE ELECCIÓ	10008 tr, τ	10009 tr, π
	MÈTODES NUMÈRICS I	CÀLCUL 2		GEOMETRIA	INFORMÀTICA II
Quadr. 2A	10011 tr, π	10012 tr, τ	10013 tr, τ	10014 tr, τ	10015 tr, τ
	MÈTODES NUMÈRICS 2	CÀLCUL 3	EQUACIONS DIFERENCIALS I	TOPOLOGIA	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA
Quadr. 2B	10016 ob, π	10017 ob, τ	7,5 crèdits LLIURE ELECCIÓ	10018 tr, τ	10019 tr, τ
	INVESTIGACIÓ OPERATIVA	ANÀLISI REAL		GEOMETRIA DIFERENCIAL I	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA
Quadr. 3A		10020 tr, τ	10021 tr, τ	10022 tr, τ	
	OPTATIVA 1	EQUACIONS DIFERENCIALS 2	MÈTODES NUMÈRICS 3	ÀLGEBRA ABSTRACTA	OPTATIVA 2
Quadr. 3B		10023 tr, τ	10024 ob, τ	10025 tr, τ	
	OPTATIVA 3	ANÀLISI COMPLEXA	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	GEOMETRIA DIFERENCIAL II	OPTATIVA 4
Quadr. 4A		10026 tr, τ	7,5 crèdits LLIURE ELECCIÓ	10027 tr, τ	
	OPTATIVA 5	ANÀLISI FUNCIONAL		TOPOLOGIA ALGEBRAICA	OPTATIVA 6
Quadr. 4B			7,5 crèdits LLIURE ELECCIÓ		
	OPTATIVA 7	OPTATIVA 8		OPTATIVA 9	OPTATIVA 10

tr: assignatura troncal

τ: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

ob: assignatura obligatòria

π: 3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics

(A dalt i a l'esquerra de cada requadre, hi consta el codi de l'assignatura)

## Assignatures optatives

Les assignatures optatives de la FME per a la Llicenciatura de Matemàtiques (totes de 7,5 crèdits) queden recollides en els blocs temàtics següents:

### **Bloc d'Àlgebra Aplicada (B1):**

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

### **Bloc d'Estadística (B2):**

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

### **Bloc d'Informàtica Teòrica (B3):**

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

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

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

### **Bloc de Matemàtica Discreta (B5):**

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

### **Bloc de Mecànica (B6):**

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

### **Bloc de Mètodes Numèrics (B7):**

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

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

Teoria de Sistemes Lineals: Controlabilitat i Observabilitat, Mètodes Geomètrics de la Teoria de Sistemes, Control de Sistemes en Enginyeria, Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries, etc.

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

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

L'oferta d'assignatures optatives se sotmet anualment a una pre-inscripció indicativa entre els estudiants de segon curs i de tercer curs, a fi de decidir quines són les assignatures que efectivament s'impartiran en el curs següent, d'acord amb les possibilitats de la Universitat.

L'oferta completa sotmesa durant el curs 1994-95 a aquesta pre-inscripció indicativa ha estat la de la llista següent, en la qual les assignatures estan ordenades per cursos i quadrimestres. Els noms en negreta corresponen a les assignatures que efectivament s'impartiran, encara que la seva ordenació per cursos és purament orientativa.

Curs 1995-96: 1r QUADRIMESTRE - 3r CURS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
<b>Algorísmica</b>									
Inferència Estadística i Anàlisi Bayesiana									
<b>Lògica i Fonamentació</b>									
Mecànica Racional									
Programació Matemàtica									
Teoria de Còdis									
Teoria de Grafs									

Curs 1995-96: 2n QUADRIMESTRE - 3r CURS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
<b>Àlgebra Computacional</b>									
Anàlisi Numèrica									
Astrodinàmica i Mecànica Celest									
Història de la Matemàtica									
<b>Model Lineal General</b>									
<b>Optimització Contínua 1</b>									
Teoria de la Programació									
<b>Teoria de Sistemes Lineals</b>									

Curs 1995-96: 1r QUADRIMESTRE - 4t CURS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Ampliació de Models Matemàtics de la Física									
<b>Combinatòria</b>									
Estadística Multidimensional									
<b>Geometria Discreta i Computacional</b>									
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 1995-96: 2n QUADRIMESTRE - 4t CURS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Ampliació d'Anàlisi									
<b>Ampliació de Geometria</b>									
Anàlisi de Sèries Temporals i Previsió									
Aplicacions de la Matemàtica Discreta									
<b>Calculabilitat</b>									
Control de Sistemes en Enginyeria									
<b>Criptografia</b>									
Didàctica de la Matemàtica									
El mètode dels Elements Finit									
Mecànica de Fluids									
Mecànica de Medis Contínus									
<b>Mètodes Numèrics en Enginyeria</b>									
Optimització Combinatòria									
Paralelització d'Algorismes									
<b>Simulació</b>									
Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries									

## Avaluació i reconeixement de crèdits

D'acord amb la normativa general de la UPC, distingirem entre les avaluacions de les assignatures i les avaluacions del 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 la Llicenciatura de Matemàtiques hi ha tres avaluacions del currículum de caràcter global i deu avaluacions del currículum particularitzades per assignatures. 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: Física General, Càlcul 1, Computació Algebraica, Àlgebra Lineal, Informàtica 1, Mètodes Numèrics 1, Càlcul 2, Geometria 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: Mètodes Numèrics 2, Càlcul 3, Equacions Diferencials 1, Topologia, Probabilitat i Estadística, Investigació Operativa, Anàlisi Real, Geometria Diferencial 1 i Inferència Estadística.

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

Les deu assignatures optatives que inclou el Pla d'Estudis són objecte d'avaluacions del currículum particularitzades.



## 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 Llicenciatura de Matemàtiques per al curs 1995-96 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'Estructures a l'Arquitectura**

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 (secció d'Informàtica Teòrica)**

Edifici U  
C/ Pau Gargallo, 5  
08028 Barcelona  
Tel. 401 69 94

### **Departament de Matemàtica Aplicada I (secció ETSEIB)**

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

### **Departament de Matemàtica Aplicada II (secció d'Informàtica)**

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

### **Departament de Matemàtica Aplicada II (secció d'Enginyeria)**

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

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

Edifici C2, Campus Nord

C/ Gran Capità, s/n

08034 Barcelona

tel. 401 69 09

**Departament de Matemàtica Aplicada III (secció del Bagès)**

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

El professorat assignat per a la docència a la Llicenciatura de Matemàtiques és el següent:

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| - Alsina Català, Claudi        | Dept. d'Estructures a l'Arquitectura         |
| - Balcázar Navarro, José Luis  | Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics  |
| - Barca Salom, Francesc Xavier | Dept. de Matemàtica Aplicada I               |
| - Barceló Bugada, Jaume        | Dept. d'Estadística i Investigació Operativa |
| - Barja Yañez, M. Angel        | Dept. de Matemàtica Aplicada I               |
| - Batlle Arnau, Carles         | Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica    |
| - Beltran Royo, César          | Dept. d'Estadística i Investigació Operativa |
| - Bonet Revés, Carles          | Dept. de Matemàtica Aplicada I               |
| - Brunat Blay, Josep M.        | Dept. de Matemàtica Aplicada II              |
| - Casanovas García, Josep      | Dept. d'Estadística i Investigació Operativa |
| - Castro Pérez, Jordi          | Dept. d'Estadística i Investigació Operativa |
| - Compta Creus, Albert         | Dept. de Matemàtica Aplicada I               |
| - Cónsul Portas, Neus          | Dept. de Matemàtica Aplicada I               |
| - Dalmau Vilaldach, Miquel     | Dept. de Matemàtica Aplicada II              |
| - Del Baño Rollin, Sebastian   | Dept. de Matemàtica Aplicada I               |
| - Delshams Valdés, Amadeu      | Dept. de Matemàtica Aplicada I               |
| - Díaz Cort, Josep             | Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics  |
| - Díez Mejía, Pedro            | Dept. de Matemàtica Aplicada III             |
| - Elgueta Montó, Raimón        | Dept. de Matemàtica Aplicada II              |
| - Fàbrega Canuda, Josep        | Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica    |
| - Farré Cirera, Rafael         | Dept. de Matemàtica Aplicada II              |
| - Fernández Areizaga, Elena    | Dept. d'Estadística i Investigació Operativa |
| - Fernández Ferrer, Julián     | Dept. de Física i Enginyeria Nuclear         |
| - Ferrer Llop, Josep           | Dept. de Matemàtica Aplicada I               |
| - Ferrer Cerdà, Jaume Lucas    | Dept. d'Estadística i Investigació Operativa |
| - Fossas Colet, Enric          | Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica    |

- Freixas Bosch, Josep	Dept. de Matemàtica Aplicada III
- Gabarró Vallés, Joaquim	Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics
- García Planas, Isabel	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- García Roig, Jaume Ll.	Dept. d'Estructures a l'Arquitectura
- Garriga Valle, Ernest	Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica
- Gavalrà Mestre, Ricard	Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics
- Heredia Cervera, Javier	Dept. d'Estadística i Investigació Operativa
- Hurtado Díaz, Ferran	Dept. de Matemàtica Aplicada II
- Huerta Cerezuela, Antonio	Dept. de Matemàtica Aplicada III
- Jacas Moral, Joan	Dept. d'Estructures a l'Arquitectura
- Jorba Monte, Angel	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Lario Loyo, Joan Carles	Dept. de Matemàtica Aplicada II
- Lusa Monforte, Guillermo	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Martínez-Seara Alonso, M. Teresa	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Masdemont Soler, Josep	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Mauroso Sánchez, Montse	Dept. de Matemàtica Aplicada II
- Montes Lozano, Antonio	Dept. de Matemàtica Aplicada II
- Moreno Rico, Javier	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Muñoz Gràcia, Pilar	Dept. d'Estadística i Investigació Operativa
- Muñoz Lecanda, Miguel	Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica
- Nabona Francisco, Narcís	Dept. d'Estadística i Investigació Operativa
- Nonell Torrent, Ramon	Dept. d'Estadística i Investigació Operativa
- Noguera Batlle, Miquel	Dept. de Matemàtica Aplicada II
- Noy Serrano, Marc	Dept. de Matemàtica Aplicada II
- Orejas Valdés, Fernando	Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics
- Ortega Cerdà, Joaquim	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Padró Laimón, Carles	Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica
- Pascual Gainza, Pere	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Peris Llagostera, Josep Maria	Dept. de Matemàtica Aplicada II
- Planas Vilanova, Francesc	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Pons Vallés, Montserrat	Dept. de Matemàtica Aplicada III
- Prats Duaygües, Francesc	Dept. de Matemàtica Aplicada II
- Puerta Sales, Ferran	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Quer Bosor, Jordi	Dept. de Matemàtica Aplicada II
- Ras Sabido, Antoni	Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica
- Rio Doval, Anna	Dept. de Matemàtica Aplicada II
- Roca Rosell, Antoni	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Rodríguez Ferran, Antonio	Dept. de Matemàtica Aplicada III
- Roig Martí, Agustí	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Ruiz Muñoz, José Luis	Dept. de Matemàtica Aplicada II
- Saludes Closa, Jordi	Dept. de Matemàtica Aplicada II
- Serra Albó, Oriol	Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica
- Sarrate Ramos, Josep	Dept. de Matemàtica Aplicada III
- Solà-Morales Rubió, Joan	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Susín Sánchez, Antoni	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- València Guitart, Marta	Dept. de Matemàtica Aplicada I
- Valls Ribas, Joaquim	Dept. de Física i Enginyeria Nuclear
- Victòria Monge, Carles	Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica
- Xambó Descamps, Sebastià	Dept. de Matemàtica Aplicada II

Tots els professors, a més del seu despatx personal en les dependències del seu departament, tindran un lloc a l'edifici de la FME per atendre consultes dels estudiants dins d'un horari establert.





# HORARIS DE CLASSE

## 1r CURS - 1r QUADRIMESTRE

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	CÀLCUL 1 M. Pons	Física General (a) J. Valls	CÀLCUL 1 M. Pons	Física General (a) J. Valls	CÀLCUL 1 M. Pons
		Àlgebra Lineal (b) F. Planas		Àlgebra Lineal (b) F. Planas	
9 - 10	ÀLGEBRA LINEAL F. Puerta	Informàtica 1 * (a) J. Gabarró	ÀLGEBRA LINEAL F. Puerta	Computació Algebraica *(a) J.M. Brunat	ÀLGEBRA LINEAL F. Puerta
		Física General (b) J. Valls		Física General (b) J. Valls	
10 - 11	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA M. Noy	Informàtica 1 * (a) J. Gabarró	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA M. Noy	Computació Algebraica *(a) J.M. Brunat	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA M. Noy
		Càlcul 1 (b) J. Freixas		Càlcul 1 (b) J. Freixas	
11 - 12					
12 - 13	FÍSICA GENERAL J. Fernández	Àlgebra Lineal (a) F. Planas	FÍSICA GENERAL J. Fernández	Àlgebra Lineal (a) F. Planas	FÍSICA GENERAL J. Fernández
		Informàtica 1 *(b) J. Gabarró		Computació Algebraica *(b) A. Montes	
13 - 14	INFORMÀTICA 1 F. Orejas	Càlcul 1 (a) J. Freixas	Informàtica 1 (a) F. Orejas	Càlcul 1 (a) J. Freixas	INFORMÀTICA 1 F. Orejas
		Informàtica 1 *(b) J. Gabarró	Informàtica 1 (b) J. Gabarró	Computació Algebraica *(b) A. Montes	

Nota: Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria, en minúscula a classes de problemes i en minúscula i (\*) a classes de pràctiques i/o problemes (que es faran en una aula de PC equipada també amb pissarra).

## 2n CURS - 1r QUADRIMESTRE

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	MÈTODES NUMÈRICS 2 A. Huerta	Equacions Diferencials 1 T. M-Seara	MÈTODES NUMÈRICS 2 A. Huerta	Equacions Diferencials 1 T. M-Seara	Mètodes Numèrics 2 * A. Huerta
9 - 10	Mètodes Numèrics 2 A. Huerta	EQUACIONS DIFERENCIALS 1 C. Bonet	EQUACIONS DIFERENCIALS 1 C. Bonet	EQUACIONS DIFERENCIALS 1 C. Bonet	Mètodes Numèrics 2 * P. Díez
10 - 11	TOPOLOGIA A. Roig	Topologia M.A. Barja	TOPOLOGIA A. Roig	Topologia M.A. Barja	TOPOLOGIA A. Roig
11 - 12					
12 - 13	CÀLCUL 3 J. Saludes	Càlcul 3 M. Dalmau	CÀLCUL 3 J. Saludes	Càlcul 3 M. Dalmau	CÀLCUL 3 J. Saludes
13 - 14	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA R. Nonell	Probabilitat i Estadística	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA R. Nonell	Probabilitat i Estadística	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA R. Nonell

Nota: Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria, en minúscula a classes de problemes i en minúscula i (\*) a classes de pràctiques i/o problemes (que es faran en una aula de PC equipada també amb pissarra).

### 3r CURS - 1r QUADRIMESTRE

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	Mètodes Numèrics 3 * J.M. Peris	Equacions Diferencials 2 J. Masdemont	MÈTODES NUMÈRICS 3 M. Noguera	Equacions Diferencials 2 J. Masdemont	MÈTODES NUMÈRICS 3 M. Noguera
9 - 10	Mètodes Numèrics 3 * J.M. Peris	EQUACIONS DIFERENCIALS 2 M. València	EQUACIONS DIFERENCIALS 2 M. València	EQUACIONS DIFERENCIALS 2 M. València	MÈTODES NUMÈRICS 3 M. Noguera
10 - 11	ÀLGEBRA ABSTRACTA J. Quer	Àlgebra Abstracta A. Rfo	ÀLGEBRA ABSTRACTA J. Quer	Àlgebra Abstracta A. Rfo	ÀLGEBRA ABSTRACTA J. Quer
11 - 12	LÒGICA MATEMÀTICA R. Farré	Lògica Matemàtica R. Elgueta	Teoria de Grafs C. Padró	Lògica Matemàtica R. Elgueta	LÒGICA MATEMÀTICA R. Farré
12 - 13	ALGORÍSMICA J. Díaz	TEORIA DE CODIS S. Xambó	Teoria de Grafs C. Padró	TEORIA DE CODIS S. Xambó	ALGORÍSMICA J. Díaz
13 - 14	PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA J. Barceló	Algorísmica J. Díaz	Programació Matemàtica E. Fernández	Algorísmica J. Díaz	PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA J. Barceló
14 - 15	Teoria de Codis J.C. Rufz	TEORIA DE GRAFS J. Fàbrega	Programació Matemàtica E. Fernández	TEORIA DE GRAFS J. Fàbrega	Teoria de Codis J.C. Rufz

Nota: Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria, en minúscula a classes de problemes i en minúscula i (\*) a classes de pràctiques i/o problemes (que es faran en una aula de PC equipada també amb pissarra).

#### 4rt CURS - 1r QUADRIMESTRE

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	COMBINATÒRIA O. Serra	TEORIA DE NOMBRES J. C. Lario	Combinatòria M. Noy	TEORIA DE NOMBRES J. C. Lario	COMBINATÒRIA O. Serra
9 - 10	Teoria de Nombres J. Quer	GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL F. Hurtado	Combinatòria M. Noy	GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL F. Hurtado	Teoria de Nombres J. Quer
10 - 11	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 2 N. Nabona	Geometria Discreta i Computacional F. Hurtado	Optimització Contínua 2 J. Castro	Geometria Discreta i Computacional F. Hurtado	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 2 N. Nabona
11 - 12			Optimització Contínua 2 (*) J. Castro		
12 - 13	ANÀLISI FUNCIONAL J. Solà-Morales	Anàlisi Funcional N. Cónsul	ANÀLISI FUNCIONAL J. Solà-Morales	Anàlisi Funcional N. Cónsul	ANÀLISI FUNCIONAL J. Solà-Morales
13 - 14	TOPOLOGIA ALGEBRAICA P. Pascual	Topologia Algebraica A. Roig	TOPOLOGIA ALGEBRAICA P. Pascual	Topologia Algebraica A. Roig	TOPOLOGIA ALGEBRAICA P. Pascual

**Nota:** Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria, en minúscula a classes de problemes i en minúscula i (\*) a classes de pràctiques i/o problemes (que es faran en una aula de PC equipada també amb pissarra).

## 1r CURS - 2n QUADRIMESTRE

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimècres	Dijous	Divendres
8 - 9	CÀLCUL 2 C. Victòria	MÈTODES NUMÈRICS 1 A. Delshams	CÀLCUL 2 C. Victòria	MÈTODES NUMÈRICS 1 A. Delshams	CÀLCUL 2 C. Victòria
9 - 10	INFORMÀTICA 2 J. Díaz	Geometria (a) F. Prats	Informàtica 2 (a) R. Gavaldà	Geometria (a) F. Prats	INFORMÀTICA 2 J. Díaz
		Informàtica 2 * (b) R. Gavaldà	Mètodes Numèrics 1 (b) N. Cònsul	Mètodes Numèrics 1 * (b) N. Cònsul	
10 - 11	GEOMETRIA S. Xambó	Càlcul 2 (a) E. Garriga	GEOMETRIA S. Xambó	Càlcul 2 (a) E. Garriga	GOMETRIA S. Xambó
		Informàtica 2 * (b) R. Gavaldà		Mètodes Numèrics 1 * (b) N. Cònsul	
11 - 12					
12 - 13	LLIURE ELECCIÓ	Informàtica 2 * (a) R. Gavaldà	Mètodes Numèrics 1 * (a) A. Susín	Mètodes Numèrics 1 * (a) A. Susín	LLIURE ELECCIÓ
		Càlcul 2 (b) E. Garriga	Informàtica 2 (b) R. Gavaldà	Càlcul 2 (b) E. Garriga	
13 - 14	LLIURE ELECCIÓ	Informàtica 2 * (a) R. Gavaldà	LLIURE ELECCIÓ	Mètodes Numèrics 1 * (a) A. Susín	LLIURE ELECCIÓ
		Geometria (b) F. Hurtado		Geometria (b) F. Hurtado	

Nota: Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria, en minúscula a classes de problemes i en minúscula i (\*) a classes de pràctiques i/o problemes (que es faran en una aula de PC equipada també amb pissarra).

## 2n CURS - 2n QUADRIMESTRE

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1 A. Ras	Inferència Estadística	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1 A. Ras	Inferència Estadística	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1 A. Ras
9 - 10	INVESTIGACIÓ OPERATIVA J. Barceló	Geometria Diferencial 1 C. Batlle	INVESTIGACIÓ OPERATIVA J. Barceló	Geometria Diferencial 1 C. Batlle	INVESTIGACIÓ OPERATIVA J. Barceló
10 - 11	ANÀLISI REAL M. Muñoz	Anàlisi Real E. Fossas	ANÀLISI REAL M. Muñoz	Anàlisi Real E. Fossas	ANÀLISI REAL M. Muñoz
11 - 12					
12 - 13	LLIURE ELECCIÓ	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA R. Nonell	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA R. Nonell	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA R. Nonell	LLIURE ELECCIÓ
13 - 14	LLIURE ELECCIÓ	Investigació Operativa E. Fernández	LLIURE ELECCIÓ	Investigació Operativa E. Fernández	LLIURE ELECCIÓ

**Nota:** Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria, en minúscula a classes de problemes i en minúscula i (\*) a classes de pràctiques i/o problemes (que es faran en una aula de PC equipada també amb pissarra).

### 3r CURS - 2n QUADRIMESTRE

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	ANÀLISI COMPLEXA J. Ortega	Anàlisi Complexa A. Compta	ANÀLISI COMPLEXA J. Ortega	Anàlisi Complexa A. Compta	ANÀLISI COMPLEXA J. Ortega
9 - 10	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA S. Xambó	Models Matemàtics de la Física S. Xambó	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA S. Xambó	Models Matemàtics de la Física S. Xambó	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA S. Xambó
10 - 11	Geometria Diferencial 2 A. Ras	Anàlisi Numèrica (*) J. Sarrate	ANÀLISI NUMÈRICA A. Huerta	Anàlisi Numèrica J. Sarrate	Geometria Diferencial 2 A. Ras
11 - 12	Model Lineal General	MODEL LINEAL GENERAL P. Muñoz	ANÀLISI NUMÈRICA A. Huerta	MODEL LINEAL GENERAL P. Muñoz	Model Lineal General (*)
12 - 13	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2 M. Muñoz	ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST A. Jorba	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2 M. Muñoz	ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST A. Jorba	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2 M. Muñoz
13 - 14	Astrodinàmica i Mecànica Celest J. Masdemont	OPTIMITZACIÓ CONTINUA 1 N. Nabona	ÀLGEBRA COMPUTACIONAL A. Montes	Optimització Continua 1 J. Heredia	ÀLGEBRA COMPUTACIONAL A. Montes
14 - 15	Astrodinàmica i Mecànica Celest J. Masdemont	OPTIMITZACIÓ CONTINUA 1 N. Nabona	Àlgebra Computacional A. Montes	Optimització Continua 1 (*) J. Heredia	Àlgebra Computacional A. Montes
15 - 16	TEORIA DE SISTEMES LINEALS J. Ferrer		TEORIA DE SISTEMES LINEALS I. García		TEORIA DE SISTEMES LINEALS F. Puerta
16-16.30	TEORIA DE SISTEMES LINEALS J. Ferrer		TEORIA DE SISTEMES LINEALS I. García		

Nota: Les hores amb els noms de les assignatures en majúscules corresponen a classes de teoria, en minúscules a classes de problemes i en minúscula i (\*) a classes de pràctiques i/o problemes (que es faran en una aula de PC'S equipada també amb pissarra).



#### 4rt CURS - 2n QUADRIMESTRE

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	Ampliació de Geometria S. del Baño	Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries T. M-Seara	CALCULABILITAT  J. Balcázar	Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries T. M-Seara	Ampliació de Geometria S. del Baño
9 - 10	Simulació (*)  J.L. Ferrer	TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES A. Delshams	Calculabilitat  J. Balcázar	TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES A. Delshams	CALCULABILITAT  J. Balcázar
10 - 11	Simulació (*)  J.L. Ferrer	CRIPTOGRAFIA  J. Quer	Criptografia  M. Maureso	CRIPTOGRAFIA  J. Quer	Calculabilitat  J. Balcázar
11 - 12			Criptografia (*)  M. Maureso		
12 - 13	MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA A. Huerta	AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA  P. Pascual	DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA  C. Alsina	AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA  P. Pascual	DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA  J. Jacas
13 - 14	MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA A. Huerta	SIMULACIÓ (*)  J. Casanovas	DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA  C. Alsina	SIMULACIÓ (*)  J. Casanovas	DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA  J. García Roig
16 - 17		MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA A. Rodríguez			
17 - 18		MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA A. Rodríguez			

Nota: Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria, en minúscula a classes de problemes i en minúscula i (\*) a classes de pràctiques i/o problemes (que es faran en una aula de PC equipada també amb pissarra).

## HORARIS DE LES ASSIGNATURES ESPECÍFICAMENT DE LLURE ELECCIÓ ORGANITZADES CONJUNTAMENT AMB LA FME

### 1r QUADRIMESTRE

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
11 - 12	TRIGONOMETRIA ESFÈRICA ...  J. Masdemont	TRIGONOMETRIA ESFÈRICA ...  J. Masdemont	TRIGONOMETRIA ESFÈRICA ...  J. Masdemont	TRIGONOMETRIA ESFÈRICA ...  J. Masdemont	TRIGONOMETRIA ESFÈRICA ...  J. Masdemont

### 2n QUADRIMESTRE

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
12 - 13	TALLER DE GEOMETRIA  J. Garcia, J. Jacas				TALLER DE GEOMETRIA  J. Garcia, J. Jacas
13 - 14	TALLER DE GEOMETRIA  J. Garcia, J. Jacas		TALLER DE GEOMETRIA  J. Garcia, J. Jacas		TALLER DE GEOMETRIA  J. Garcia, J. Jacas

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
12 - 13	HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA  G. Lusa				HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA X. Barca, J. Moreno, A. Roca
13 - 14	HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA X. Barca, J. Moreno, A. Roca		HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA  G. Lusa		HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA X. Barca, J. Moreno, A. Roca

Nota: Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria, en minúscula a classes de problemes i en minúscula i (\*) a classes de pràctiques i/o problemes (que es faran en una aula de PC equipada també amb pissarra).



## DATES DELS EXÀMENS

---

### Convocatòria ordinària d'exàmens de les assignatures del 1r quadrimestre

1r	08-01-96	09-01-96	10-01-96	11-01-96	12-01-96
M A T f				CÀLCUL 1	

1r	15-01-96	16-01-96	17-01-96	18-01-96	19-01-96
M A T f	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA			INFORMÀTICA 1	

1r	22-01-96	23-01-96	24-01-96	25-01-96	26-01-96
M A T f	FÍSICA			ÀLGEBRA LINEAL	

2n	22-01-96	23-01-96	24-01-96	25-01-96	26-01-96
M A T f				MÈTODES NUMÈRICS2	

2n	29-01-96	30-01-96	31-01-96	01-02-96	02-02-96
M A T f	TOPOLOGIA			PROBABILITAT I ESTADÍSTICA	

2n	05-02-96	06-02-96	07-02-96	08-02-96	09-02-96
M A T f	CÀLCUL 3			EQUACIONS DIFERENCIALS 1	

3r	22-01-96	23-01-96	24-01-96	25-01-96	26-01-96
M A T f		TEORIA DE GRAFS			MÈTODES NUMÈRICS 3

3r	29-01-96	30-01-96	31-01-96	01-02-96	02-02-96
M A T f		LOGICA			ÀLGEBRA ABSTRACTA

3r	05-02-96	06-02-96	07-02-96	08-02-96	09-02-96
M A T f		PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA			EQUACIONS DIFERENCIALS 2

3r	12-02-96	13-02-96	14-02-96	15-02-96	16-02-96
M A T f		TEORIA DE CODIS	ALGORÍSMICA		

4t	22-01-96	23-01-96	24-01-96	25-01-96	26-01-96
M A T f	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 2		TOPOLOGIA ALGEBRAICA		

4t	29-01-96	30-01-96	31-01-96	01-02-96	02-02-96
M A T f			ANÀLISI FUNCIONAL		

4t	05-02-96	06-02-96	07-02-96	08-02-96	09-02-96
M A T f			COMBINATÒRIA		

4t	12-02-96	13-02-96	14-02-96	15-02-96	16-02-96
M A T f	GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL			TEORIA DE NOMBRES	

## Convocatòria ordinària d'exàmens de les assignatures del 2n quadrimestre

1r	20-05-96	21-05-96	22-05-96	23-05-96	24-05-96
M A T I				MÈTODES NUMÈRICS 1	

1r	27-05-96	28-05-96	29-05-96	30-05-96	31-05-96
M A T I	CÀLCUL 2			INFORMÀTICA 2	

1r	03-06-96	04-06-96	05-06-96	06-06-96	07-06-96
M A T I	GEOMETRIA				

2n	10-06-96	11-06-96	12-06-96	13-06-96	14-06-96
M A T I					GEOMETRIA DIFERENCIAL 1

2n	17-06-96	18-06-96	19-06-96	20-06-96	21-06-96
M A T I		INVESTIGACIÓ OPERATIVA			ANÀLISI REAL

2n	24-06-96	25-06-96	26-06-96	27-06-96	28-06-96
M A T I		INFERÈNCIA ESTADÍSTICA			

3r	10-06-96	11-06-96	12-06-96	13-06-96	14-06-96
M A T I		MODEL LINEAL GENERAL		GEOMETRIA DIFERENCIAL 2	
3r	17-06-96	18-06-96	19-06-96	20-06-96	21-06-96
M A T I	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1			ANÀLISI COMPLEXA	
3r	24-06-96	25-06-96	26-06-96	27-06-95	28-06-95
M A T I	ANÀLISI NUMÈRICA			MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	
3r	01-07-96	02-07-96	03-07-96	04-07-96	05-07-96
M A T I	ÀLGEBRA COMPUTACIONAL		TEORIA DE SISTEMES LINEALS		ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST
4t	10-06-96	11-06-96	12-06-96	13-06-96	14-06-96
M A T I	MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA		AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA		
4t	17-06-96	18-06-96	19-06-96	20-06-96	21-06-96
M A T I			CRIPTOGRAFIA		
4t	24-06-96	25-06-96	26-06-96	27-06-96	28-06-96
M A T I			TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS		CALCULABILITAT
4t	01-07-96	02-07-96	03-07-96	04-07-96	05-07-96
M A T I		SIMULACIÓ		DIDÀCTICA	

## Convocatòria d'exàmens d'assignatures específicament de lliure elecció organitzades conjuntament amb la FME

### 1r Quadrimestre

ALE	11-12-95	12-12-95	13-12-95	14-12-95	115-12-95
T A R D A	TRIGONOMETRIA ESFÈRICA ...				

### 2n Quadrimestre

ALE	20-05-96	21-05-96	22-05-95	23-05-96	24-05-96
T A R D A		TALLER DE GEOMETRIA			HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA

## Convocatòria extraordinària d'exàmens

La convocatòria extraordinària d'exàmens d'assignatures troncal o obligatòries de 1r i 2n quadrimestre es farà pública després de la matriculació de les assignatures de 2n quadrimestre per optimitzar el calendari d'aquests exàmens, que en qualsevol cas es fixarà entre el 2 i el 10 de setembre de 1996.

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

---







# 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 relacionats 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.

A l'àlgebra lineal apareix de forma natural (canvis de base, etc.) l'estructura de grup (no commutatiu). Això motiva una introducció bàsica dels conceptes fonamentals de la teoria de grups.

## Programa

- 1. Preliminars:** Conjunts. Notacions i terminologia. Aplicacions. Relacions d'equivalència. Lleis de composició. Compatibilitat d'una llei de composició d'equivalència.
- 2. Grups, anells i cossos:** Grups. Subgrups. Homomorfismes de grup. Grup quocient. Teoremes d'isomorfisme. Anells. Subanells. Homomorfisme d'anells. Ideals. Anell quocient. Teoremes d'isomorfisme. Cossos. Cos de descomposició d'un polinomi.
- 3. Espais vectorials:** Definicions i exemples. Matrius. L'espai vectorial  $M_{m,n}$ . Dependència lineal. Subespais vectorials. Bases. Dimensió. Dimensió de subespais. Suma directa. Espai quocient.
- 4. Matrius. Sistemes d'equacions lineals:** Producte de matrius. Transformacions elementals d'una matriu. Sistemes d'equacions lineals. Matrius invertibles.
- 5. 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.
- 6. 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.

**7. Diagonalització d'endomorfismes:** Subespais invariants. Vectors i valors propis. Polinomi característic. Observacions i exemples. Endomorfismes diagonalitzables. Endomorfismes triangulables. El teorema de Caley-Hamilton.

**8. La forma reduïda de Jordan:** El polinomi anulador d'un endomorfisme. Descomposició en suma directa associada al polinomi anulador. Forma de Jordan d'un endomorfisme. Classificació d'endomorfismes.

Els apartats assenyalats amb (\*) es consideren optatius.

## Avaluació

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

## 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:** Josep Freixas Bosch

## 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. La distància en  $\mathbb{R}$ :** Definició i propietats. Entorns. Classificacions de punts respecte d'un subconjunt. Conjunts oberts, conjunts tancats. Conjunts fitats.
- 3. Successions en  $\mathbb{R}$ :** Successions convergents. Subsuccessions. Teorema de Bolzano-Weirstrass. Conjunts compactes per successions. Successions monòtones. Definició del nombre  $e$ . Successions de Cauchy. Completesa de  $\mathbb{R}$ . Successions contractives. Definició de potències i logaritmes. Límits infinits. Relació límits-operacions. Relació límits-ordre.
- 4. Sèries de nombres reals:** Convergència. Criteri de convergència de Cauchy. Operacions amb sèries. Criteri de Dirichlet. Sèries de termes positius. Propietats. Criteris de convergència. Convergència absoluta. Propietats de les sèries absolutament convergents. Definició de les funcions trigonomètriques bàsiques.
- 5. 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. Infinitèssims i infinits.

- 6. 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.
- 7. 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'Hòpital. Derivades d'ordre superior. Aproximació local de funcions. Teorema de Taylor i conseqüències. Introducció a les sèries de potències.
- 8. La integral de Riemann:** Integral superior i integral inferior. Integrabilitat 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
- Llines, 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, 1991.

### Referències complementàries:

- Apostol, T.M.: *Análisis matemático*. Ed. Reverté, 1986.
- Courant, R.; John, F.: *Introducción al cálculo y al análisis matemático* (vol. 1). Ed. Limusa, 1982.
- Jaraúta, E.: *Anàlisi matemàtica d'una variable*. Edicions UPC, 1993.
- Protter, M.H.; Morrey, C.B.: *Análisis real*. Ed. AC, 1986.
- 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.
- Blank, A.A.: *Manual de problemas de cálculo y análisis matemático*. Ed. Limusa, 1990.
- Bombal, F.; Rodriguez, 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.



# 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 algebraïques, 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. Fraccions 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:** Julián Fernández Ferrer

**Altres professors:** Joaquim Valls Ribas

## 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, són presentats, sempre que és possible, en el seu aspecte de *matemàtica aplicada*.

En el curs també es realitzen pràctiques consistents en la resolució de problemes de gabinet que contribueixin a fixar els conceptes físics i a donar una agilitat de càlcul al temps que facilitin el pas de la situació física al plantejament del model matemàtic corresponent.

## Programa

- 1. Vectors lliscants:** Moment d'un vector respecte d'un punt i respecte d'un eix. Sistemes de vectors lliscants; resultant general i moment resultant. Trinomi invariant. Eix central. Reducció d'un sistema de vectors lliscants. Teoremes. Centre de vectors paral·lels.
- 2. Camps i potencial:** Camps escalars i camps vectorials. Circulació d'un vector al llarg d'un camí. Potencial. Superfícies equipotencials. Flux d'un vector a través d'una superfície. Camps centrals. Camp newtonià. Teorema de Gauss. Camp degut a una distribució amb simetria esfèrica. Gravitació. Camp gravitatori. Camp electrostàtic. Camp degut a una distribució de càrregues homogènia, plana i indefinida.
- 3. Cinemàtica:** Moviment d'un punt; vector de posició. Vectors velocitat i acceleració. Components intrínseques de l'acceleració. Moviment rectilini i circular. Sistemes rígids. Moviments de translació i rotació i moviment helicoidal. Distribució de les velocitats en un moviment qualsevol; fórmules de Poisson. Relativitat de Galileu. Composició de velocitats. Composició d'acceleracions; teorema de Coriolis.
- 4. Dinàmica del punt:** Lleis de Newton; sistemes inercials. Forces d'inèrcia. Energia cinètica. Energia mecànica; conservació. Impuls i quantitat de moviment. Moment cinètic. Forces centrals; llei de les àrees. Moviment planetari. Treball i energia en un camp gravitatori; velocitat d'escapament.
- 5. Dinàmica de sistemes:** Centre d'inèrcia. Quantitat de moviment i moment cinètic d'un sistema. Moviment del centre d'inèrcia. Teorema de l'energia cinètica. Rotació d'un cos rígid entorn d'un eix fix. Moment d'inèrcia. Teorema de Steiner. Treball i energia en el moviment de rotació. Energia cinètica d'un sòlid lliure. Moment cinètic d'un cos rígid respecte de l'eix de rotació.
- 6. Conductors en equilibri:** Camp i càrregues a l'interior i a la superfície d'un conductor en equilibri electrostàtic. Teorema de Coulomb. Camp degut a una distribució de càrregues amb simetria esfèrica. Potencial elèctric. Potencial d'un conductor en equilibri. Potencial degut a una distribució de càrregues amb simetria esfèrica. Energia d'una partícula carregada en un camp elèctric. Influència elèctrica; teorema dels elements corresponents. Capacitat d'un conductor. Condensadors. Càlcul de capacitats. Energia d'un condensador carregat. Associació de condensadors.

7. **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. Càrrega i descàrrega d'un condensador.
8. **Magnetisme:** Camp magnètic d'inducció. Moviment, en un camp magnètic uniforme, d'una partícula carregada. Acció d'un camp magnètic sobre un element de corrent i sobre una espira. Camp degut a un element de corrent i a una càrrega en moviment. Camp degut a un corrent recte indefinit; llei d'Ampère. Forces que s'exerceixen dos corrents paral·lels. Inducció electromagnètica. Lleis de Faraday i de Lenz. Inducció mútua i autoinducció. Energia electromagnètica d'un corrent. Descàrrega oscil·lant d'un condensador.
9. **Corrent altern:** Valor eficaç d'una funció periòdica. Derivada i integral d'una funció sinusoidal del temps. Circuit RLC sèrie; llei d'Ohm pel corrent altern sinusoidal. Impedàncies en sèrie i en paral·lel. Resonància. Impedàncies complexes. Admitància, conductància i susceptància.
10. **Ones:** Moviment ondulatori harmònic. Ones longitudinals i transversals; celeritats de propagació. Intensitat d'un moviment ondulatori harmònic. Absorció. Principi de Huygens. Reflexió i refracció. Interferències. Batecs. Ones estacionàries. Difracció de Fresnel. Ones electromagnètiques; equacions de Maxwell. Experiències d'Hertz. Espectre electromagnètic.

## Avaluació

Hi haurà una prova escrita un cop acabat el tema 3 del programa i una segona prova escrita abans de les vacances de Nadal, a més de la prova final del quadrimestre. Les qualificacions obtingudes podran ser complementades amb la corresponent a les pràctiques.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Fernández, J.; Pujal, M.: *Iniciación a la física*. (vol. 1 i 2). Ed. Reverté, Barcelona, 1991.
- Giancoli, D.C.: *Física, principios y aplicaciones*. Ed. Reverté, Barcelona, 1985.
- Roller, D.E.; Blum, R.: *Física*. (vol. 1 i 2). Ed. Reverté, Barcelona, 1986.
- Shortley, G.; Williams, D.: *Física*. (vol. 1, 2 i 3). Urmo ed. Bilbao, 1976.
- Valentín, J.: *Problemas de física*. Ed. Reverté, Barcelona, 1979.

### Referències complementàries:

- Annequin, R.; Boutigny, J.: *Ejercicios de ciencias físicas*. Ed. Reverté, Barcelona, 1974.
- Cidracs, C.: *Problemas de electricidad*. Ed. Reverté, Barcelona, 1979.
- Fernández Mills, G.; Fernández Ferrer, J.: *Electricidad, teoría de circuitos y Magnetismo*. Ed. UPC, Barcelona, 1993.
- French, A. P.: *Vibraciones y ondas*. Ed. Reverté, Barcelona, 1974.
- García Roger, J. (vol. 1 i vol. 2) *Problemas de física*. Ed. Eunibar, Barcelona, 1979.
- Ingard, U.; Kraushaar, W.L.: *Introducción al estudio de la mecánica, materia y ondas*. Ed. Reverté, Barcelona, 1973.
- Tipler, P.A.: *Física*. (3a edició, vol. 1 i vol. 2). Ed. Reverté, Barcelona, 1992.

### Altres referències:

- A Reprografia es poden obtenir fotocòpies de problemes resolts en els cursos anteriors o proposats en els exàmens i també el tema corresponent a *Impedàncies complexes*, desenvolupat a la tercera referència complementària.

# INFORMÀTICA 1

---

**CODI:** 10005

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

**Professor coordinador:** Fernando Orejas Valdés

**Altres professors:** Joaquim Gabarró Vallès

## 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 desenvoluparen els aspectes concrets d'implementació dels elements desenvolupats en les classes de teoria i de problemes.

## Programa

### I. Especificacions de programes

1. 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.

### II. Estructures algorísmiques fonamentals

1. 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.
2. Anàlisi per casos: Especificació de problemes resolubles mitjançant l'anàlisi per casos. Instrucció "si  $E_1 \rightarrow S_1$  | ... |  $E_k \rightarrow S_k$  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.
3. Introducció a les iteracions: Instrucció "iterar  $E_1 \rightarrow S_1$  | ... |  $E_k \rightarrow S_k$  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  $S$  fmentre". Instrucció "repetir  $S$  fins que  $E$  frepetir".

### III. Construcció de tipus

1. 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.
2. Registres o tuples: Constructor tupla. Exemples d'utilització senzills. Exemples que utilitzen taules de tuples.

#### IV. Procediments i anàlisi descendent

1. **Màquina de caràcters:** Noció de seqüència i màquina de caràcters. Esquemes de recorregut i cerca. Tractament de seqüències abstractes.
2. **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.
3. **Introducció a l'anàlisi descendent:** Comptar aparicions del primer mot. Comptar freqüències de cada mot dins d'una frase.

#### V. Introducció a la recursivitat

1. **Disseny recursiu:** Exemples bàsics de disseny recursiu. Un primer esquema: dividir per conquerir. Verificació de programes recursius. Recursivitat múltiple.
2. **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. Academic Press, 1972.
- Kaldewaij, A.: *Programming the derivation of algorithms*. Ed. Prentice Hall, 1990.
- Lucas, M.; Peyrin, J.P. 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.







# CÀLCUL 2

---

**CODI:** 10007

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

**Professor coordinador:** Carles Victòria Monge

**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. Extrems locals de funcions de diverses variables. Multiplicadors de Lagrange. Algunes tècniques per al càlcul d'extrems 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*. 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.

# GEOMETRIA

---

**CODI:** 10008

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

**Professor coordinador:** Sebastià Xambó Descamps

**Altres professors:** Ferran Hurtado Díaz, 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 el qual 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 cas, segons el context de docència, de recerca o de treball en què es trobi 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 afinitats. Equacions de les afinitats. 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 vectorial real. Volum i producte vectorial. Angles orientats. Quaternions. Desplaçaments i semblances. Desplaçaments i semblances en la recta, en el pla i en l'espai.

3. **Geometria projectiva:** Espai projectiu. Varietats lineals. Completació 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.

## 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:

- Berger, M.: *Geometry* (2 vol.). Ed. Springer-Verlag (Universitext), New York, 1987.
- Castellet, M.; Llerena, I.: *Àlgebra lineal i geometria*. Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 1990.
- Hernández, E.: *Algebra y geometría*. Universidad Autónoma de Madrid, 1994.
- Sernesi, E.: *Geometria 1*. Ed. Bollati Boringheri, 1989.
- Roe, J.: *Elementary geometry*. Oxford Science Publications, Oxford University Press, 1993.

### Referències complementàries:

- Castelnuovo, G.: *Lezioni di geometria analitica*. Ed. Dante Alighieri, 1969.
- Coxeter, H. S. M.: *Fundamentos de Geometría*. Ed. Limusa, 1971.
- Eves, H.: *A survey of geometry*. Ed. Allyn and Bacon, 1972.
- Puig Adam, P.: *Curso de Geometría métrica* (2 vols). Gómez Puig Ediciones.
- Villoria San Miguel, V.: *Curvas planas y dibujo por ordenador*. Ed. Dossat, 1992.
- Xambó, S.: *Geometria*. UPC, 1995.
- Yale, P. B.: *Geometry and Symmetry*. Ed. Dover Publications, 1988.

# INFORMÀTICA 2

---

**CODI:** 10009

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

**Professor coordinador:** Ricard Gavaldà Mestre

**Altres professors:** Josep Díaz Cort

## 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 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.; Ulmann, 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:

- Balcazar, 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.; Gavalà, R.: *Informàtica II*. Apunts, pràctiques i exàmens dels cursos 93-94 i 94-95.

# MÈTODES NUMÈRICS 1

---

**CODI:** 10006

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

**Professor coordinador:** Amadeu Delshams Valdés

**Altres professors:** Neus Cònsul Porras, Antoni Susín Sánchez

## 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 enrevessada, 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

- 1. Errors:** Conceptes generals. Estimació i fitació d'errors. Propagació dels errors. Errors de truncament.
- 2. 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.
- 3. Valors i vectors propis:** Conceptes bàsics. Deflació de matrius. Mètodes de la potència. Mètodes de Jacobi. Mètodes de reducció: Givens, Householder. Mètodes LR, QR.
- 4. Interpolació de funcions:** Concepte d'interpolació. Interpolació polinòmica, error d'interpolació. Mètodes de càlcul del polinomi interpolador. Interpolacions de Taylor i Hermite.
- 5. 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.

## 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* (2nd edition). Ed. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, 1989.
- 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.





## **2n CURS - 1r QUADRIMESTRE**

---

# CÀLCUL 3

---

**CODI:** 10012

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

**Professor coordinador:** Jordi Saludes Closa

**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.

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

### 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.

### 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. Transformació conforme. Aplicacions.

## Avaluació

Hi haurà un examen final, més tests d'exercicis 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.
- Burekell, 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.
- Fleming, W.H.: *Funciones de varias variables*. Compañía Ed. Continental, México, 1969.
- 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.
- Sacks, S.; Zygmund, A.: *Analytic Functions* (3a edició). Ed. Elsevier Publishers Company, 1971.
- Spivak: *Cálculo en variedades*. Ed. Reverté, Barcelona, 1979.
- Young, E.C.: *Vector and Tensor Analysis*. Ed. Marcel Dekker, 1993.

# 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 promociónarà 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

- 1. 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.
- 2. 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.
- 3. Els sistemes lineals periòdics:** Teorema de Floquet. Matriu de Monodromia. Aplicació de Poincaré. Els sistemes d'ordre dos. L'equació de Hill. Ressonància paramètrica.
- 4. 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.
- 5. 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.

6. **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.
7. **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).
8. **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 Lienard.
9. **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.

## 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.: *Líços de equações diferenciais ordinárias*. Ed. IMPA, Brasil, 1979.
- Zill, D.G.: *Ecuaciones diferenciales con aplicaciones*. Grupo Editorial Iberoamérica, 1988.

# 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. També s'analitzaran tècniques de mini-max abans d'estudiar 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 on, després d'estudiar zeros d'equacions qualsevol 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. Aproximació funcional, tècniques de mini-max:** Introducció i plantejament general. Punts previs: Economització de Chebyshev en interpolació, economització de Chebyshev per aproximació. Construcció de l'aproximació mini-max.
- 4. Interpolació seccional:** Motivacions: limitacions de la interpolació i aproximació polinòmica. Splines més comunament emprats: splines C0, C1 i C2. Extensions a corbes de Bezier i B-splines.
- 5. Integració numèrica:** Integració de Newton: formulació general i particularització a punts equispaiats. 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 polinòmiques. Solució d'equacions qualsevol: 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. Sistemes d'equacions no lineals: mètodes de punt fix, mètode de Newton-Raphson i derivats, mètodes Quasi-Newton, mètodes Newton Secant, 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:

- Dahlquist, G.; Björck, A.: *Numerical methods*. Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1974.
- Davis, P.J.; Rabinowitz, P.: *Methods of numerical integration* (2a edició). Ed. Academic Press, Boston, 1984.
- 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.
- Kalston, 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.
- 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*. Ed. Krieger, 1993.
- Stoer, J. i Burlisch, R.: *Introduction to Numerical Analysis*. Ed. Springer-Verlag, New York, 1993.



# PROBABILITAT I ESTADÍSTICA

---

**CODI:** 10015

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

**Professor coordinador:** Ramon Nonell Torrent

**Altres professors:**

## 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.

## 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.

# TOPOLOGIA

---

**CODI:** 10014

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

**Professor coordinador:** Agustí Roig Martí

**Altres professors:** Miguel Angel Barja Yáñez

## Objectius del curs

En aquesta assignatura s'introdueix el llenguatge bàsic de la topologia general i els primers conceptes de la topologia algebraica.

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 i del grup fonamental d'un espai topològic. Per il·lustrar-ne la utilitat s'aplicaran aquests conceptes a l'estudi de la topologia del pla euclidià.

## Programa

### Part I: Topologia general

- 1. Espais mètrics:** Boles obertes i tancades. Conjunts oberts. Aplicacions contínues. Distàncies equivalents. Conjunts tancats. Posicions relatives d'un punt i un conjunt, adherència i interior d'un conjunt. Convergència de successions, espais complets.
- 2. Espais topològics:** Oberts i tancats. Bases, subbases, sistemes d'entorns. 2n Axioma de numerabilitat. Aplicacions contínues. Subespais, espais producte. Topologies finals, espais quocient i identificacions.
- 3. Axiomes de separació:** Axiomes de separació  $T_i$ ; espais de Fréchet, de Hausdorff, regulars i normals. Lema d'Urysohn. Teorema d'extensió de Tietze.
- 4. Espais compactes:** Espais quasi-compactes. Teorema de Heine-Borel. Teorema de Tychonoff i aplicacions. Espais localment compactes. Compactació d'Alexandroff.
- 5. Espais connexos i arc-connexos:** Espais connexos. Components connexes. Continuïtat i connexió. Espais arc-connexos; components arc-connexes. Espais localment connexos i localment arc-connexos.

### Part II: Introducció a la topologia algebraica.

- 6. Homotopia d'aplicacions contínues:** Aplicacions homòtopes. Tipus d'homotopia d'un espai. Espais contràctils. Retractes de deformació.

7. **El grup fonamental:** Multiplicació de camins. El grup fonamental. Canvi de punt base. Functorialitat del grup fonamental. Espais simplement connexos. Grup fonamental d'un producte.
8. **El grup fonamental de la circumferència:** Aixecament de camins. Grau d'una aplicació contínua de la circumferència en si mateixa. El grup fonamental de la circumferència.
9. **Aplicacions a la topologia del pla:** Índex d'una corba tancada. Els teoremes clàssics: Poincaré-Bôhl, 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.

## 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. En la nota final es tindrà en compte la participació en les classes de problemes.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Armstrong, A.M.: *Topología básica*. Ed. Reverté, 1987.
- Bourbaki, N.: *Eléments de mathématique: Topologie Générale, chap. I*. Hermann éd., 1971.
- Kosniowski, C.: *Topología algebraica*. Ed. Reverté, Barcelona, 1986.
- Massey, W.: *Introducción a la topología algebraica*. Ed. Reverté, Barcelona, 1972.
- Munkres, J.R.: *Topology, a first course*. Ed. Prentice Hall, 1975.

### Referències complementàries:

- Fleitas, G.; Margalef, J.: *Problemas de topología general*. Ed. Alhambra, Madrid, 1970.
- Hocking, J.; Young, G.: *Topología*. Ed. Reverté, 1975.
- Hu, S.T.: *Introduction to General Topology*. Ed. Holden Day, 1966.
- Jänich, K.: *Topology*. Ed. Springer Verlag, 1984.
- Kuratowski, K.: *Introducción a la teoría de conjuntos y a la topología*. Ed. Vicens Vives, 1966.
- Singer, I.M.; Thorpe, J.A.: *Lecture Notes on Elementary Topology and Geometry*. Ed. Springer Verlag, 1976.
- Wall, C.T.C.: *A geometric introduction to topology*. Ed. Dover, 1993.



**2n CURS - 2n QUADRIMESTRE**

---

# ÀNALISI REAL

---

**CODI:** 10017

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

**Professor coordinador:** Miguel-C. Muñoz Lecanda

**Altres professors:** Enric Fossas Colet

## Objectius del curs

Aquesta assignatura, continuació i complement dels cursos de Càlcul I, II i III, 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. Convolució 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.

## 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 junctions*. 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.



# GEOMETRIA DIFERENCIAL 1

---

**CODI:** 10018

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

**Professor coordinador:** Antoni Ras Sabidó

**Altres professors:** Carles Batlle Arnau

## Objectius del curs

Aquesta assignatura vol ser una introducció a la Geometria Diferencial, a partir del que es pot considerar un curs clàssic sobre corbes i superfícies de l'espai  $\mathbb{R}^3$ .

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 del maneig amb suficiència del càlcul amb coordenades. Finalment, amb la intenció de mostrar un lligam de la Geometria Diferencial amb la Topologia Algebraica, s'explica el Teorema de Gauss-Bonnet.

## Programa

### Primera part: Corbes

1. **Introducció:** corbes regulars; parametritzacions; paràmetre arc; longitud.
2. **Teoria local de corbes:** el trièdre de Frénet; teorema fonamental; forma canònica local; cercle de curvatura i evoluta; hèlixs.
3. **Propietats globals:** *Umlaufsatz*; corbes convexes; teorema dels quatre vèrtexs.

### Segona part: Superfícies

4. **Introducció:** superfícies regulars; pla tangent; àrea i primera forma fonamental; aplicacions entre superfícies.
5. **L'aplicació de Gauss:** aplicacions de Gauss i Weingarten i segona forma fonamental, curvatures de Gauss i mitjana; direccions asimptòtiques; equacions de Gauss i Codazzi-Mainardi; teorema *egregium* i teorema de Bonnet.
6. **Geometria intrínseca:** derivació covariant; transport paral·lel; geodèsiques; tensor de curvatura de Gauss i curvatura geodèsica.
7. **Teorema de Gauss-Bonnet:** versió local; varietats diferenciables de dimensió 2; característica d'Euler-Poincaré i versió global del teorema.

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Carmo, M.P. do: *Geometría diferencial de curvas y superficies*. Ed. Alianza Universidad, Madrid, 1990.
- Cordero, L.; Fernández, M.; Gray, A.: *Geometría Diferencial de Curvas y Superficies*. Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, 1995.
- Novikov, S.P.; Fomenko, A.T.: *Basic Elements of Differential Geometry and Topology*. Ed. Kluwer, Dordrecht, 1990.
- 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.

### Referències complementàries:

- Berger, M.; Gostiaux, B.: *Differential Geometry. Manifolds, Curves and Surfaces*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1988.
- Dubrovín, B.A.; Fomenko, A.T.; Novikov, S.P.: *Modern Geometry - Methods and Applications* (vol. 1). Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1984.
- Klingenberg, W.: *A Course in Differential Geometry*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1984.
- O'Neill, B.: *Elementos de geometría 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.
- Warner, F.: *Foundations of Differentiable Manifolds and Lie Groups*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1984.

# INFERÈNCIA ESTADÍSTICA

---

**CODI:** 10019

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

**Professor coordinador:** Ramon Nonell Torrent

**Altres professors:**

## 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.

## 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.: *Nonparametric 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 Areizaga

## 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 la construcció d'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, algorítmics o de simulació, per tractar-los. 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 la seva 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, descomposició LU. Teoremes de dualitat: Gale-Kuhn-Tucker. Teorema de la Folga Complementària. Interpretacions geomètriques. L'algorisme del Símplex Dual, l'algorisme Primal-Dual. Interpretacions econòmiques. Anàlisi de sensibilitat.
- 3. Introducció als models enters i combinatoris:** Formulació de models enters. Camins mínims: conseqüències de la metodologia primal-dual. Camins mínims i la programació dinàmica discreta. Fluxos en xarxes. Flux màxim i la metodologia primal-dual. Generació de columnes. Propietats de l'estructura dels models de fluxos en xarxes. Fluxos en xarxes de cost mínim: l'algorisme del simplex. La caracterització dels poliedres dels problemes combinatoris: cares i facetes. Problema de Knapsack. Problemes enters generals: Procediments de ramificació i fitació (Branch and Bound). Procediments de pla secant: identificació de constriccions.
- 4. Introducció als models no lineals:** El procés de formulació de models no lineals. Tipus de models no lineals. Punts extrems de funcions convexes. Condicions d'optimalitat de Fritz John i Kuhn-Tucker. Qualificació de constriccions. Dualitat Lagrangiana i Punts de Sella. Introducció als algorismes per a problemes sense constriccions. Mètodes de descens. Càlcul de direccions de descens: mètodes del gradient i de Newton. Mètodes d'exploració lineal. Problemes amb

constriccions. Mètodes de direccions factibles. El mètode del gradient reduït. El cas de la programació quadràtica,

5. **Introducció als models estocàstics:** Sistemes en els quals intervé l'atzar. Hipòtesis probabilístiques de modelització. Introducció a les cadenes de Markov. Matrius de transició. Equacions de Chapman-Kolmogorov. Probabilitats dels estats límit. Temps de primer pas. Modelització mitjançant cadenes de Markov amb paràmetre discret. Introducció a les cadenes de Markov amb paràmetre continu: processos de naixement i mort. Solucions generals. Solucions d'equilibri. Estructura general dels models de cues. Processos d'arribada i processos de sortida. Cues poissonianes. Cas particular de processos de naixement i mort. El Teorema de Little. Cues  $M/M/1$ : estats transitoris. Cues no poissonianes i les xarxes de cues. Aplicacions.
6. **Conclusions i miscel·lània:** Altres models d'Investigació Operativa: Decisions Multicriteri, Teoria de Jocs, Simulació, etc. Processos de presa de decisions quantitatives: Els sistemes d'ajut

## Avaluació

Hi haurà una qualificació provinent de les classes pràctiques amb un pes del 20% i dues més provinents de dos exàmens parcials amb pesos del 40% cadascuna.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Bazaraa, M.S. et alt.: *Nonlinear programming: Theory and Algorithms*. Ed. Wiley, 1993.
- Hu, T.C.: *Integer Programming and Network Flows*. Ed. Addison-Wesley, 1970.
- 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.
- Taha, H.A.: *Operations Research an Introduction*. Ed. McMillan, 1992.

### Referències complementàries:

- Bradley, S.P. et alt.: *Applied mathematical programming*. Ed. Addison-Wesley, 1977.
- Christofides, N. Mingozzi, A. and Toth, P.: *Combinatorial optimization*. Ed. Wiley, 1979.
- Cox, D.R. and Smith, W.L.: *Queues*. Ed. Chapman and Hall, 1992.
- 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.
- Kobayashi, H.: *Modeling and analysis: An introduction to system performance evaluation methodology*. Ed. Addison-Wesley, 1978.
- Lawler, E.L. et alt. (eds.): *The traveling salesman problem: A guided tour of combinatorial optimization*. Ed. Wiley, 1985.
- Luenberger, D.G.: *Programación lineal y No lineal*. Ed. Addison-Wesley Iber., 1989.
- 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.



**3r CURS - 1r QUADRIMESTRE**

---



# ÀLGEBRA ABSTRACTA

---

**CODI:** 10022

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

**Professor coordinador:** Jordi Quer Bossor

**Altres professors:** Anna Rio Doval

## 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 factorials, principals, euclidians.  
Polinomis sobre anells factorials.  
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 cíclicues.  
Equacions resolubles per radicals. Resolució per graus 2, 3 i 4. No resolubilitat de l'equació general de grau  $\geq 5$ .  
Aplicacions: Construccions amb regla 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.

## Avaluació

L'avaluació consistirà en un examen parcial no alliberatori (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.

# 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 quasilineals de 1r ordre:** Definicions i exemples. Interpretació geomètrica. Problema de Cauchy. Característiques. L.leis de conservació. Xocs.
- 2. 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.
- 3. 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.
- 4. 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.
- 5. L'equació de la calor:** Principi del màxim i conseqüències. Separació de variables. L'equació de la calor a la recta infinita.

## 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. Teubner. Stuttgart, 1977.
- Tjjonov, 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.; Tjjonov, 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.

# 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 són 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 hom ha de recórrer a les tècniques numèriques.

Aquesta assignatura té dos objectius principals: el primer, 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, també com algunes de les tècniques numèriques bàsiques per a l'estudi qualitatiu de les equacions diferencials vistes a Equacions Diferencials I.

## 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.

## 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.
- Golub, G.H.; Ortega, J.M.: *Scientific Computing and Differential Equations. An Introduction to Numerical Methods*. Ed. Academic Press, 1992.
- Grau, M.; Noguera, M.: *Càlcul Numeric*. Aula Teòrica I. Edicions UPC, 1993.
- 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.
- 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. John Wiley, 1966.
- 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.







# ANÀLISI COMPLEXA

---

**CODI:** 10023

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

**Professor coordinador:** Joaquim Ortega Cerdà

**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 elementals. Determinacions holomorfes de l'argument.
- 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 homologues. 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 de les funcions analítiques:** Teorema de Weierstrass. Conjunts equicontinus. Teorema de Montel.
- 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

Hí haurà una nota de les classes de problemes 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.
- Rudin, W.: *Análisis Real y Complejo*. McGraw-Hill, 1987.
- Boas, R.P.: *Invitation to Complex Analysis*. Random House, 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.
- Berenstein, C.A.; Gay, R.: *Complex variables*. Springer-Verlag, 1991.
- 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.

# GEOMETRIA DIFERENCIAL 2

---

**CODI:** 10025

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

**Professor coordinador:** Miguel-C. Muñoz Lecanda

**Altres professors:** Antoni Ras Sabidó

## 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. Variedades y aplicaciones 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. Variedades 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.

## Avaluació

Habrà un examen final global de la assignatura y notes 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. 1, 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.

# MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA

---

**CODI:** 10024

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

**Professor coordinador:** Sebastià Xambó Descamps

## Objectius del curs

Cenyint-nos als camps de l'electromagnetisme, la termodinàmica i la mecànica dels medis continus, 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. Introducció a la mecànica clàssica:** Espai de configuracions i espai d'estats. Formulació Lagrangiana i Hamiltoniana de la mecànica de Newton. Lleis de conservació. Significat geomètric de les equacions de Hamilton.
- 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). Introducció a la teoria de l'elasticitat.
- 3. Termodinàmica:** Introducció històrica i conceptual. Formulació matemàtica de la primera llei de la termodinàmica. Aplicacions de la primera llei. Segona llei de la termodinàmica. Temperatura termodinàmica. Entropia. La llei del creixement de l'entropia. Teoria cinètica. La natura estadística de la segona llei. Entropia i probabilitat.
- 4. Camps electromagnètics:** Camps vectorials i formes. Operadors i integrals de volum, de superfície i de línia. Càrregues, corrents i l'equació de continuïtat de la càrrega. Camps electrostàtics. Energia i teoria del potencial. Camps magnetostàtics. Materials magnètics. Inducció electromagnètica. Equacions de Maxwell. Ones electromagnètiques en el buit. Interferències i coherència. Fenòmens elèctrics i magnètics en medis materials. El grup de Lorentz. Formulació relativista del camp electromagnètic. Potencial electromagnètic. Aspectes quàntics del camp electromagnètic.

## Avaluació

Hi haurà un examen parcial, avaluat sobre 4 punts i un final global, avaluat sobre 5 punts, i es podrà obtenir fins a 1 punt amb activitats complementàries que estiguin definides en relació amb aspectes pràctics de la matèria.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Bamberg, P.; Sternberg, S.: *A course in mathematics for students of physics* (2 vols). Ed. Cambridge University Press, 1991.
- Chevray, R.; Mathieu, J.: *Topics in Fluid Mechanics*. Ed. Cambridge University Press, 1993.
- Cottingham, W. N.; Greenwood, D. A.: *Electricity and Magnetism*. Ed. Cambridge University Press, 1991.
- Landau, L.; Lifchitz, E.: *Curso de física teòrica: Teoría de la elasticidad*. Ed. Reverté, 1969.
- Longair, M. S.: *Theoretical concepts in physics*. Ed. Cambridge University Press, 1984.

### Referències complementàries:

- Abraham, R.; Marsden, J. E.; Ratiu, T.: *Manifolds, tensor analysis, and applications* (second edition). Ed. Springer-Verlag, 1988.
- 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.
- G. Bekefi, G.; Barrett, A. H.: *Electromagnetic vibrations, waves and radiation*. Ed. The MIT Press, 1977.
- Fernández, J.; Pujal M.: *Iniciación a la física*. (2 vols.). Ed. Reverté, 1992.
- 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.
- Flanders, H.: *Differential forms with applications to the physical sciences*. Ed. Dover, 1989.
- Girbau, J.: *Geometria diferencial i relativitat*. Manuals de la Universitat Autònoma de Barcelona 10, Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 1993.
- Grant, I. S.; Phillips, W. R.: *Electromagnetism*. Ed. Wiley and Sons, 1990.
- Jackson, J. D.: *Classical Electrodynamics*. Ed. Wiley, New York, 1975.
- Marsden, J. E.; Hughes, T. J. R.: *Mathematical foundations of elasticity*. Ed. Prentice-Hall, 1983.
- Meyer, R. E.: *Introduction to mathematical fluid dynamics*. Ed. Dover, 1982.
- Triebel, H.: *Analysis and mathematical physics*. Ed. Reidel Publishing Co., 1986.
- White, F. M.: *Mecánica de fluidos*. Ed. McGraw-Hill, 1988.



**4t CURS - 1r 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. Introducció als operadors lineals no acotats. Adjunts.
2. **Topologies dèbils:** Topologia dèbil, conjunts convexos i operadors lineals. Topologia dèbil-\*. Espais reflexius. Espais separables.
3. **Espais  $L_p$ :** Definicions i propietats. Reflexivitat. Separabilitat. Duals. Convolució i regularització. Compacitat forta a  $L_p$ .
4. **Espais de Hilbert:** Repàs de definicions i propietats elementals. Dualitat. Teoremes de Stampachia i de Lax-Milgram. Sumes hilbertianes.
5. **Operadors Compactes i Operadors Compactes Autoadjunts:** Adjunts. Teoria de Riesz-Fredholm. Espectre. Descomposició espectral d'un operador compacte autoadjunt.
6. **Espais de Sobolev i problemes de contorn en dimensió  $u$ :** Definicions. Valors als extrems. Exemples. Principi del màxim. Funcions pròpies i descomposició espectral.
7. **Distribucions:** L'espai de les funcions de test. L'espai de les distribucions. Diferenciació de distribucions. Suport. Operacions elementals en distribucions. Exemples.

## 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 serà fer una introducció a la topologia algebraica. Generalment, el primer contacte amb la Topologia Algebraica presenta algunes dificultats a causa de la varietat de 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, emfasitzant així el desenvolupament històric de les idees presentades.

Començarem amb la classificació de políedres de dimensió 2. Entre les aplicacions a  $\mathbb{R}^n$  estudiarem, per exemple, el teorema de punt fix de Brouwer, el grau d'una aplicació entre esferes de la mateixa dimensió i les seves aplicacions, o el teorema de separació de Jordan-Brouwer.

## Programa

- 1. Homologia dels complexos simplicials:** Complexos simplicials. Aplicacions simplicials. Políedres. Complexos simplicials abstractes, realització geomètrica. Grups d'homologia d'un complex simplicial. Exemples.
- 2. 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.
- 3. Introducció a l'àlgebra homològica:** Complexos de cadenes. Grups d'homologia. Morfismes de complexos i morfismes induïts en homologia. Successions exactes.
- 4. Homologia singular:** Símplex ordinari. Cadenes singulars d'un espai topològic: el complex singular. Homologia singular. Els grups  $H_0$  i  $H_1$ . Invariància topològica de l'homologia singular. Comparació amb l'homologia simplicial. Característica d'Euler.
- 5. Successions exactes d'homologia:** Excisió. Successió exacta d'una parella. Successió de Mayer-Vietoris. Exemples i aplicacions.
- 6. Aplicacions a  $\mathbb{R}^n$ :** Homologia de les esferes. Homologia local. Grau d'una aplicació. Graus locals.
- 7. Altres aplicacions:** Teorema de Jordan-Brouwer. Invariància del domini.

## 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. Es tindrà també 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

---









# 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.

# 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 presentació detallada. 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 prototipus 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

- 1. Lògica Proposicional:** Connectives i àlgebres de proposicions. Taules de veritat. Conseqüència lògica i tautologies.
- 2. Lògica de primer ordre:** Llenguatges de primer ordre. Estructures, satisfabilitat i models. Conseqüència lògica, demostracions. Teorema de Completesa. Teoremes de Compacitat i de Löwenheim-Skolem. Teories de primer ordre, exemples. Teories completes. Teoremes d'Indecidibilitat i Incompletesa.
- 3. El mètode de Resolució i aplicacions:** Teorema de Herbrand. Mètode de Resolució. Provedors automàtics de teoremes. Introducció a la Programació Lògica i al PROLOG.

## Avaluació

El mètode d'avaluació serà flexible i dependrà de la voluntat de cada alumne. Per exemple: presentació de treballs, resolució de problemes, etc.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Ebbinghaus, H.D.; Flum, J.; Thomas, W.: *Introduction to 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.).
- Pla, J.: *Lliçons de Lògica Matemàtica*. P.P.U., 1991.
- Schöningh, U.: *Logic for Computer Scientists*. Birkhäuser, 1989.

### Referències complementàries:

- Bell, J.L.; Machover, M.: *A Course in Mathematical Logic*. North-Holland, 1977.
- Bridge, J.: *Beginning Model Theory*. Clarendon Press, 1977.
- 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.
- Kreisel, G.; Krivine, J.L.: *Elements of Mathematical Logic*. North-Holland, 1967.
- Lightstone, A.H.: *Mathematical Logic*. Plenum Press, 1978.
- Mendelson, E.: *Introduction to Mathematical Logic*. Wadsworth and Brooks, 1987 (3a ed.).
- Monk, D.: *Mathematical Logic*. Springer, 1979.
- Sperschneider, V.; Antoniu, G.: *Logic. A foundation for Computer Science*. Addison-Wesley, 1991.
- Van Dalen, D.: *Logic and Structure*. Springer, 1983 (2a ed.).

# PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA

---

**CODI:** 11861

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Jaume Barceló Bugeda

**Altres professors:** Elena Fernández Areizaga

## Objectius del curs

Aprofundir 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, especialment 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.

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. Dualitat en Programació Matemàtica:** Propietats del problema dual. Dualitat i relaxació. Equivalència entre convexificació i dualització.
- 2. Problemes d'optimització lineal a gran escala:** Mètodes de generació de columnes. Aplicacions als problemes de "cutting-stock", fluxos màxims. Casos no lineals: el problema de l'assignació de trànsit, etc.
- 3. Mètodes de descomposició en Programació Matemàtica:** Descomposició per directives de preus, el mètode de Dantzig-Wolfe. Descomposició per directives de recursos, la descomposició dual de Benders. Relaxació lagrangiana. Relaxació lagrangiana i dualitat.
- 4. Introducció a l'Optimització Nodiferenciable:** Condicions necessàries i suficients d'optimització per a la programació còncava no-diferenciable. Algorismes ascendents. Optimització Subgradient. Algorisme generalitzat ascendent Primal-Dual.
- 5. Aplicacions dels mètodes de descomposició i l'Optimització No-diferenciable a la resolució de problemes de:** Localització de Plantes, amb i sense constriccions de capacitat, Optimització de fluxos Multiarticle, Planificació Descentralitzada, Problemes Combinatoris (Viajant de Comerç, etc.).
- 6. Optimització sobre símplex:** mètodes de descomposició simplicial, descomposició simplicial restringida. Aplicacions a alguns problemes d'optimització de fluxos en xarxes.

## Avaluació

Hi hauran exàmens parcials, examen final i pràctiques.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Bazaraa, M.S.; Sherali, and Shetti, C.M.: *Nonlinear Programming: Theory and Algorithms*. Ed. John Wiley and Sons, 1993.
- Minoux, M.: *Programation Mathématique: Théorie et Algorithmes*. Ed. Dunod, 1983.
- Mirchandani, P.B.; Francis, R.L.: *Discrete Location Theory*. Ed. John Wiley, 1988.
- Nemhauser, G.L.; Wolsey, L.A.: *Integer and Combinatorial Optimization*. Ed. John Wiley and Sons, 1988.
- Papadimitriou, C.H.; Steiglitz, K.: *Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*. Ed. Prentice-Hall, 1982.

### Referències complementàries:

- 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.
- 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 Descamps

**Altres professors:** José Luis Ruiz

## 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 optimals i amb algorismes de codificació i decodificació eficients, primer, s'hi introdueixen d'una forma elemental, les nocions necessàries de geometria algebraica i després s'utilitzen per introduir i estudiar els codis de Goppa.

Els prerequisits per poder seguir el curs amb profit són molt reduïts: elements de teoria de probabilitats, conceptes bàsics d'àlgebra lineal i coneixement de les operacions amb polinomis.

## Programa

1. **Codis correctors:** Codis de blocs. Detecció i correcció d'errors. Decodificació 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 decodificació 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:** Conceptes elementals de geometria algebraica. Corbes algebraiques. Codis de Goppa. Codificació i decodificació efectiva.

## Avaluació

Hi haurà un examen parcial, avaluat sobre 3 punts i un 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:

- Lint Van , J. H.; van der Geer, G.: *Introduction to coding theory and algebraic geometry*. Birkhäuser, 1988.
- Lint, Van J. H.: *Introduction to coding theory*. GTM 86, Springer-Verlag, 1992.
- MacWilliams, F. J.; Sloane, N. J. A.: *The theory of error correcting codes*. North-Holland, 1977.
- Pretzel, O.: *Error-Correcting codes and finite fields*. Clarendon Press, Oxford, 1992.
- Roman, S.: *Coding and information theory*. Springer-Verlag, 1992.

### Referències complementàries:

- Bell, C.; Cleary, J. G.; Witten, I. H.: *Text compression*. Prentice-Hall, 1990.
- Conway, J. H.; Sloane, N. J. A.: *Sphere packings, lattices and groups*. Springer-Verlag, 1988.
- Goppa, V. D.: *Geometry and codes. Mathematics and Applications*, Kluwer, 1988.
- Moreno, C.: *Algebraic curves over finite fields*. Cambridge University Press, 1991.
- 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.
- Vanstone, S.A.; Van Oorschot, P.C.: *An introduction to error correcting codes with applications*. Kluwer Academic Publishers, 1989.



# 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.

## Avaluació

El 40% de l'avaluació s'obtindrà per mitjà d'una prova escrita i de l'avaluació de treballs d'aplicació. El 60% restant s'obtindrà 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.



## **3r CURS - 2n QUADRIMESTRE**

---

# ÀLGEBRA COMPUTACIONAL

---

**CODI:** 11876

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Antoni Montes Lozano

## 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 que no hi hagi de divisió euclidiana en l'anell dels polinomis de  $n$  variables ha fet que el seu estudi, tot i que té una gran utilitat pràctica, no s'hagi abordat amb una nova perspectiva fins als anys seixanta, a partir de la introducció 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 aff. 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.** Teoremes de l'eliminació, de l'extensió i de la clausura. Implicació. Punts singulars i envolvents de corbes. Factorització única i resultants.
- 4. Aplicacions.** Robòtica. Demostració automàtica. Xarxes elèctriques.
- 5. Àlgebra versus geometria.** Hilbert Nullstellensatz. Ideals radicals. Operacions amb ideals. Clausura de Zariski. Varietats irreductibles i ideals primers. Descomposició en varietats irreductibles.

## Avaluació

Avaluació continuada sobre la base del treball i la participació. L'assignatura tindrà una part de laboratori de càlcul simbòlic que tindrà un pes aproximat d'un 20% en la nota.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Akritis A.G., *Elements of Computer Algebra with Applications*. Ed. John Wiley, 1989.
- Becker Th., Weispfenning V., *Groebner Bases*. Ed. Springer, New-York, 1993.
- 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.

### Referències complementàries:

- Bruce W. Char et al. *First Leaves. A Tutorial Introduction to Maple V*. Ed. Springer, New-York, 1992.
- Bruce W. Char et al. *Maple V. Language Reference Manual*. Ed. Springer, New-York, 1992.
- Bruce W. Char et al. *Maple V. Library Reference Manual*. Springer, New-York, 1992.
- 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.
- Chou S.C., *Mechanical Geometry Theorem Proving*. Ed. Reidel, Dordrecht, 1988.
- Cohen H., *A Course in Computational Algebraic Number Theory*. Ed. Springer, New-York, 1993.
- Fulton W., *Algebraic Curves: An Introduction to Algebraic Geometry*. 3rd ed.. Ed. Addison-Wesley, 1989.
- Geddes Keith O., Czapor Stephen R., Labahn George, *Algorithms for Computer Algebra*. Ed. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1992.
- Lazard D., *Solving zero-dimensional systems of algebraic equations*. J. Symbolic Computation 1992, 13, 117-131.
- Naudin P., Quitté C., *Algorithmique Algébrique*. Ed. Masson, Paris 1992.
- Wang D.M., *Characteristic Sets and Zero Structure of Polynomial Sets*. Preprint, RISC-LINZ, Johannes Kepler University, Àustria, 1989.

### Altres referències:

- Montes A., *Apunts d'Àlgebra Computacional*. Universitat Politècnica de Catalunya. CPDA, 1995.
- Montes A., *Problemes i pràctiques d'Àlgebra Computacional*. Universitat Politècnica de Catalunya. CPDA, 1995.

# ANÀLISI NUMÈRICA

---

**CODI:** 11877

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Antonio Huerta Cerezuela

**Altres professors:** Josep Sarrate Ramos

## 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.



# ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST

---

**CODI:** 11878

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Àngel Jorba Monte

**Altres professors:** Josep Masdemont Soler

## 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

### El problema de dos cossos

1. Equacions del problema de dos cossos. El problema de Kepler. Les anomalies mitjana, vertadera i excèntrica. Anàlisi dels diferents tipus de moviment. Càlcul d'efemèrides. El moviment en l'espai. Elements orbitals.
2. Resolució del problema per mitjà de sèries. Estudi de les sèries  $f$  i  $g$ . Desenvolupaments en el problema el·líptic. Funcions de Bessel. L'equació de Kepler. L'equació del centre. Desenvolupaments útils per a la teoria del moviment d'un satèl·lit artificial. Els teoremes de Teixera i d'inversió de Lagrange. Convergència dels desenvolupaments.
3. Regularització de les col·lisions binàries.
4. Determinació d'òrbites. El problema de Lambert, els mètodes de Gauss i Laplace. Transferència d'òrbites: Hohmann, biparabòliques i bi-el·líptiques. Transferències entre òrbites el·líptiques.
5. Aplicacions del problema de dos cossos. Temps mitjà, sideri i d'efemèrides. Equació de temps. Rellotge de Sol. Entrada i sortida d'un satèl·lit artificial de l'ombra de la Terra. Sortida i ocàs d'un satèl·lit artificial.

### El problema de $n$ cossos

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

### El problema restringit de tres cossos

1. 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.

2. Teoremes de Hopf i de Lyapunov. Famílies d'òrbites periòdiques en el problema restringit.
3. Altres problemes restringits: el problema de Hill, el problema espacial i el problema elíptic.

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

1. El moviment el·líptic pertorbat. Equacions de Gauss i de Lagrange per als elements pertorbats. Transformació de les equacions en el cas d'excentricitat i inclinació petites.
2. 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 tereals.
3. Idea general del mètode de Von Zeipel. Equacions i eliminació de l'anomalia. Determinació del nou hamiltonià. Resultats i comparacions.
4. Inclinació crítica. Libració del perigeu en les proximitats de la inclinació crítica.
5. Altres pertorbacions del moviment: pertorbacions luni-solars, frenada atmosfèrica i pressió de radiació.

### 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, Inc. Richmond, 1989.
- Escobal, P.R.: *Methods of Orbit Determination*. Ed. R.E. Krieger Pub. Co., 1985.
- Moulton I.R.: *An Introduction to Celestial Mechanics*. Ed. Dover, New York, 1970.
- 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, New York, 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.
- Poincaré, H.: *Les Methodes Nouvelles de Mécanique Céleste (Vol. I, II, III)*. Ed. Gauthier-Villars, París, 1987.
- Pollard, H.: *Mathematical Introduction to Celestial Mechanics, volume 18 of Carus Mathematical Monographs*. Ed. Math. Assoc. Am., Buffalo, New York, 1976.
- 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.

# 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 grans 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.**

## 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:

- 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.
- Draper, N.R., Smith, H.: *Applied regression analysis*. Wiley, 1981.
- Huber, P.J.: *Robust statistics*. Wiley, 1981.
- Seber, G.A.F.: *Linear Regression Analysis*. Wiley, 1981.

### Referències complementàries:

- Aitkin, M., Anderson, D., Francis, B., Hinde, J.: *Statistical Modelling in GLIM*. Clarendon Press, 1989.
- Arnold, S.F.: *The theory of linear models and multivariate observations*. Wiley, 1981.
- Fox, J.: *Linear statistical models and related methods*. Wiley, 1984.
- 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.
- Ratkowsky, D.A.: *Non linear regression modelling*. Marcel Dekker, 1983.
- Wetherill, G.B.: *Regression Analysis with Applications*. Chapman and Hall, 1986.

# OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1

---

**CODI:** 11879

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Narcís Nabona Francisco

**Altres professors:** F. Javier Heredia Cervera

## 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 de 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.
- (En el curs Optimització Contínua II s'estudien altres eines d'Optimització Contínua i s'arriba a un aprofundiment més gran en alguns temes.)

## Programa

### Repàs de conceptes bàsics

**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.

### Minimització sense restriccions

**Mètodes de direccions conjugades:** Direccions Q-conjugades, propietats i generació. Minimització d'una funció quadràtica. Teorema del subespai expansionant. 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 conjugat parcial.

**Mètode de Newton:** Propietat de la família d'algorismes  $X_{k+1} = X_k - \alpha M_k$ . 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.

### Minimització amb restriccions lineals

**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.

**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'hessà 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:** Restriccions lineals d'igualtat i fites simples. Procediment de Murtagh-Saunders. Variables superbàsiques. Algorisme general. El mètode del símplex com a cas particular.

**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.

#### Introducció breu a la minimització amb restriccions qualsevol

**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.

### 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:

- Arbel, A.: *Exploring Interior Point Linear Programming*. The MIT Press, 1993.
- Dennis, Jr. J.E.; Schnabel, R.B.: *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations*. Ed. Prentice Hall, 1983.
- Duff, I.S.; Erisman, A.M.; Reid, J.K.: *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:

- Fletcher, R.: *Practical Methods of Optimization*. Ed. John Wiley & Sons, 1987.
- Gill, P.E.; Murray, W.; Wright, M.H.: *Numerical Linear Algebra and Optimization*. Ed. Addison-Wesley Publ. Co., 1991.
- Golub, G.H.; Van Loan, C.F.: *Matrix Computations*. Ed. Hopkins University Press, 1989.
- Nemhauser, G.L.; Rinoy Kan, A.G.H.; Todd, M.J. (Eds.): *Optimization*. Ed. North-Holland, 1989.
- Peressini, A.L.; Sullivan, F.E.; Uhl, Jr. J.J.: *The Mathematics of Nonlinear Programming*. Ed. Springer Verlag, 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.

# TEORIA DE SISTEMES LINEALS

---

**CODI:** 11862

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Josep Ferrer Llop

**Altres professors:** M. Isabel García Planas, Ferran Puerta Sales

## 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.
- Szidarouszky, F.; Bahill, A.T.. *Linear Systems Theory*. CRC Press, 1992.
- Wiberg, D.M.. *Espacio de estado y sistemas lineales*. McGraw-Hill, México, 1973.

### Referències complementàries:

- Wonham, W.M.: *Linear Multivariable Control A Geometric Approach*. Springer-Verlag, 1985.





## **4t CURS - 1r QUADRIMESTRE**

---

# 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 una certa maduresa en l'ús de tècniques d'enumeració com de conèixer alguns dels problemes clàssics, com ara el de les particions d'enters o particions de conjunts. També s'introduiran o revisaran algunes famílies de nombres combinatoris (coeficients binomials, nombres de Stirling, de Catalan, etc.). Pel que fa al segon, es tractaran aspectes combinatoris bàsics relatius a conjunts parcialment ordenats i s'introduiran els dissenys combinatoris.

## Programa

- 1. Combinatòria enumerativa bàsica:** Combinacions i Permutacions. Coeficients binomials i multinomials. Particions de conjunts. Particions d'enters. Principi d'inclusió-exclusió.
- 2. Equacions de recurrència i funcions generadores:** Equacions de recurrència lineals. Funcions generadores ordinàries i exponencials. Anàlisi asimptòtica.
- 3. Teoria d'enumeració de Pólya:** Grups de permutacions. Polinomi indicador de cicles. Teoremes de Pólya i de De Bruijn.
- 4. Conjunts parcialment ordenats:** Teorema de Dilworth. Lema de Sperner. Teorema d'Erdős-Ko-Rado.
- 5. Disseny combinatoris:** Disseny regulars. Geometries finites. Sistemes de Steiner. Quadrats llatins.

## 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:

- Berge, C.: *Principles of Combinatorics*. Ed. Academic Press, 1971.
- Biggs, N.L.: *Matemàtica discreta*. Ed. Vicens Vives, 1994.
- Comellas, F.; Fàbrega, J.; Sànchez, A.; Serra, O.: *Matemàtica discreta*. Edicions UPC 1994.
- Hall, M.: *Combinatorial Theory*. Ed. John Wiley and sons, 1986.
- Stanley, R.P.: *Enumerative Combinatorics*. Ed. Wadsworth and Brooks, 1986.

### Referències complementàries:

- Anderson, I.: *Introducción a la combinatoria*. Ed. Vicens Vives, 1993.
- Goulden, I.P.; Jackson, D.H.: *Combinatorial Enumeration*. Ed. John Wiley & Sons, 1983
- Graham, R.L.; Knuth, D.E.; Patashnik, O.: *Concrete Mathematics*. Ed. Addison Wesley, 1991.
- Lint, J.H. van; Wilson, R.M.: *A Course in Combinatorics*. Ed. Cambridge University Press, 1992.
- Lovasz, L.; Graham, R.L.; Grötschel, M.: *Handbook of Combinatorics*. Ed. North-Holland, 1995.
- Riordan, J.: *An Introduction to Combinatorial Analysis*. Ed. Princeton University Press, 1980.
- Roberts, F.S.: *Applied Combinatorics*. Ed. Prentice-Hall, 1984.
- Stanton, D.; White, D.: *Constructive Combinatorics*. Ed. Springer-Verlag, 1986.
- Wilf, H.: *Generating functionology*. Ed. Academic Press, 1990.

# 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, mostrant com l'estructura combinatòria d'un problema geomètric sovint decideix quin mètode algorísmic 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 és deguda 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 no existia encara.

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.

## Avaluació

La qualificació s'articularà al voltant de quatre elements: lectura i exposició d'algorismes, entrega 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.
- Brønsted, A.: *An Introduction to Convex Polytopes*. Ed. Springer-Verlag, 1983.
- Chvatal, V.: *Linear Programming*. Ed. Freeman and Company, 1983.
- Cormen, T.H.; Leiserson, C.E. i Rivest, R.L.: *Introduction to Algorithms*. Ed. MIT Press, 1990.
- Hoffmann, C.M.: *Solid and Geometric Modelling: an Introduction*. Ed. Morgan Kaufmann Publishers, 1989.
- Gruber, P. M. i Wills, J. M.: *Handbook of Convex Geometry*. 2 volums. Ed. North-Holland, 1993.
- 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*. Ed. Prentice-Hall, 1993.
- Okabe, A.; Boots, B. i Sugihara, K.: *Spatial Tesselations. Concepts and Applications of Voronoi Diagrams*. Ed. Wiley & Sons, 1992.
- Pach, J. (Ed.), *New Trends in Discrete and Computational Geometry*. Ed. Springer-Verlag, 1993.
- Pach, J. i Agarwal, P. K.: *Combinatorial Geometry*. Ed. J. Wiley & Sons, 1994.
- Preparata, F.P.: *Advances in Computing Research: Computational Geometry*. Ed. JAI Press, 1983.
- Schwartz, J.T. i Yap, C.K.: *Algorithmic and Geometric Aspects of Robotics*, Vol. 1. Ed. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1987.
- 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-Verlag, 1991.
- Klee, V.; Wagon, S.: *Old and New Unsolved Problems in Plane Geometry and Number Theory*. Ed. Mathematical Association of America, 1991.

# OPTIMITZACIÓ CONTINUA 2

---

**CODI:** 11872

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Narcís Nabona Francisco

**Altres professors:** Jordi Castro Pérez

## Objectius del curs

- Completar els coneixements d'Optimització Contínua (adquirits a *Optimització Contínua I*) per tal d'aplicar-la en la resolució de problemes reals (d'alta dimensionalitat i/o no lineals)
- Justificar l'eficiència computacional dels algorismes que es presenten
- Comprensió 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

### I. Minimització sense Constriccions

- 1. Actualització de factoritzacions quan s'afegeixen o se sostreuen matrius de rang u:** Operacions necessàries per factoritzar una matriu simètrica. Actualització de la factorització quan s'afegeix una matriu de rang u: fórmula de Powell-Fletcher. Actualització quan es sostreu una matriu de rang u: fórmula de Gill-Murray.
- 2. Mètodes quasi-Newton (o de la secant) que actualitzen la inversa de l'hessià:** 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.
- 3. Mètodes quasi-Newton (o de la secant) que actualitza l'hessià:** Interpretació de l'equació quasi-Newton per a funcions qualsevol. Fórmula de Broyden. Fórmula PSB. Actualitzacions secants definides positives: fórmula BFGS. La família Broyden. Invariància i mètrica. Aplicació a problemes amb constriccions lineals.
- 4. 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.

### II. Minimització amb Constriccions Lineals

- 1. Actualització de factoritzacions de bases quan en canvien les files o les columnes:** Matrius de permutació i matrius eta. Reordenació de Hellerman-Rarick. Forma en producte de la inversa amb permutacions no predeterminades. Actualització d'una factorització triangular de la base. Mètodes de Bartels-Golub, de Forrest-Tomlin, de Reid, i de Saunders.
- 2. Introducció als fluxos en xarxes lineals i no lineals: Matriu de xarxa. Base:** propietats i descripció mitjançant arbres i vectors de busques. Pivotació. Arbre inicial factible. Fluxos no lineals. Cicles superbàsics.
- 3. Mètodes de punt interior:** Algorisme de l'escalat afí dual. Escalat. Estimadors primals. Algorisme.

### III. Minimització amb Constriccions Qualsevol

1. **Mètodes de penalització i barrera:** Mètodes de penalització. Mètodes barrera. Convergència local d'aquests mètodes. Aplicació del mètode del gradient conjugat parcial.
2. **Mètode del gradient reduït generalitzat (GRG):** Cas de constriccions lineals d'igualtat i fites. Variables pseudo-superbàsiques. Formulació en cas de constriccions qualsevol. Retorn a la hipersuperfície de les constriccions actives. El paquet CONOPT.
3. **Lagrangians augmentats i Lagrangians projectats:** Mètode de Newton-Raphson en sistemes no lineals indeterminats. Concepte i mètode del Lagrangian augmentat. Estimacions de multiplicadors. Mètodes de Lagrangians projectats. Formulacions 1a. i 2a. Exploracions lineals. El paquet MINOS.

### Pràctiques

Es realitzaran nou 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.

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Ahuja, R.K., T.L. Magnanti & J.B. Orlin: *Network Flows, Theory, Algorithms and Applications*. Ed. Prentice Hall. 1993.
- Dennis Jr., J.E. & R.B. Schnabel: *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations*. Ed. Prentice Hall. 1983.
- Duff, I.S., A.M. Erisman & J.K. Reid: *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.

#### Referències complementàries:

- Arbel, A.: *Exploring Interior-Point Linear Programming*. The MIT Press. 1993.
- Fletcher, R.: *Practical Methods of Optimization*. Ed. John Wiley & Sons. 1987.
- Gill, P.E., W. Murray & M.H. Wright: *Numerical Linear Algebra and Optimization*. Ed. Addison-Wesley Publ. Co. 1991.
- Nemhauser G.L., A.G.H. Rinoy Kan & M.J. Todd (Eds.): *Optimization*, vol. 1). Ed. North-Holland. 1989.
- Peressini, A.L., F.E. Sullivan & J.J. Uhl, Jr.: *The Mathematics of Nonlinear Programming*. Ed. Springer Verlag. 1988.

#### Altres referències:

- Bertsekas, D.P.: *Constrained Optimization and Lagrange Multiplier Methods*. Ed. Academic Press. 1982.
- 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.



# TEORIA DE NOMBRES

---

**CODI:** 11874

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Joan-Carles Lario Loyo

**Altres professors:** Jordi Quer Bosor

## 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.

## 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.





# AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA

---

CODI: 11284

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Pere Pascual Gainza

Altres professors: Sebastian del Baño Rollín

## 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. **Introducció.** Corbes del pla afí. Pla projectiu. Corbes de  $\mathbb{P}^2$ . Corbes irreductibles. Punts simples i punts singulars.
2. **Propietats algebraïques.** Resultant de dos polinomis. Multiplicitat d'intersecció. Teorema de Bézout. Còniques i cúbiques. Punts d'inflexió. Fórmules de Plücker. El teorema fonamental de Noether i aplicacions.
3. **Topologia de les corbes no singulars.** Connexió de les corbes irreductibles. Punts de ramificació de morfismes a  $\mathbb{P}^1$ . Fórmula de Riemann-Hurwitz per a recobriments ramificats de  $\mathbb{P}^1$ . Fórmula del gènere.
4. **Diferencials en superfícies de Riemann.** Corbes complexes i superfícies de Riemann. Diferencials holomorfs. Diferencials meromorfs. Teorema dels residus.
5. **Teorema de Riemann-Roch.** Divisors. Equivalència de divisors, l'espai  $\mathcal{L}(D)$ . Divisor canònic. El teorema de Riemann-Roch i aplicacions. Funcions meromorfs i funcions racionals.
6. **Corbes singulars.** Resolució de singularitats. Polígon de Newton i desenvolupament de Puiseux. Topologia de les corbes singulars: fórmula del gènere.

## 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*. Birkhauser: Boston, 1986.
- Forster, O.: *Lectures on Riemann Surfaces*. Springer Verlag: New York, 1981.
- Griffiths, P.: *Introduction to algebraic curves*. Amer. Math. Soc., 1989.
- Kirwan, F.: *Complex algebraic curves*. Oxford U.P., 1992.
- Walker, R.: *Algebraic curves*. Springer Verlag: New York, 1982.

### 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*. Springer Verlag: New York, 1992.
- Fulton, W.: *Curvas algebraicas*. Ed. Reverté: Barcelona, 1977.
- Griffiths, P.; Harris, J.: *Principles of Algebraic Geometry*. Wiley Int.: New York, 1978.
- Kunz, E.: *Introduction to Commutative Algebra and Algebraic Geometry*. Birkhäuser: Boston, 1985.
- Mumford, D.: *Curves and their jacobians*. Univ. Michigan Press: Ann Arbor, 1975.
- Mumford, D.: *Algebraic Geometry 1: complex projective varieties*. Springer Verlag: Berlin, 1995.
- Shafarevich, I.: *Basic Algebraic Geometry* (2 vols). Springer Verlag: Berlin, 1994.

# CALCULABILITAT

---

**CODI:** 11866

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** José Luis Balcázar Navarro

## Objectius del curs

Estudiar les limitacions matemàtiques dels algoritmes, mitjançant l'identificació precisa dels problemes que admeten solució algorítmica. 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 d'altres camps.

## Programa

1. **Alguns models de càlcul:** Programes while, màquines RAM, màquines de Turing-Post. Recursió primitiva, funció d'Ackermann. El principi de Church.
2. **Manipulació de programes:** Gödelització, diagonalització, recursió parcial. Teorema de parametrització (s-m-n), programes universals. Forma Normal de Kleene.
3. **Teorema de recursió i enumerabilitat:** Teorema de recursió, variants. Decidibilitat: el teorema de Rice. Enumerabilitat: teorema de projecció. Enumerabilitat relativa i la jerarquia varitmètica. 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).
- Machtey, M.; Young, P.: *An Introduction to the General Theory of Algorithms*. Ed. North-Holland, 1978 (0-444-00226-X).
- Rogers, H.: *Theory of Recursive Functions and Effective Computability*. Ed. McGraw-Hill/MIT Press, 1993 (2a edició).
- 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.; Torán, J. : Col.lecció de problemes a fotocòpies.



# CRIPTOGRAFIA

---

**CODI:** 11868

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Jordi Quer Bosor

**Altres professors:** Montserrat Maureso Sánchez

## 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:  $\rho$  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.

### 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.
- Salomaa, A.: *Public-Key Cryptography*. Ed. Springer-Verlag, EATCS núm. 23, 1990.
- Simmons, G.J. (Ed): *Contemporary Cryptology. The Science of Information Integrity*. Ed. IEEE Press, 1992.
- Tilborg, H.C.A. van: *An Introduction to Cryptology*. Ed. Kluwer Academic Publishers, 1990.

#### Referències complementàries:

- Denning, D.E.R.: *Cryptography and data security*. Ed. Addison-Wesley, 1983.
- Kahn, D.: *The Codebreakers. The story of secret writing*. Ed. Macmillan, 1967.
- Konheim, A.G.: *Cryptography: A primer*. Ed. John Wiley and Sons, 1981.
- Kranakis, E.: *Primality and Cryptography*. Ed. Wiley-Teubner Series in Computer Science, 1986.
- Pomerance, K. (Ed.): *Cryptography and Computational Number Theory*. Ed. AMS Short Course series núm. 42, 1990.
- Welsh, D.: *Codes and Cryptography*. Ed. Oxford University Press, 1989.

#### Altres referències:

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

# 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 a 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.

## Programa

### Bloc teòric (30 hores):

**Ensenyar matemàtiques avui.** Es farà un repàs exhaustiu dels problemes, reptes, requeriments i solucions actuals que el professorat de matemàtiques, de qualsevol nivell, troba ara.

### Bloc pràctic (45 hores):

**Aprendre a ensenyar.** Es farà una feina col·lectiva i activa de preparacions de programacions, material de classe, recursos, dinàmiques alternatives, filmacions, visites, usos tecnològics, disseny d'avaluacions, etc.

## Avaluació

Participació activa continuada, preparació i exposició de treballs, propostes d'avaluació de tipologies i nivells diversos.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Alsina, C.; Burgués, C.; Fortuny, J.M.; Giménez, J. i Torra, M.: *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.: *Área 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, Valencia, 1987.
- Krantz, S.G.: *How to teach mathematics, a personal perspective*, American Mathematical Society, Providence, 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.

# MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA

---

**CODI:** 11871

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Antonio Huerta Cerezuela

**Altres professors:** Antonio Rodríguez Ferrán

## 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 (sense i amb 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, Newton-Raphson conjugat. 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 emprats. 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 pel 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 penal, funcions barrera, Lagrangia incrementat), 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.

## 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.

# SIMULACIÓ

---

**CODI:** 11873

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Josep Casanovas García

**Altres professors:** Jaume L. Ferrer Cerdà

## 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: Dissenys factorials. 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.

## 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. (Edit.): *Computer Modelling for Discrete Simulation*. Ed. John Wiley & Sons, 1989.
- 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.
- Russell, E.D.: *Building Simulation Models w/ Simscript II.5*. Ed. CACI, 1991.
- *Manual de referència*. Ed. Simulink, 1992.

### Altres referències:

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



# TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES

---

**CODI:** 11285

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Amadeu Delshams Valdés

**Altres professors:** M.Teresa Martínez-Seara Alonso

## 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, transcítica, 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 càdtics.** El shift de Bernoulli, la ferradura de Smale. Sistemes amb dinàmica hiperbòlica càdtica. Teorema del punt homoclínic de Smale. No integrabilitat de difeomorfismes amb punts homoclínics transversals. Fenomen de Newhouse.

## 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.
- Devaney, R.L.: *An Introduction to Chaotic Dynamical Systems*. The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc., Inc. Melo Park, California, 1986.
- Guckenheimer, J. and Holmes, P.: *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems and Bifurcations of Vector Fields*, Springer-Verlag, New York, 1986.
- Sotomayor, J.: *Lições de equações diferenciais ordinárias*, IMPA, Rio de Janeiro, 1979.

### Referències complementàries:

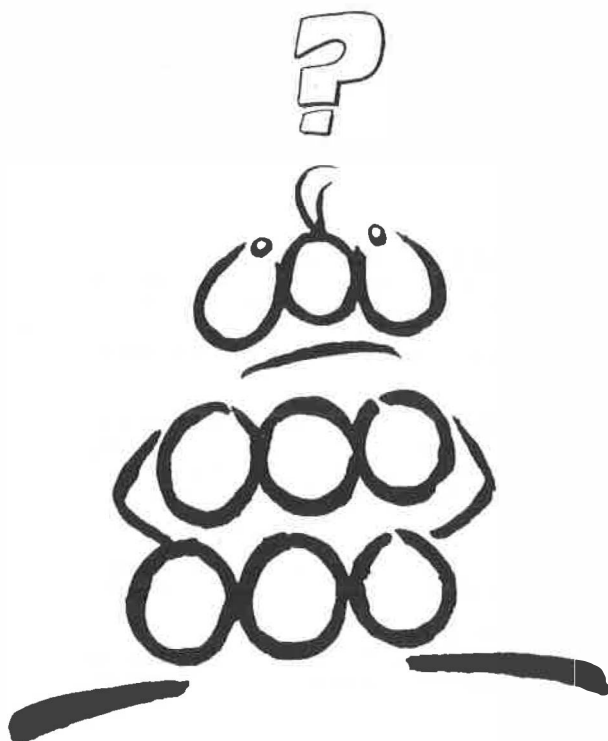
- Arnold, V.I.: *Équations différentielles ordinaires*. Mir, Moscou, 1988.
- Arnold, V.I.: *Les méthodes mathématiques de la mécanique classique*. Mir, Moscou, 1976.
- Gallavotti, G.: *The Elements of Mechanics*. Springer-Verlag, New York, 1983.
- Hirsch, M.W. and Smale, S.: *Ecuaciones diferenciales, sistemas dinámicos y álgebra lineal*. Alianza Editorial, Madrid, 1983.
- 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.



---

## 5. ASSIGNATURES ESPECÍFIQUES DE LLIURE ELECCIÓ DE LA FME

---



# TRIGONOMETRIA ESFÈRICA I MÈTODES DE CàLCUL EN ASTRONOMIA

---

**CODI:** 50225

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Josep Masdemont Soler

## 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 diferents astres, fent especial èmfasi en la Terra, Sol i Lluna.

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

## Programa

### 1. Coneixements fonamentals d'astronomia esfèrica.

Posicions aparents dels astres i els seus moviments visibles. Coordenades geogràfiques, celestes i eclíptiques. Moviments diürns del Sol en diferents latituds. Principis de mesura del temps; temps sideri i temps solar. Equació del temps. Rellotges de Sol i calendaris. Nocions fonamentals de trigonometria esfèrica. Refracció i paral.laxis. Sortida i posta dels astres. Nits blanques.

### 2. 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.laxis diürna i anual. Determinació de la unitat astronòmica. Determinació de dimensions i forma dels astres. Estructura del sistema solar.

### 3. Moviments de la Terra.

Moviment de la Terra al voltant del Sol; estacions de l'any. Rotació de la Terra al voltant del seu eix. Precessió i nutació. Moviment dels pols. Temps d'efemèrides i temps atòmic.

### 4. Moviments de la Lluna. Eclipsis.

Òrbita de la Lluna i pertorbacions. Moviment aparent i fases de la Lluna. Rotació i Llibració de la Lluna. Ocultació d'astres per la Lluna. Eclipsis solars i eclipsis lunars. Període de Saros.

## 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 i pràctics.

## **Bibliografia**

### **Referències bàsiques:**

- Bakulin, P.L.; Kononovich, E.V.; Moroz, V.I.: *Curso de Astronomía General*. MIR (Moscow), 1987.
- 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.
- Voigt H.H.: *Outline of Astronomy*. Noordhoff International Publishing, 1992 Leyden

### **Referències complementàries:**

- Dagaev, M.; Demine, V.; Klimichine, I.; Tcharougune, V.: *Astronomie*. MIR (Moscow), 1986.

# HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA

---

**CODI:** 50003

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Francesc X. Barca Salom

**Altres professors:** Guillermo Lusa Monforte, Javier Moreno Rico, Antoni Roca Rosell

## Objectius del curs

- 1- Oferir uns coneixements que ajudin a la comprensió completa i aprofundida dels conceptes fonamentals de les disciplines científiques i tècniques.
- 2- Desvetllar en els alumnes unes actituds i uns hàbits metodològics que ajudin a la formació del futur científic o tècnic.
- 3- Oferir elements integradors de les diverses cultures que estimulin la interdisciplinarietat i el retrobament dels sabers.
- 4- Contribuir a la formació integral de l'estudiant proporcionant-li el coneixement de les disciplines pròpies de les carreres científiques i tècniques.
- 5- Mostrar el caràcter dinàmic del desenvolupament de la ciència i les influències envers els restants aspectes de la vida humana per mitjà de l'estudi del panorama històric del progrés de la ciència.

## Programa

Aquesta assignatura està estructurada en forma de cursos monogràfics. Es tracta d'estudis de casos concrets, limitats en l'espai i també en la seva temàtica, però que intenten abastar diversos moments destacats del desenvolupament de la ciència i de la tècnica.

### **Curs *Les Matemàtiques en el segle XIX.***

L'obra de Gauss en Aritmètica i Àlgebra. Cauchy i els fonaments de l'anàlisi. la geometria projectiva (Carnot, Poncelet). Anàlisis enfront de sintètics. Les geometries no euclidianes de Bolyai, Lobachevski i Gauss. El programa d'Erlangen de F.Klein. Fourier i el nou concepte de funció. La construcció del nombre real: Méray, Dedekind, Cantor. Weierstrass i l'aritmèticització de l'anàlisi. La integral, de Cauchy a Lebesgue. George Cantor i el naixement de la teoria de conjunts. L'obra de Galois. Desenvolupament de l'àlgebra abstracta: els quaternions de Hamilton, l'àlgebra de Boole.

### **Curs *El problema del punt.***

Introducció a la història dels viatges transoceànics a partir del segle XIV. Nocions de navegació astronòmica: el "triangle de posició". La cartografia. Aparells d'observació astronòmica: desenvolupament històric.

### **Curs *Els tres problemes de la geometria grega.***

L'empirisme pre-helènic 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.

### **Curs *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 al segle XX.

## **Avaluació**

Per aprovar l'assignatura, cal aprovar separatament tots els cursos monogràfics mitjançant l'avaluació continuada al llarg del curs, amb la presentació de treballs individuals i en equip. Hi haurà un examen final per als qui no arribin a l'aprobat per curs.

## **Bibliografia**

### **Referències bàsiques:**

- Boyer, C.B.: *Historia de la matemàtica*, Alianza editorial, Madrid, 1986.
- Cotter, C.H.: *A history of the navigator's sextant*. Ed. Brown, Son and Ferguson, Glasgow, 1983.
- Euclid: *The Thirteen Books of Euclid's Elements*. Dover, New York, 1956.
- Farrington, B.: *Ciencia griega*. Icaria, Barcelona, 2ª ed., 1986.
- Garrabou, R.: *Enginyers Industrials, modernització econòmica i burgesia a Catalunya*. Ed. L'Avenç, Barcelona, 1982.

### **Referències complementàries:**

- Bernal, J.D.: *Historia social de la ciencia* (2 vols.), 6a edició. Ed. Península, 1991.
- Heath, T.L.: *A History of Greek Mathematics*, 2 vol., Dover, New York, 1981.
- Hewson, J.B.: *A history of the practice of navigation*, Ed. Brown, Son and Ferguson, Glasgow, 1983.
- Kline, M.: *El pensamiento matemático de la antigüedad a nuestros días*, (3 vols.), Alianza, Madrid, 1992.
- Kranzberg, M. (ed): *Technological Education-Technological Style*. Ed. San Francisco Press, 1986.
- Loria, G.: *Le science essate nell'antica Grecia*, Cisalpino-Goliardica, Milano, 1987.
- Lusa, G.: *Matemáticas e Ingeniería*. Barcelona, 1994.
- Lusa, G.: *Los tres famosos problemas de la geometría griega*. Edicions FME, Barcelona, 1995.
- Moreno, J.: *El problema del punto*, Barcelona, 1994.
- Rey Pastor, J. *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*. Ed. Espasa Calpe, Madrid, 1970
- Roca, A.: *Enginyeria i societat a Catalunya i Espanya (segles XVIII-XX)*, CPDA, Barcelona, 1995.
- Roca, A.; Lusa, G. (eds): *Cinquanta anys de ciència i tècnica a Catalunya. Entorn l'activitat científica d'E.Terrades i Illa (1883-1950)*. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 1987.
- Roca, A.; Sánchez Ron, J.M.: *Esteban Terradus: ciencia y técnica en la España contemporánea*, Serbal, Barcelona, 1990.
- Ros, R.M.; Moreno, J.: *El sextante*. Ed. Equipo Sirius, Madrid, 1993.
- Rowe, D.E.; Mc Cleary, J. (eds): *The History of Modern Mathematics. Proceedings of the Symposium on the History of Modern Mathematics* (2 vols.). Ed. Academic Press, Boston, 1989.



# TALLER DE GEOMETRIA

---

**CODI:** 50004

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Jaume García Roig

**Altres professors:** 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 àudio-visuals (retroprojector, vídeo), cibernètics i materials manipulatius i models sobre els quals es pot construir un aprenentatge actiu de la Geometria. Es faran també visites i activitats de participació.

## Programa

- 1. Taller de geometria:** Presentació. Il·lustració geomètrica. Aparells de representació. Aparells de mesura. Demostracions visuals.
- 2. Polígons:** Polígonàndia. Quadrilàters. Políminos. Divisions congruents. Divisions homotètiques.
- 3. Regle i compàs:** Construccions amb regle i compàs. Nombres construïbles. Nombre d'or. Problemes clàssics amb regle i compàs. Triangles.
- 4. Simetria.** Art i geometria. Simetria de figures. Miralls. Anamorfosi. Calidoscopis. Sanefes. Sanefes homotètiques. Mosaics regulars. Mosaics semiregulars. Mosaics d'Escher. Grups de decoració plana. L'Alhambra de Granada. Geometria a Barcelona.
- 5. Políedres:** Història dels políedres. Políedres. Deltàedres. Piràmides, prismes i antiprismes. Políedres regulars. Cubilàndia. Tetràedre i octàedre. Dodecàedre. Icosàedre. Cúpules i triangles. Políedres d'Arquimedes. Políedres estelats. Rigidesa i flexibilitat. *Origami*.
- 6. Transformacions:** Transformacions. Punts de fuga. Punts de vista. Punts de mira. Jocs visuals.
- 7. Corbes i superfícies:** Llocs i corbes. Cercles. Còniques. El·lipse. Paràbola. Hipèrbola. Corbes d'amplada constant. Cilindres. Cons. Superfícies reglades.
- 8. Diàlegs 2D-3D:** Esfera. Proporcions en 2D i 3D. Empaquetaments en 2D i 3D. Diàlegs 2D-3D.
- 9. Calcular la geometria:** Coordenades i càlculs al taller. Max-Min. Isoperimetria. Fagnano, Steiner, Fermat. Problemes oberts.
- 10. Geometria cibernètica.**

Hi hauran 12 sessions de vídeo i 12 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 geometría*. 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 geometría*. 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 Geometría 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.



---

## 6. ALGUNES NORMATIVES

---





# **CRITERIS GENERALS PER A LA CONVALIDACIÓ I RECONeixEMENT DE CRÈDITS DE LLIURE ELECCIÓ**

---

## **0. Definicions prèvies:**

### Convalidació de crèdits:

Atorgament de crèdits a l'estudiant per estudis cursats de nivell universitari, amb una equivalència directa amb matèries o assignatures definides en el pla d'estudis.

### Reconeixement de crèdits:

Atorgament de crèdits a l'estudiant per estudis cursats o altres activitats que prevegui el pla d'estudis, sense una equivalència directa amb matèries o assignatures definides en el pla d'estudis.

## **1. Mecanismes d'obtenció de crèdits de lliure elecció**

Un estudiant pot obtenir el crèdits de lliure elecció previstos en el seu pla d'estudis, en les següents modalitats:

- A. Dins de l'oferta docent de lliure elecció durant els seus estudis.
- B. Per reconeixement d'altres estudis acadèmics reglats de nivell universitari, cursats per l'estudiant.
- C. Per reconeixement d'altres activitats d'interès acadèmic no reglades a nivell universitari.

En el present document tractarem els criteris generals de convalidació o reconeixement de crèdits de lliure elecció, obtinguts en les modalitats B i C.

## **2. Reconeixement d'altres estudis acadèmics reglats de nivell universitari, cursats per l'estudiant**

En cas de trasllat o canvi de pla d'estudis, si l'estudiant ho sol·licita, el centre reconeixrà com a crèdits de lliure elecció, els crèdits que l'estudiant hagués obtingut en els estudis d'origen i que el centre no proposi convalidar-los per crèdits troncal, obligatori o optatiu, ni consideri assimilables a crèdits troncal o obligatori del nou pla.

En aquest cas, s'hauran de reconèixer per assignatures completes i per la seva totalitat de crèdits, excepte en els casos de canvi de pla pels mateixos estudis i en el mateix centre, en que es podran reconèixer crèdits de lliure elecció per valor de l'escriu de crèdits que l'estudiant hagués superat en l'anterior pla d'estudis i no s'hagin pogut adaptar per matèries del nou pla.

A l'expedient de l'estudiant hi figurarà el nombre de crèdits reconeguts amb la denominació "Crèdits de lliure elecció reconeguts per altres estudis universitaris".

En el cas de matrícula lligada a programes d'intercanvi internacional, en el precompromís del rector, es podrà preveure el reconeixement de crèdits de lliure elecció. En aquest últim cas, a l'expedient de l'estudiant hi figurarà el nombre de crèdits reconeguts amb la denominació "Crèdits de lliure elecció reconeguts per programes d'intercanvi".

La normativa del centre podrà contemplar la possibilitat que assignatures que l'estudiant ha cursat com optatives puguin ser-li considerades posteriorment com assignatures de lliure elecció. En aquest cas a l'expedient de l'estudiant constarà com si l'hagués ja matriculat com una assignatura de lliure elecció.

### **3. Reconeixement d'altres activitats d'interès acadèmic no reglades a nivell universitari**

#### **3.1 Pràctiques en empreses**

El centre podrà reconèixer crèdits de lliure elecció quan l'estudiant realitzi pràctiques en empreses en el marc dels Convenis de Cooperació Educativa.

En el moment en que s'estableixi el conveni de cooperació educativa, el centre determinarà el nombre de crèdits que l'estudiant podrà obtenir, i un cop finalitzada l'activitat, si l'avaluació és positiva s'hauran de reconèixer la totalitat dels crèdits determinats en el moment de formalitzar el conveni.

Com a criteri orientatiu 1 crèdit reconegut en pràctiques en empreses, equivaldrà a 30 hores de pràctiques.

A l'expedient de l'estudiant hi figurarà el nombre de crèdits reconeguts amb la denominació "Crèdits de lliure elecció reconeguts per Convenis de Cooperació Educativa".

#### **3.2 Coneixement d'idiomes estrangers**

El centre podrà reconèixer crèdits de lliure elecció als estudiants segons el nivell de coneixements que acreditin en idiomes estrangers.

La Comissió de convalidacions determinarà per cada idioma dos nivells (A i B), la seva correspondència amb els certificats reconeguts en els sectors, i determinarà el nombre de crèdits que podrà obtenir l'estudiant per cada idioma en funció del nivell.

A l'expedient de l'estudiant hi figurarà el nombre de crèdits reconeguts amb la denominació "Crèdits de lliure elecció reconeguts per estudis en idiomes estrangers".

#### **3.3 Altres activitats**

El centre podrà establir els mecanismes per reconèixer com a crèdits de lliure elecció les següents activitats:

- Formació, no reglada a nivell universitari, cultural i humanística que realitzi l'estudiant.

Per garantir l'entitat de les activitats reconegudes, el mínim de crèdits que es reconeixeran per activitat serà de 3 crèdits.

A l'expedient de l'estudiant hi figurarà el nombre de crèdits reconeguts amb la denominació "Crèdits de lliure elecció reconeguts per activitats de formació complementària".

- Participació en òrgans de representació d'estudiants i organització d'activitats a la Universitat.

Cada centre podrà establir, per a cada titulació, el màxim de crèdits que poden ser reconeguts per aquest concepte.

A l'expedient de l'estudiant hi figurarà el nombre de crèdits reconeguts amb la denominació "Crèdits de lliure elecció reconeguts per activitat associativa".

- Activitat professional.

Es podran reconèixer crèdits de lliure elecció per l'activitat i experiència professional que hagi desenvolupat l'estudiant en un camp relacionat amb els seus estudis.

A l'expedient de l'estudiant hi figurarà el nombre de crèdits reconeguts amb la denominació "Crèdits de lliure elecció reconeguts per experiència professional".

- Treballs acadèmics dirigits.

Es podran reconèixer crèdits de lliure elecció quan l'estudiant realitzi un treball dirigit tutelat per un professor de la UPC, que impliqui l'elaboració d'un projecte.

S'establirà un pre-compromís entre el centre, el tutor i l'estudiant en que s'especificaran els objectius del treball i el nombre de crèdits que l'estudiant podrà obtenir. Un cop finalitzada l'activitat, si l'avaluació és positiva s'hauran de reconèixer la totalitat dels crèdits determinats.

A l'expedient de l'estudiant hi figurarà el nombre de crèdits reconeguts amb la denominació "Crèdits de lliure elecció reconeguts per treballs dirigits".

#### **4. Límit de crèdits previstos.**

En cas que la suma dels crèdits reconeguts, en el conjunt de modalitats previstes, pogués superar el màxim de crèdits previstos de lliure elecció en el pla, es reconeixerà i constarà a l'expedient de l'estudiant aquest màxim.

#### **5. Qualificació dels crèdits.**

L'atorgament o no de qualificacions als crèdits reconeguts d'acord amb els apartats anteriors no queda regulat en aquest document, que s'ampliarà posteriorment per incloure aquest aspecte.

(Document aprovat per la Junta de Govern de la UPC del 27/4/95)





# NORMATIVA D'EXÀMENS I QUALIFICACIONS

## (Plans reformats)

---

### 1. AVALUACIÓ DE LES ASSIGNATURES

1.1 Els estudiants tenen dret a ser avaluats de totes les assignatures de què estan matriculats amb efectes acadèmics. No obstant això, si un estudiant s'ha matriculat d'assignatures amb algun tipus d'incompatibilitat horària no podrà reclamar, per aquest fet, avaluacions en dates diferents a les previstes.

1.2 Els estudiants tenen dret a conèixer a principi de curs els criteris d'avaluació i qualificació de cada assignatura, aprovats pel centre. Aquests criteris han d'estimular l'aprenentatge progressiu de l'assignatura al llarg del curs, i han de contemplar mecanismes per a reconduir possibles mals resultats inicials.

1.3 L'avaluació d'una assignatura ha de tenir en compte el treball portat a terme per l'estudiant al llarg del curs en les diferents activitats programades (classes, pràctiques, laboratoris, projectes, informes, etc.) i la qualificació es podrà basar també en diverses proves, distribuïdes al llarg del curs, cap de les quals haurà de ser determinant de forma exclusiva per la qualificació final.

No obstant això, el centre pot autoritzar en casos excepcionals la relització d'una prova que determini totalment la qualificació final d'una assignatura. L'existència d'aquesta prova, en cap cas substituirà per aquella assignatura el procés d'avaluació esmentat en el paràgraf anterior, ni podrà ser l'únic procediment d'avaluació establert.

Els actes d'avaluació que es realitzin durant el període d'impartició de docència hauran de fer-se normalment dins dels horaris lectius ordinaris de la respectiva assignatura.

El document on es farà constar aquesta avaluació serà l'informe d'avaluació que signarà el professor coordinador de l'assignatura, i que serà lliurat al centre corresponent.

1.4 Els actes d'avaluació no són un acte aïllat de la resta del curs i, per tant, no podrà existir la renúncia a ser avaluat. Només quan un estudiant no participi en cap dels actes d'avaluació, el professor coordinador el farà constar en el seu informe d'avaluació com a NO PRESENTAT.

1.5 Amb l'objectiu de vetllar per la màxima correcció del procés d'avaluació dels estudiants, cada centre establirà, durant el curs 95/96, un reglament específic que reguli els processos lligats a la realització d'actes d'avaluació d'assignatures, que haurà de ser aprovat per la Comissió Permanent del centre (o aquella en qui delegui). Mentrestant el director o degà del centre resoldrà les al·legacions que es puguin presentar sobre els processos lligats a la realització d'actes d'avaluació.

1.6 A efectes d'informació i orientació per a la propera matrícula, el centre elaborarà i farà públic per a cada assignatura el document de valoració del rendiment dels estudiants.

Aquest document es generarà a partir del informes d'avaluació, i relacionarà per assignatura cadascun dels estudiants amb la valoració següent: Matrícula d'Honor, Excel·lent, Notable, Aprovat, Compensable, Suspens o No Presentat.

1.7 L'estudiant podrà exposar al director o degà del centre, mitjançant un escrit raonat, al·legacions a la valoració del rendiment obtinguda, en un termini màxim de 7 dies des de la data de publicació de les valoracions del rendiment, sense que aquest termini alteri la programació prevista per la realització del procés d'avaluació curricular.

1.8 Els centres poden establir procediments propis per a la revisió de les valoracions del rendiment quan l'estudiant hagi presentat al·legacions. En cas de no haver-ne establert, el director o degà queda autoritzat per arbitrar el procediment específic que consideri adequat. Si més no, aquestes al·legacions seran tingudes en compte en el moment en què l'estudiant sigui avaluat curricularment.

1.9 Amb l'objecte d'assignar la possibilitat d'efectuar-ne una revisió, és obligació dels professors guardar els documents en què es basa l'informe d'avaluació, i que no s'hagin retornat corregits als estudiants, durant un període mínim de tres mesos des de la data de publicació de les valoracions dels rendiment.

## **2 AVALUACIÓ CURRICULAR**

2.1 L'avaluació curricular és el procediment pel que es reconeix als estudiants nota i crèdits amb efectes administratius.

2.2 Els plans d'estudis quedaran definits per una sèrie de blocs d'assignatures obligatòries i optatives (fase selectiva i blocs curriculars) que defineixen els conjunts d'assignatures que seran avaluats curricularment.

2.3 Cada centre establirà els mecanismes per efectuar l'avaluació curricular. En tot cas, l'avaluació de la fase selectiva correspondrà a una comissió nomenada per a aquest efecte, amb representació d'estudiants que hagin superat aquesta fase.

2.4 Els estudiants seran avaluats curricularment un cop hagin cursat totes les assignatures que composin un bloc curricular.

2.5 Els resultats de l'avaluació curricular seran donats a conèixer als estudiants mitjançant l'acta curricular.

L'acta relacionarà la informació següent per un bloc curricular: estudiant, crèdits obtinguts, nota numèrica del bloc (quan l'estudiant l'hagi superat i amb un resolució de 0.5) i nota descriptiva (Matrícula d'honor, excel.lent, notable, aprovat), d'acord amb la següent relació:

<b>MATRÍCULA D'HONOR:</b>	10
<b>EXCEL.LENT:</b>	9.5, 9
<b>NOTABLE:</b>	8.5, 8, 7.5, 7
<b>APROVAT:</b>	6.5, 6, 5.5, 5

Quan l'estudiant no hagi superat el bloc, s'indicarà "SUSPENS DE QUALIFICACIÓ" sense nota numèrica. En aquest cas no es reconixerà cap crèdit.

En el cas que el bloc curricular sigui la fase selectiva, s'especificarà el següent segons els casos:

\* si supera la fase selectiva i per tant se li reconeixen tots els crèdits del bloc, s'especificarà APTÉ amb una nota quantitativa. (Resolució 0,5).

\* si no supera la fase selectiva però té altres oportunitats per superar-la s'especificarà SUSPENS DE QUALIFICACIÓ. En aquest cas no es reconeix cap crèdit.

\* si no supera la fase selectiva, i es vol indicar que a judici del centre no està en condicions de realitzar els estudis amb el cost previst, s'especificarà NO APTÉ. En el seu cas, s'indicaran els crèdits reconeguts i les matèries corresponents.

En el cas que el bloc curricular correspongui a l'avaluació d'una assignatura de lliure elecció, s'especificarà el següent:

\* quan l'estudiant superi l'assignatura, s'indicarà la totalitat de l'assignatura, la nota quantitativa (amb una resolució de 0.5) i descriptiva segons la següent relació:

MATRÍCULA D'HONOR:	10
EXCEL.LENT:	9.5, 9
NOTABLE:	8.5, 8, 7.5, 7
APROVAT:	6.5, 6, 5.5, 5

\* quan l'estudiant no superi l'assignatura, s'especificarà "SUSPENS" amb 0 crèdits.

\* quan l'estudiant no participi en cap dels actes d'avaluació previstos, es farà constar "NO PRESENTAT".

2.6 Per a tots els estudiants avaluats es generarà el document informe curricular, que pels estudiants que hagin superat l'avaluació fixarà per a cada assignatura cursada la valoració definitiva del seu rendiment, i pels que no l'hagin superat donarà les condicions necessàries per a la propera avaluació. Les valoracions del rendiment definitives seguiran l'escala següent: Matrícula d'Honor, Excel.lent, Notable, Aprovat o Apte per Compensació.

2.7 Els centres poden establir procediments de revisió de les qualificacions curriculars.

En cas de no haver-ne establert, l'estudiant podrà demanar al director o degà la revisió de la seva qualificació en un termini màxim de set dies des de la data de publicació de l'acta curricular. El director o degà arbitrarà el procediment específic que consideri adequat per a resoldre cada impugnació de forma imparcial. les impugnacions s'hauran de resoldre en un termini màxim de vint dies.

En particular l'estudiant podrà sol.licitar, ser declarat "suspens de qualificació".

Els procediments garantiran en tot cas el dret de l'estudiant a matricular-se després de la resolució de la impugnació.

2.8 La Secretaria del centre farà pública una còpia de les actes curriculars en els taulers d'anuncis corresponents.

### **3 AVALUACIÓ A EFECTES DE NORMATIVA DE PERMANÈNCIA**

3.1 El centre farà pública una relació d'aquells estudiants que en el seu primer any acadèmic no hagin superat el mínim de 15 crèdits obligatoris establert per la Normativa de permanència, i que per aquest motiu no podran continuar els mateixos estudis.

3.2 El director o degà del centre pot autoritzar, en casos excepcionals justificats, i a sol·licitud de l'estudiant, la no inclusió d'alguna assignatura en el càlcul del paràmetre de rendiment acadèmic que preveu l'article 7 de la Normativa de permanència.

### **4 AVALUACIÓ D'ASSIGNATURES DE LLIURE ELECCIÓ**

4.1 La qualificació d'una assignatura matriculada de lliure elecció constitueix una avaluació curricular.

4.2 El centre responsable d'una assignatura expedirà l'acta curricular de tots els estudiants que l'hagin matriculat de lliure elecció.

### **5 QUALIFICACIÓ GLOBAL DE CARRERA**

5.1 Una vegada finalitzats els estudis es parà constar a l'expedient acadèmic de l'estudiant una qualificació global de carrera (Matrícula d'honor, Excel.lent, Notable o Aprovat) obtinguda a partir de les qualificacions dels corresponents blocs curriculars.

Amb l'objecte d'ordenar la promoció de titulats, el centre podrà establir els criteris de càlcul necessaris.

(Document aprovat per la Junta de Govern de la UPC del 25/5/95)

## **SOBRE EL PARÀMETRE DE RENDIMENT ACADÈMIC**

En relació amb la normativa vigent a la Universitat Politècnica de Catalunya sobre criteris de permanència que afecten els estudiants que no estan en fase selectiva, pel que fa a la FME es comunica el següent:

1. Mentre es mantinguin els exàmens extraordinaris, després d'acabar les corresponents avaluacions es calcularà el paràmetre de rendiment acadèmic dividint el nombre de crèdits superats en aquest any (sense comptar-hi els possibles crèdits declarats compensables o aptes per compensació), pel total de crèdits matriculats incloent-hi els corresponents a les assignatures de lliure elecció. A efectes de càlcul, no es tindran en compte els crèdits convalidats, adaptats o reconeguts sense qualificació.
2. Si el paràmetre de rendiment acadèmic resulta inferior a 0.5, una comissió ad hoc nomenada per aquest Deganat estudiarà l'expedient de l'estudiant, tenint present el nombre de vegades consecutives en què això s'hagi produït, i proposarà les mesures que calgui adoptar, d'acord amb les previsions del document sobre Normatives de permanència a la UPC.
3. En el moment que un estudiant superi un cicle, es començarà des de zero el còmput de nombre de vegades que hagi obtingut coeficient de permanència inferior a 0.5.

Barcelona, 29 de maig de 1995

El Degà de la Facultat de  
Matemàtiques i Estadística de la UPC







