

# **Guia docent 96-97**

Facultat de  
Matemàtiques i Estadística  
FME

Llicenciatura de Matemàtiques

 **UPC**  
Facultat de Matemàtiques  
i Estadística - Biblioteca



# ÍNDEX

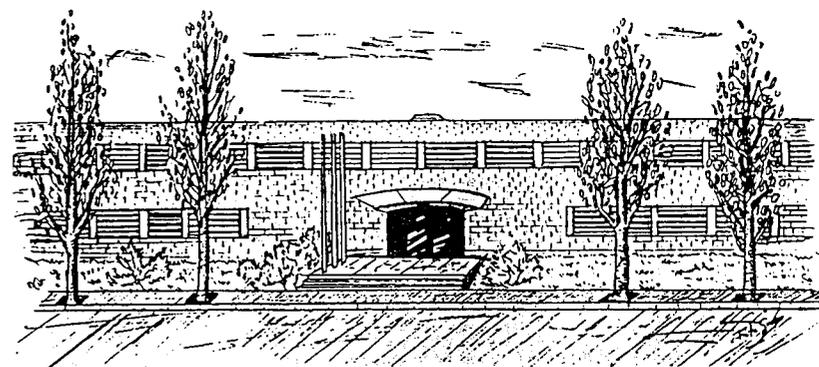
---

<b>1. La Facultat de Matemàtiques i Estadística de la Universitat Politècnica de Catalunya</b> .....	5
La Universitat Politècnica de Catalunya .....	7
La Facultat de Matemàtiques i Estadística .....	9
Calendari acadèmic del curs 1996-97 .....	11
<b>2. La Llicenciatura de Matemàtiques</b> .....	13
Presentació .....	15
Pla d'estudis .....	17
Complements de formació per a l'accés directe a segon cicle .....	23
Departaments i professorat .....	25
Horaris de classe .....	29
Dates dels exàmens .....	39
<b>3. Programes de les assignatures troncal o obligatòries</b> .....	45
1r curs - 1r quadrimestre .....	47
1r curs - 2n quadrimestre .....	59
2n curs - 1r quadrimestre .....	69
2n curs - 2n quadrimestre .....	81
3r curs - 1r quadrimestre .....	91
3r curs - 2n quadrimestre .....	99
4t curs - 1r quadrimestre .....	107
<b>4. Programes de les assignatures optatives</b> .....	113
3r curs - 1r quadrimestre .....	115
3r curs - 2n quadrimestre .....	127
4t curs - 1r quadrimestre .....	139
4t curs - 2n quadrimestre .....	151
<b>5. Assignatures específiques de lliure elecció de la FME</b> .....	171

---

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

---



# LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

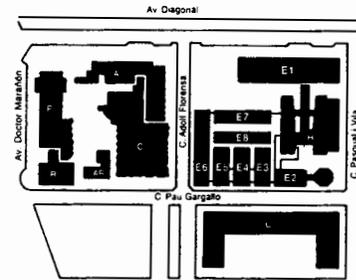
La Universitat Politècnica de Catalunya és una universitat tecnològica tradicionalment molt arrelada en els diversos àmbits de l'activitat productiva tecnològica i industrial de la nostra societat, i gaudeix d'un gran prestigi dins i fora de les nostres fronteres. La Universitat Politècnica de Catalunya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

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

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

# LA FACULTAT DE MATEMÀTIQUES I ESTADÍSTICA

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



## Campus Sud

- A, C:** Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona
- H, E1-E8:** Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona
- U:** Facultat de Matemàtiques i Estadística
- P:** Escola Universitària Politècnica de Barcelona
- R:** Pavelló de Govern
- AR:** 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 9 a 13h, de dilluns a divendres, i a les tardes, de 15.30 a 17h dilluns i dimecres, i de 15.30 a 18h dimarts i dijous (tel. 401 72 98, fax 401 58 81).

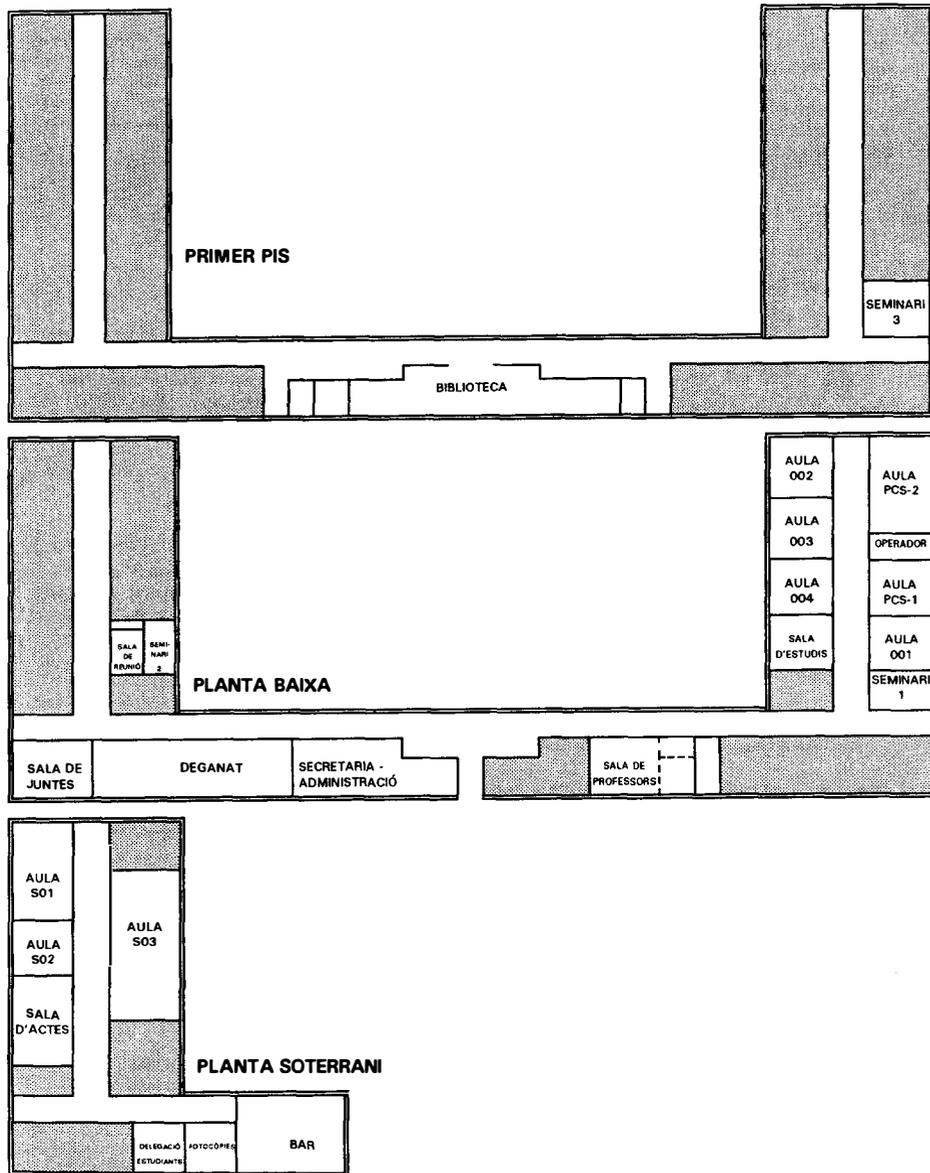
**Laboratori de Càlcul.** Està a la planta baixa i consta de dues sales d'ordinadors personals (de tipus compatible) que estan també connectats a la xarxa de la universitat (tel. 401 70 46). En les hores no lectives, aquestes aules són utilitzades en règim de lliure accés pels alumnes de la facultat.

**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 20.30h 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 a la planta soterrani. Els estudiants hi organitzen diverses activitats com són les reunions de delegats i de representants, els actes de la Festa de la Facultat, els assaigs i concerts de la coral, la confecció i edició de la revista, la participació en competicions esportives, etc.

# Plànol de la Facultat de Matemàtiques i Estadística



# CALENDARI ACADÈMIC DE LA FME 1996-97

SETEMBRE	OCTUBRE																																																																																																																																						
<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>								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								<table border="1"> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>		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																																																		
							1																																																																																																																																
2	3	4	5	6	7	8																																																																																																																																	
9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																	
16	17	18	19	20	21	22																																																																																																																																	
23	24	25	26	27	28	29																																																																																																																																	
30																																																																																																																																							
	1	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	DESEMBRE	GENER																																																																																																																																					
<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td></td><td></td></tr> </table>					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			<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>								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							<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td></td></tr> <tr><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>				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								
				1	2	3																																																																																																																																	
4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																	
11	12	13	14	15	16	17																																																																																																																																	
18	19	20	21	22	23	24																																																																																																																																	
25	26	27	28	29	30																																																																																																																																		
							1																																																																																																																																
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																																																																																																																																						
			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	MARÇ	ABRIL																																																																																																																																					
<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						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				<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td></td></tr> <tr><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td></td></tr> <tr><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>						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								<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			14	15	16	17	18	19	20			21	22	23	24	25	26	27			28	29	30						
					1	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																																																																																																																																			
					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																																																																																																																																							
			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	JUNY	JULIOL																																																																																																																																					
<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td></tr> </table>				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			<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>								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								<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>				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					
			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																																																																																																																																		
							1																																																																																																																																
2	3	4	5	6	7	8																																																																																																																																	
9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																	
16	17	18	19	20	21	22																																																																																																																																	
23	24	25	26	27	28	29																																																																																																																																	
30																																																																																																																																							
			1	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 1996-97

### 1. Períodes no lectius i dies festius entre l'1 de setembre de 1996 i el 31 de juliol de 1997

11 de setembre de 1996  
24 de setembre de 1996  
12 d'octubre de 1996  
1 de novembre de 1996  
6 de desembre de 1996  
del 23 de desembre de 1996 al 7 de gener de 1997 (ambdós inclosos)  
28 de gener de 1997  
del 24 al 31 de març de 1997 (ambdós inclosos)  
1 i 2 de maig de 1997  
19 de maig de 1997  
24 de juny de 1997

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

Primer quadrimestre: del 12 de setembre de 1996 al 20 de desembre de 1996  
Període d'exàmens i avaluacions del primer quadrimestre: del 8 al 31 de gener de 1997  
Segon quadrimestre: del 3 de febrer al 16 de maig de 1997  
Període d'exàmens i avaluacions del segon quadrimestre: del 19 de maig al 13 de juny de 1997  
Període d'exàmens extraordinaris: del 7 al 11 de juliol de 1997

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

Primer quadrimestre: del 23 de setembre al 29 de novembre de 1996  
Segon quadrimestre: del 3 de març al 16 de maig de 1997

## 2. LA LLICENCIATURA DE MATEMÀTIQUES



# PRESENTACIÓ

---

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

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

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

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

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

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

# PLA D'ESTUDIS

---

## Característiques generals

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

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

Totes les assignatures són de 7,5 crèdits, entre teòrics i pràctics (equivalents a 75 hores, és a dir, de 5 hores per setmana). Aquesta càrrega lectiva permet no superar en cap moment les 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.

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

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

## Assignatures optatives

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

Les assignatures optatives estan agrupades en vuit blocs temàtics, més un bloc d'ampliacions i assignatures complementàries. Els vuit blocs temàtics representen especialitats científiques que es cultiven a la UPC amb prou intensitat i que tenen rellevància reconeguda. Les assignatures d'ampliació tenen com a objectiu completar temes que puguin haver estat tractats en les assignatures 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 quatre procediments:

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

Per al curs 1996-97, la FME organitza, conjuntament amb el Departament d'Estructures a l'Arquitectura i el Departament de Matemàtica Aplicada 1, l'assignatura de **Taller de Geometria** i les assignatures de **Trigonometria Esfèrica i Mètodes de Càlcul en Astronomia i Història de la Ciència**, respectivament. Totes aquestes assignatures són de 7,5 crèdits, amb un horari establert per la Facultat i amb un calendari docent fixat per la Universitat Politècnica de Catalunya per a totes les assignatures específiques de lliure elecció.

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

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

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

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

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

## Pla d'Estudis de la Llicenciatura de Matemàtiques

Qued. 1A	ob, r FÍSICA GENERAL	tr, r CÀLCUL 1	ob, r COMPUTACIÓ ALGEBRAICA	tr, r ÀLGEBRA LINEAL	tr, r INFORMÀTICA 1
Qued. 1B	tr, r MÈTODES NUMÈRICS 1	tr, r CÀLCUL 2	7,5 crèdits LLIURE ELECCIÓ	tr, r GEOMETRIA	tr, r INFORMÀTICA 2
Qued. 2A	tr, r MÈTODES NUMÈRICS 2	tr, r CÀLCUL 3	tr, r EQUACIONS DIFERENCIALS 1	tr, r TOPOLOGIA	tr, r PROBABILITAT I ESTADÍSTICA
Qued. 2B	ob, r INVESTIGACIÓ OPERATIVA	ob, r ANÀLISI REAL	7,5 crèdits LLIURE ELECCIÓ	tr, r GEOMETRIA DIFERENCIAL 1	tr, r INFERÈNCIA ESTADÍSTICA
Qued. 3A	OPTATIVA 1	tr, r EQUACIONS DIFERENCIALS 2	tr, r MÈTODES NUMÈRICS 3	tr, r ÀLGEBRA ABSTRACTA	OPTATIVA 2
Qued. 3B	OPTATIVA 3	tr, r ANÀLISI COMPLEXA	ob, r MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	tr, r GEOMETRIA DIFERENCIAL 2	OPTATIVA 4
Qued. 4A	OPTATIVA 5	tr, r ANÀLISI FUNCIONAL	7,5 crèdits LLIURE ELECCIÓ	tr, r TOPOLOGIA ALGEBRAICA	OPTATIVA 6
Qued. 4B	OPTATIVA 7	OPTATIVA 8	7,5 crèdits LLIURE ELECCIÓ	OPTATIVA 9	OPTATIVA 10

tr: Assignatura troncal  
ob: Assignatura obligatòria

r: 3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics  
r: 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

## Assignatures Optatives

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

### Bloc d'Àlgebra Aplicada:

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

### Bloc d'Estadística:

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

### Bloc d'Informàtica Teòrica:

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

### Bloc d'Investigació Operativa:

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

### Bloc de Matemàtica Discreta:

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

### Bloc de Mecànica:

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

### Bloc de Mètodes Numèrics:

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

### Bloc de Teoria de Sistemes:

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

### Bloc d'Ampliacions i Complementos:

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

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 1995-96 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 1996-97: 1r QUADRIMESTRE - 3r CURS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
<b>Algorísmica</b>									
<b>Inferència Estadística i Anàlisi Bayesiana</b>									
<b>Lògica i Fonamentació</b>									
<b>Mecànica Racional</b>									
<b>Programació Matemàtica</b>									
<b>Teoria de Codis</b>									
<b>Teoria de Grafs</b>									

Curs 1996-97: 2n QUADRIMESTRE - 3r CURS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
<b>Àlgebra Computacional</b>									
<b>Anàlisi Numèrica</b>									
<b>Astrodinàmica i Mecànica Celest</b>									
<b>Història de la Matemàtica</b>									
<b>Model Lineal General</b>									
<b>Optimització Contínua 1</b>									
<b>Teoria de la Programació</b>									
<b>Teoria de Sistemes Lineals (*-ETSEIB)</b>									

Curs 1996-97: 1r QUADRIMESTRE - 4t CURS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
<b>Ampliació de Models Matemàtics de la Física</b>									
<b>Combinatòria</b>									
<b>Estadística Multidimensional</b>									
<b>Geometria Discreta i Computacional</b>									
<b>Mètodes Integrals per a Equacions en Derivades Parcial</b>									
<b>Mètodes Geomètrics de la Teoria de Sistemes</b>									
<b>Optimització Contínua 2</b>									
<b>Teoria de la Computació</b>									
<b>Teoria de Nombres</b>									

Curs 1996-97: 2n QUADRIMESTRE - 4t CURS	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
<b>Ampliació d'Anàlisi</b>									
<b>Ampliació de Geometria</b>									
<b>Anàlisi de Sèries Temporals i Previsió</b>									
<b>Aplicacions de la Matemàtica Discreta</b>									
<b>Calculabilitat</b>									
<b>Control de Sistemes en Enginyeria</b>									
<b>Criptografia</b>									
<b>Didàctica de la Matemàtica</b>									
<b>El mètode dels Elements Finites</b>									
<b>Mecànica de Fluids</b>									
<b>Mecànica de Medis Continus</b>									
<b>Mètodes Numèrics en Enginyeria (*-ETSECPB)</b>									
<b>Optimització Combinatòria</b>									
<b>Paral·lelització d'Algorismes</b>									
<b>Simulació (*-FIB)</b>									
<b>Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries</b>									

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

## Avaluació i reconeixement de crèdits

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

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

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

La primera avaluació curricular global comprèn les assignatures següents: 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: Mètodes Numèrics 3, Equacions Diferencials 2, 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 així com les assignatures de lliure elecció són objecte d'avaluacions del currículum particularitzades.

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

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

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

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

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

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

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

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

## DEPARTAMENTS I PROFESSORAT

---

En la configuració actual de la Universitat, els Centres Docents, com ara la FME, són unitats independents dels Departaments Universitaris. I els Centres Docents encarreguen la docència de les assignatures als Departaments més adequats en cada cas, els quals la duen a terme utilitzant el seu professorat. Els Departaments que tenen assignada docència a la FME per al curs 1996-97 són els següents:

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

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

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

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

**Departament d'Estructures a l'Arquitectura**

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 1 (secció ETSEIB)**

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

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

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



- Solé Ricard, Ricard
- Susín Sánchez, Antoni
- València Guitart, Marta
- Valls Ribas, Joaquim
- Victòria Monge, Carles
- Xambó Descamps, Sebastià

Dept. de Física i Enginyeria Nuclear  
 Dept. de Matemàtica Aplicada I  
 Dept. de Matemàtica Aplicada I  
 Dept. de Física i Enginyeria Nuclear  
 Dept. de Matemàtica Aplicada i Telemàtica  
 Dept. de Matemàtica Aplicada II

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

## HORARIS DE CLASSE

### 1r Curs - 1r Quadrimestre

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	CÀLCUL 1	Informàtica 1 (a*) Àlgebra Lineal (b)	CÀLCUL 1	Computació Algebraica (a*) Àlgebra Lineal (b)	CÀLCUL 1
9 - 10	ÀLGEBRA LINEAL	Informàtica 1 (a*) Física General (b)	ÀLGEBRA LINEAL	Computació Algebraica (a*) Física General (b)	ÀLGEBRA LINEAL
10 - 11	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA	Física General (a) Càlcul 1 (b)	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA	Física General (a) Càlcul 1 (b)	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA
11 - 12					
12 - 13	FÍSICA GENERAL	Càlcul 1 (a) Informàtica 1 (b*)	FÍSICA GENERAL	Càlcul 1 (a) Computació Algebraica (b*)	FÍSICA GENERAL
13 - 14	INFORMÀTICA 1	Àlgebra Lineal (a) Informàtica 1 (b*)	Informàtica 1 (a) Informàtica 1 (b)	Àlgebra Lineal (a) Computació Algebraica (b*)	INFORMÀTICA 1

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
B - 9	MÈTODES NUMÈRICS 2	Equacions Diferencials 1	MÈTODES NUMÈRICS 2	Equacions Diferencials 1	Mètodes Numèrics 2 (*)
9 - 10	Mètodes Numèrics 2	EQUACIONS DIFERENCIALS 1	EQUACIONS DIFERENCIALS 1	EQUACIONS DIFERENCIALS 1	
10 - 11	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA	Càlcul	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA	Càlcul 3	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA
11 - 12					
12 - 13	CÀLCUL 3	Probabilitat i Estadística	CÀLCUL 3	Probabilitat i Estadística	CÀLCUL 3
13 - 14	TOPOLOGIA	Topologia	TOPOLOGIA	Topologia	TOPOLOGIA

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
B - 9	Mètodes Numèrics 3 (*)	Equacions Diferencials 2	MÈTODES NUMÈRICS 3	Equacions Diferencials 2	MÈTODES NUMÈRICS 3
9 - 10		EQUACIONS DIFERENCIALS 2	EQUACIONS DIFERENCIALS 2	EQUACIONS DIFERENCIALS 2	MÈTODES NUMÈRICS 3
10 - 11	ÀLGEBRA ABSTRACTA 3	Àlgebra Abstracta	ÀLGEBRA ABSTRACTA	Àlgebra Abstracta	ÀLGEBRA ABSTRACTA
11 - 12	Algorísmica	ALGORÍSMICA	Teoria de Grafs	Algorísmica	ALGORÍSMICA
12 - 13	TEORIA DE GRAFS	TEORIA DE CODIS		TEORIA DE CODIS	TEORIA DE GRAFS
13 - 14	LÒGICA MATEMÀTICA	PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA	LÒGICA MATEMÀTICA	PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA	Lògica Matemàtica
14 - 15	Teoria de Codis	Programació Matemàtica	Teoria de Codis	Programació Matemàtica	

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.

### 4t Curs - 1r Quadrimestre

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	TEORIA DE NOMBRES	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 2	Teoria de Nombres	Optimització Contínua 2	TEORIA DE NOMBRES
9-10	GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL				Geometria Discreta i Computacional
10-11		AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	Ampliació de Models Matemàtics de la Física	AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	Geometria Discreta i Computacional
11-12	Combinatòria	COMBINATÒRIA	COMBINATÒRIA	COMBINATÒRIA	Combinatòria
12-13	ANÀLISI FUNCIONAL	Anàlisi Funcional	ANÀLISI FUNCIONAL	Anàlisi Funcional	ANÀLISI FUNCIONAL
13-14	TOPOLOGIA ALGEBRAICA	Topologia Algebraica	TOPOLOGIA ALGEBRAICA	Topologia Algebraica	TOPOLOGIA ALGEBRAICA

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	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	CÀLCUL 2	MÈTODES NUMÈRICS 1	CÀLCUL 2	MÈTODES NUMÈRICS 1	CÀLCUL 2
9 - 10	INFORMÀTICA 2	Geometria (a) Informàtica 2 (b*)	Informàtica 2 (a) Mètodes Numèrics 1 (b)	Geometria (a) Mètodes Numèrics 1 (b*)	INFORMÀTICA 2
10 - 11	GEOMETRIA	Càlcul 2 (a) Informàtica 2 (b*)	GEOMETRIA	Càlcul 2 (a) Mètodes Numèrics 1 (b*)	GEOMETRIA
11 - 12					
12 - 13	LLIURE ELECCIÓ	Informàtica 2 (a*) Càlcul 2 (b)	Mètodes Numèrics 1 (a) Informàtica 2 (b)	Mètodes Numèrics 1 (a*) Càlcul 2 (b)	LLIURE ELECCIÓ
13 - 14	LLIURE ELECCIÓ	Informàtica 2 (a*) Geometria (b)	LLIURE ELECCIÓ	Mètodes Numèrics 1 (a*) Geometria (b)	LLIURE ELECCIÓ

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

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1	Geometria Diferencial 1	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1	Geometria Diferencial 1	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1
9 - 10	ANÀLISI REAL	Anàlisi Real	ANÀLISI REAL	Anàlisi Real	ANÀLISI REAL
10 - 11	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA	Inferència Estadística	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA	Inferència Estadística	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA
11 - 12					
12 - 13	LLIURE ELECCIÓ	INVESTIGACIÓ OPERATIVA	INVESTIGACIÓ OPERATIVA	INVESTIGACIÓ OPERATIVA	LLIURE ELECCIÓ
13 - 14	LLIURE ELECCIÓ	Investigació Operativa	LLIURE ELECCIÓ	Investigació Operativa	LLIURE ELECCIÓ

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

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	ANÀLISI COMPLEXA	Anàlisi Complexa	ANÀLISI COMPLEXA	Anàlisi Complexa	ANÀLISI COMPLEXA
9-10	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	Models Matemàtics de la Física	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	Models Matemàtics de la Física	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA
10-11	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2	Geometria Diferencial 2	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2	Geometria Diferencial 2	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2
11-12			Optimització Contínua 1		
12-13	ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST	Anàlisi Numèrica (*)		Àlgebra Computacional	ANÀLISI NUMÈRICA
13-14	ÀLGBRA COMPUTACIONAL		ÀLGBRA COMPUTACIONAL		
14-15	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1	Astrodinàmica i Mecànica Celest		Astrodinàmica i Mecànica Celest	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1
14 - 15					
15 - 16	TEORIA DE SISTEMES LINEALS		Teoria de Sistemes Lineals		
16 - 17					

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.

#### 4t Curs - 2n Quadrimestre

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8 - 9	EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS	Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries	Criptografia (*)	Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries	MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA
9-10		TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES		TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES	
10-11	AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA	Ampliació de Geometria	Didàctica de la Matemàtica	AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA	Ampliació de Geometria
11-12		ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ		ANÀLISI SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ	
12-13	AMPLIACIÓ D'ANÀLISI	Ampliació d'Anàlisi	Anàlisi de Sèries Temporals i Previsió	AMPLIACIÓ D'ANÀLISI	Ampliació d'Anàlisi
13-14	CRIPTOGRAFIA	DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA		DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA	CRIPTOGRAFIA

16 - 17					
17 - 18		Mètodes Numèrics en Enginyeri		El Mètode dels Elements Finites	

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. equipada també amb pissarra.

NOTA: El horari de l'assignatura de Simulació es farà públic abans de la matrícula de 2n quadrimestre d'acord amb la FIB.

#### Assignatures específiques de lliure elecció organitzades a la FME

##### 1r Quadrimestre

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

##### 2n Quadrimestre

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
12 - 13	TALLER DE GEOMETRIA				TALLER DE GEOMETRIA
13 - 14	TALLER DE GEOMETRIA		TALLER DE GEOMETRIA		TALLER DE GEOMETRIA

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
12 - 13	HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA				HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA
13 - 14	HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA		HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA		HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA

## DATES DELS EXÀMENS

---

### Convocatòria ordinària del 1r quadrimestre

1r	06-01-97	07-01-97	08-01-97	09-01-97	10-01-97	11-01-97
M A T í					CÀLCUL 1	

1r	13-01-97	14-01-97	15-01-97	16-01-97	17-01-97	18-01-97
M A T í	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA			INFORMÀTICA 1		

1r	20-01-97	21-01-97	22-01-97	23-01-97	24-01-97	25-01-97
M A T í	FÍSICA			ÀLGEBRA LINEAL		

2n	06-01-97	07-01-97	08-01-97	09-01-97	10-01-97	11-01-97
M A T í				MÈTODES NUMÈRICS2		

2n	13-01-97	14-01-97	15-01-97	16-01-97	17-01-97	18-01-97
M A T í	TOPOLOGIA			PROBABILITAT I ESTADÍSTICA		

2n	20-01-97	21-01-97	22-01-97	23-01-97	24-01-97	25-01-97
M A T í	CÀLCUL 3			EQUACIONS DIFERENCIALS 1		

3r	06-01-97	07-01-97	08-01-97	09-01-97	10-01-97	11-01-97
M A T I					MÈTODES NUMÈRICS 3	

3r	13-01-97	14-01-97	15-01-97	16-01-97	17-01-97	12-01-97
M A T I		LÒGICA I FONAMENTACIÓ			ÀLGEBRA ABSTRACTA	

3r	20-01-97	21-01-97	22-01-97	23-01-97	24-01-97	25-01-97
M A T I		PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA			EQUACIONS DIFERENCIALS 2	

3r	27-01-97	28-01-97	29-01-97	30-01-97	31-01-97	01-02-97
M A T I	TEORIA DE GRAFS		TEORIA DE CODIS		ALGORÍSMICA	

4t	06-01-97	07-01-97	08-01-97	09-01-97	10-01-97	11-01-97
M A T I			COMBINATÒRIA			OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 2

4t	13-01-97	14-01-97	15-01-97	16-01-97	17-01-97	18-01-97
M A T I			ANÀLISI FUNCIONAL			AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA

4t	20-01-97	21-01-97	22-01-97	23-01-97	24-01-97	25-01-97
M A T I			TOPOLOGIA ALGEBRAICA			GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL

4t	27-01-97	28-01-97	29-01-97	30-01-97	31-01-97	01-02-97
M A T I				TEORIA DE NOMBRES		

## Convocatòria ordinària del 2n quadrimestre

1r	19-05-97	20-05-97	21-05-97	22-05-97	23-05-97	24-05-97
M A T I				INFORMÀTICA 2		

1r	26-05-97	27-05-97	28-05-97	29-05-97	30-05-97	31-05-97
M A T I	CÀLCUL 2			GEOMETRIA		

1r	02-06-97	03-06-97	04-06-97	05-06-97	06-06-97	07-06-97
M A T I	MÈTODES NUMÈRICS 1					

2n	19-05-97	20-05-97	21-05-97	22-05-97	23-05-97	24-05-97
M A T I					GEOMETRIA DIFERENCIAL 1	

2n	26-05-97	27-05-97	28-05-97	29-05-97	30-05-97	31-05-97
M A T I		INVESTIGACIÓ OPERATIVA			ANÀLISI REAL	

2n	02-06-97	03-06-97	04-06-97	05-06-97	06-06-97	07-06-97
M A T I		INFERÈNCIA ESTADÍSTICA				

3r	19-05-97	20-05-97	21-05-97	22-05-97	23-05-97	24-05-97
M A T I		ÀLGEBRA COMPUTACIONAL		GEOMETRIA DIFERENCIAL 2		

3r	26-05-97	27-05-97	28-05-97	29-05-97	30-05-97	31-05-97
M A T I	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1			ANÀLISI COMPLEXA		

3r	02-06-97	03-06-97	04-06-97	05-06-95	06-06-95	07-06-97
M A T I	ANÀLISI NUMÉRICA			MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA		

3r	09-06-97	10-06-97	11-06-97	12-06-97	13-06-97	14-06-97
M A T I		ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST		TEORIA DE SISTEMES LINEALS		

4t	19-05-97	20-05-97	21-05-97	22-05-97	23-05-97	24-05-97
M A T I			AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA			SIMULACIÓ

4t	26-05-97	27-06-97	28-06-97	29-06-97	30-06-97	31-06-97
M A T I			AMPLIACIÓ D'ANÀLISI			MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA

4t	02-06-97	03-06-97	04-06-97	05-06-97	06-06-97	07-06-97
M A T I			TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES		CRIPTOGRAFIA	

4t	09-06-97	10-06-97	11-06-97	12-06-97	13-06-97	14-06-97
M A T I	EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS		ANÀLISI I PREVISIÓ DE SÈRIES TEMPORALS		DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA	

## Assignatures de lliure elecció de la FME

ALE	09-12-96	10-12-96	11-12-96	12-12-96	13-12-96	14-12-96
T A R D A	TRIGONOMETRIA ESFÈRICA ...					

ALE	19-05-97	20-05-97	21-05-95	22-05-97	23-05-97	24-05-97
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 matrícula de les assignatures de 2n quadrimestre per optimitzar el calendari d'aquests exàmens, que en qualsevol cas es fixarà entre el 7 i el 11 de juliol de 1997.

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

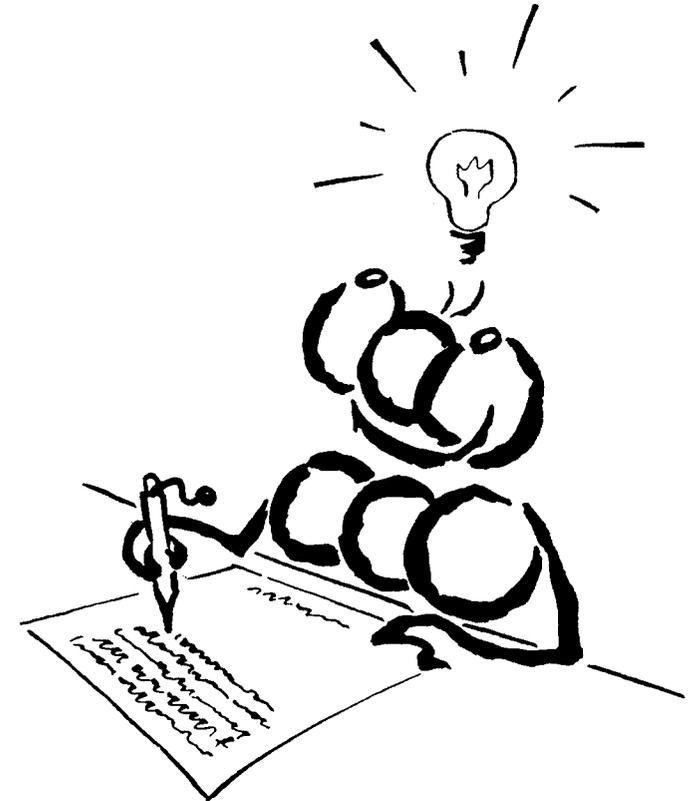
## Convocatòria d'exàmens parcials

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

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

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 anul·lador d'un endomorfisme. Descomposició en suma directa associada al polinomi anul·lador. 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 coneixin 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 enuncis dels teoremes més enllà del pur formalisme. Tot plegat els facilitarà el treball d'assimilació pel seu compte nous coneixements i els donarà l'obertura de mires necessària per treure profit dels coneixements adquirits.

## Programa

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

- 7. La integral de Riemann:** Integral superior i integral inferior. 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.: *Càlcul infinitesimal*. Ed. Reverté, 1995.

### Referències complementàries:

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

### Altres referències:

- Aguiló i altres: *Càlcul Infinitesimal en una variable. Problemes resolts*. Col·lecció Aula. UPC, 1993.
- Blank, A.A.: *Manual de problemas de cálculo y análisis matemático*. Ed. Limusa, 1990.
- Bombal, F.; Rodríguez, L.; Vera, G.: *Problemas de análisis matemático* (3 vols). Ed. AC, 1990. 2a. ed.
- Calm, R.; Coll, N.; Estela M.R.: *Problemas de cálculo*. 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 algebraiques, que tindrà lloc en el segon cicle.

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

## Programa

### I. ARITMÈTICA

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

### II. POLINOMIS

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

### III. SÈRIES DE POTÈNCIES

1. **L'anell de sèries formals:** Operacions bàsiques. Inversió multiplicativa i funcional. Arrels, exponencials i logaritmes de sèries formals. Productes infinits.

2. **Funcions generatrius:** Equacions recurrents i funcions generatrius. Estudi del cas lineal. Càlcul amb funcions generatrius ordinàries i exponencials. Aplicacions.

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

### Altres referències:

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

# FÍSICA GENERAL

CODI: 10001

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

Professor coordinador: Joaquim Valls Ribas

Altres professors: Ricard Vicente Solé

## Objectius del curs

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

## Programa

- 1. Camps i potencial:** Camps escalars i camps vectorials. Circulació d'un vector al llarg d'un camí. Gradient. Laplaciana. 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.
- 2. Moviment 1D (Dinàmica unidimensional):** Espai i temps. Sistemes de referència. Força conservativa. Oscil·lador harmònic. Representació complexa. Oscil·lador esmorteït i oscil·lador forçat. Mètode de Green. Petites Oscil·lacions.
- 3. Energia i Moment Angular:** Energia. Forces conservatives. Moments i moment angular. Forces centrals. Conservació del moment angular. Coordenades polars. Càlcul variacional. Principi de Hamilton i equacions de Lagrange.
- 4. Gravitació:** Llei de Newton. Òrbites. Classificació d'òrbites. Teorema del virial i aplicacions. Lleis de Kepler i moviment planetari. Energia d'un camp gravitatori. Velocitat d'escapament. Estabilitat, ressonància i problema dels tres cossos.
- 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. Dinàmica de fluids:** Introducció. Principis bàsics. Tensió superficial. Fluids i camps vectorial. Equació de Bernoulli. Turbulència i caos.
- 7. Conductors en equilibri:** Camp i càrregues a l'interior de la superfície d'un conductor en equilibri electrostàtic. Potencial elèctric. Potencial d'un conductor en equilibri. Potencial degut a una distribució de càrregues amb simetria esfèrica. Influència elèctrica. Capacitat d'un conductor. Condensadors. Associació de condensadors.

**8. 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.

**9. Magnetisme:** Camp magnètic d'inducció. Moviment, en un camp magnètic uniforme, d'una partícula carregada. Acció d'un camp magnètic sobre un corrent. Camps creats per corrents i càrregues en moviment. Llei d'Ampère. Forces entre corrents. Inducció electromagnètica. Lleis de Faraday i de Lenz. Inducció mútua i autoinducció. Energia electromagnètica d'un corrent. Descàrrega oscil·lant d'un condensador. Corrent Altern.

**10. Oscil·lacions i Ones:** Moviment ondulatori harmònic. Ones longitudinals i transversals. Corda oscil·lant. Ones estacionàries. Anàlisi de Fourier. Oscil·ladors forçats i caos. Interferència i superposició d'ones. Reflexió/refracció. Equació d'ona. Difracció. Ones electromagnètiques. Equacions de Maxwell.

**11. Relativitat:** Fonaments. Experiment de Michelson-Morley. Transformacions de Lorentz. Equivalència massa-energia. Dilatació temporal. Principi d'equivalència i relativitat general.

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

# INFORMÀTICA 1

CODI: 10005

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

Professor coordinador: Joaquim Gabarró Vallés

Altres professors: Luisa Bonet Carbonell

## 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  $E_1 \rightarrow S_1 \mid \dots \mid E_k \rightarrow S_k$  fsi", regla d'inferència d'aquesta instrucció. Construcció i verificació dels algorismes que resolen els problemes precedents. Instrucció condicional "si  $E$  llavors  $S_1$ , si no  $S_2$  fsi", regla d'inferència de la instrucció condicional.
3. **Introducció a les iteracions:** Instrucció "iterar  $E_1 \rightarrow S_1 \mid \dots \mid E_k \rightarrow S_k$  fiterar". Noció d'invariant. Correcció total, funció variant o fita. Regla d'inferència de la instrucció iterar. Principi de cerca lineal. Càlcul de la potència, càlcul ràpid de la potència i diferent eficàcia dels dos algorismes. Instrucció "mentre  $E$  fer  $S$  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*. Wokingham: Ed. Addison-Wesley, 1988.
- Kernighan, B.W.; Ritchie, D.M.: *El lenguaje de programación*. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana México, 1991. 2a ed.
- Knuth, D.E.: *The TEXbook*. Ed. Addison-Wesley, 1986.
- Vancells, E.; López, E.: *Programació: introducció a l'algorísmica*. Ed. Eumo, 1992.

### Referències complementàries:

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



## CÀLCUL 2

CODI: 10007

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

Professor coordinador: Oriol Serra Albó

Altres professors: Ernest Garriga Valle

### Objectius del curs

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

Per tal d'assolir els esmentats objectius s'exposarà el programa en tres blocs de temes successius. En primer lloc, s'introduiran les nocions indispensables de topologia euclidiana de  $\mathbb{R}^n$ . A més, es demostrarà l'equivalència entre la norma euclidiana i la norma del suprem, i per tant, entre les topologies induïdes. S'utilitzarà aquest resultat per introduir els típics raonaments de "pas a components", primer amb successions i, en temes posteriors, amb funcions. El segon bloc de temes està dedicat als conceptes i resultats bàsics de continuïtat i diferenciació de funcions de diverses variables. El seu estudi s'iniciarà combinant l'esmentat "pas a coordenades" i la restricció a corbes, per tal d'establir explícitament les similituds i diferències amb la situació d'una variable. D'entre els teoremes més significatius que veurem podem esmentar el de Weierstrass, la regla de la cadena, el valor mitjà, el teorema de Taylor, els teoremes de la funció inversa i implícita i els relatius a l'estudi d'extrems. 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. 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.: *Introducció al anàlisi matemàtic*. Ed. Limusa: México, 1980.
- Courant, R.: *Introducció al càlcul i al anàlisi matemàtic*. (vol. 2). Ed. Reverté: Barcelona, 1992.
- Marsden, J.E.: *Elementary Classical Analysis*. Ed. Freeman and Co.: New York, 1993.
- Smith, K.T.: *Primer of modern analysis directions for knowing all dark things*. Ed. Springer-Verlag, 1983.
- Spivak, M.: *Cálculo en variedades*. Ed. Reverté: Barcelona, 1970.

#### Referències complementàries:

- Bombal, F. i altres: *Problemas de anàlisi matemàtic*. 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 i Descamps

Altres professors: Ferran Hurtado Díaz i Francesc Prats Duaygües

### Objectius del curs

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

Aquesta llarga i il·lustre història fa que sigui particularment difícil el repte que imposa un primer i únic quadrimestre obligatori de geometria en una facultat de matemàtiques actual. La situació és agreujada pel fet que els coneixements amb què s'arriba avui a la Universitat semblen deficitaris en aspectes bàsics del llenguatge esmentat, la qual cosa no seria potser massa greu si no fos pels negatius efectes que té en el bagatge de recursos per a la resolució de problemes. No és possible, doncs, tractar res més que els conceptes més bàsics de les geometries afi, euclidiana i projectiva, les seves interrelacions més fonamentals i una mostra dels problemes que permeten resoldre. Aquest nucli de coneixements, important tot i que és més reduït del que potser seria desitjable, és el que recollim en el programa i el que ha de permetre que aspectes més específics de la formació geomètrica es puguin considerar ulteriorment, si arriba el moment, segons el context de docència, de recerca o de treball en què estigui cadascú. Així, es pot esdevenir que en un curs sobre compactificació d'imatges s'hagin de considerar prèviament algunes qüestions de geometria afi, 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 afi:** Espai afi. Varietats lineals. Referència afi 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 afi.
2. **Geometria mètrica:** Espai afi euclidià: mètrica, distàncies i angles. Perpendicularitat: espai ortogonal, projecció ortogonal, bases ortonormals, matrius ortogonals. Distàncies entre varietats lineals. Orientacions d'un espai vectorial real. Volum i producte vectorial. Angles orientats. Desplaçaments i semblances. Desplaçaments i semblances en la recta, en el pla i en l'espai. Introducció als quaternions.
3. **Geometria projectiva:** Espai projectiu. Varietats lineals. Compleció projectiva de l'espai afi. 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 geometria*. Universidad Autònoma 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 Geometria*. Ed. Limusa, 1971.
- Eves, H.: *A survey of geometry*. Ed. Allyn and Bacon, 1972.
- Neumann, P. M.; Stoy, G. A.; Thompson, E. C.: *Groups and Geometry*. Ed. Oxford University Press, 1994.
- Sidler, J.-C.: *Géométrie projective*. Ed. InterEditions, París, 1993.
- 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 Gavalrà Mestre

Altres professors: Conrado Martínez Parra

### Objectius del curs

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

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

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

### Programa

1. **Modularitat i tipus abstractes de dades (TADs):** Necessitat del disseny modular. Concepte de TAD. Definició, utilització i primers exemples.
2. **El TAD "pila":** Exemples d'ús. Implementacions.
3. **El TAD "cua":** Exemples d'ús. Implementacions.
4. **El TAD "llista":** Exemples d'ús. Implementacions.
5. **El TAD "graf":** Exemples d'ús. Implementacions.
6. **Alguns algorismes sobre graf:** 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'intercalerà amb els altres durant el curs)

### Pràctiques

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

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

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

#### Referències complementàries:

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

#### Altres referències:

- Díaz, J.; Gavalrà, R.: *Informàtica II*. Apunts, pràctiques i examens 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 enrevesada, la solució formal resultant és tan complexa que fa impossible qualsevol interpretació posterior, etc. En aquests casos, són útils les tècniques numèriques que, mitjançant una labor de càlcul més o menys intensa, arriben a solucions aproximades.

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

## Programa

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.



## 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 i els objectes que ens permeten d'expressar aquestes relacions.

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

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

### Programa

#### I. Càlcul vectorial

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

#### II. Variable complexa

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

### Coneixements previs necessaris

Càlcul 1, Càlcul 2, Àlgebra lineal

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

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

#### Referències complementàries:

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

# EQUACIONS DIFERENCIALS 1

CODI: 10013

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

Professor coordinador: Carles Bonet Revés

Altres professors: M. Teresa Martínez-Seara Alonso

## Objectius del curs

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

## Programa

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

variacionals i el teorema de Hartmann. Estabilitat: punt de vista de Poincaré i Lyapunov. Els casos degenerats (Blow-up).

- Estudi global dels sistemes dinàmics al pla:** Atractors i conjunts límit. La teoria de Bendixson-Poincaré. Compactificació de Poincaré i comportament a l'infinit. Retrats de fase globals. L'equació de Lienard.
- Perspectiva històrica i de futur:** Origen de les equacions diferencials ordinàries. Desenvolupament en els segles XVIII i XIX. El problema de la resolució. El mètode analític de Poincaré i Lyapunov. El problema de l'estabilitat del sistema solar. El punt de vista qualitatiu. Desenvolupament en el segle XX. Caos. Estat actual. Problemes pendents.

## Coneixements previs necessaris

Les assignatures corresponents a la fase selectiva.

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

## MÈTODES NUMÈRICS 2

CODI: 10011

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

Professor coordinador: Antonio Huerta Cerezuela

Altres professors: Pedro Díez Mejía

### Objectius del curs

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

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

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

### Programa

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

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

#### Referències complementàries:

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

# PROBABILITAT I ESTADÍSTICA

---

CODI: 10015

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

Professor coordinador: Ramon Nonell Torrent

## Objectius del curs

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

## Programa

### 1. Espai de Probabilitat:

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

### 2. Variable Aleatòria:

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

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

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

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

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

## Coneixements previs necessaris

Les assignatures corresponents a la fase selectiva.

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

# TOPOLOGIA

---

CODI: 10014

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

Professor coordinador: Agustí Roig Martí

Altres professors: Jaume Amorós, 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

### I. TOPOLOGIA GENERAL

1. **Espais mètrics:** Boles obertes i tancades. Conjunts oberts. Aplicacions contínues. Distàncies equivalents.
2. **Espais topològics:** Oberts i tancats. Bases, subbases, sistemes d'entorns. 2n axioma de numerabilitat. Aplicacions contínues. Subespais, espais producte. Topologies finals, espai quocient i identificacions.
3. **Axiomes de separació:** Axiomes de separació  $T_0$ ; espais de Fréchet, de Hausdorff, regulars i normals. Lema d'Urysohn. Teorema d'extensió de Tietze. Teorema de metritzabilitat d'Urysohn.
4. **Espais compactes:** Espais compactes. Teorema de Heine-Borel. Teorema de Tychonoff i aplicacions. Espais localment compactes. Compactació d'Alexandrov. Compacitat en espais mètrics.
5. **Espais connexos i arc-connexos:** Espais connexos. Components connexos. Continuïtat i connexió. Teorema del valor intermedi. Espais arc-connexos; components arc-connexos. Espais localment connexos i localment arc-connexos.

### 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-Böhl, Rouché, Bolzano. El teorema del punt fix de Brouwer. El teorema fonamental de l'àlgebra. Teoremes de Borsuk-Ulam i de la invariància de la dimensió.

## Coneixements previs necessaris

Càlcul 1, Càlcul 2 i Àlgebra Lineal.

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Bourbaki, N.: *Éléments de mathématique: Topologie Générale, chap. 1*. Hermann éd., 1971.
- Kosniowski, C.: *Topologia algebraica*. Ed. Reverté, Barcelona, 1986.
- Jänich, K.: *Topology*. Ed. Springer, 1984.
- Massey, W.: *A basic course in algebraic topology*. Ed. Springer, 1992.
- 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.: *Topology*. Ed. Dover, 1988.
- 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.



## ANÀLISI REAL

CODI: 10017

Càrrega docent: 4.5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

Professor coordinador: Enric Fossas Colet

Altres professors: Carles Batlle Arnau

### Objectius del curs

Aquesta assignatura, continuació i complement dels cursos de Càlcul 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.

### Coneixements previs necessaris

Càlcul 1 i 2, Topologia

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

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

#### Referències complementàries:

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

## GEOMETRIA DIFERENCIAL 1

CODI: 10018

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

Professor coordinador: Antoni Ras Sabidó

Altres professors: Carles Victòria Monge

### Objectius del curs

Aquesta assignatura vol 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

#### I. 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.

#### II. SUPERFÍCIES

4. **Introducció:** superfícies regulars; pla tangent; àrea i primera forma fonamental; aplicacions entre superfícies, isometries.
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; parèntesi de Lie, tensor de curvatura de Gauss; curvatura geodèsica, geodèsiques, coordenades geodèsiques.
7. **Teorema de Gauss-Bonnet:** versió local; varietats diferenciables de dimensió 2; característica d'Euler-Poincaré i versió global del teorema.

### Coneixements previs necessaris

Càlcul 1 i 2, Àlgebra Lineal, Geometria, Equacions Diferencials 1, Topologia.

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Carmo, M.P. do: *Geometría diferencial de curvas y superficies*. Ed. Alianza Universidad, Madrid, 1990.
- Cordero, L.; Fernández, M.; Gray, A.: *Geometría Diferencial de Curvas y Superficies*. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, 1995.
- Lipschutz, M.: *Geometría Diferencial (Schaum)*. Ed. McGraw-Hill, Madrid, 1991.
- 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.

#### Referències complementàries:

- Berger, M.; Gostiaux, B.: *Differential Geometry. Manifolds, Curves and Surfaces*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1988.
- Dubrovin, B.A.; Fomenko, A.T.; Novikov, S.P.: *Modern Geometry - Methods and Applications* (vol. 1). Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1984.
- Fedenko, A.S.: *Problemas de Geometría Diferencial*. Ed. Mir, Moscú, 1991.
- 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.
- Vaisman, I.: *A First Course in Differential Geometry*. Ed. Marcel Dekker, Nova York, 1984.
- Warner, F.: *Foundations of Differentiable Manifolds and Lie Groups*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1984.

## INFERÈNCIA ESTADÍSTICA

---

CODI: 10019

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

Professor coordinador: Ramon Nonell Torrent

### Objectius del curs

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

### Programa

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

### Coneixements previs necessaris

Probabilitat i Estadística.

### Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

# INVESTIGACIÓ OPERATIVA

CODI: 10016

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

Professor coordinador: Jaume Barceló Bugada

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, algorísmics o de simulació, per poder-los tractar.

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

## Programa

- 1. Introducció:** El concepte d'Investigació Operativa. Models matemàtics per ajudar a prendre decisions quantitatives. El concepte de model matemàtic: el mètode científic i la metodologia de la Investigació Operativa. El procés de formulació dels models. Models matemàtics i dels seus processos de construcció: lineals, no lineals, combinatoris, estocàstics, etc.
- 2. Introducció als models lineals:** Formulació de models lineals. Programes lineals. Forma canònica dels programes lineals. Teorema de Minkowsky-Farkas. Solucions bàsiques. Teorema fonamental de la Programació Lineal. L'Algorisme del Simplex Primal. La geometria de la Programació Lineal. Formes computacionals de l'algorisme del Simplex: Simplex 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 Simplex 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. Propietats de l'estructura dels models de fluxos en xarxes. Fluxos en xarxes de cost mínim: l'algorisme del simplex. La caracterització dels polèdres 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'optimització 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 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 xarxes de cues.

**6. Conclusions i miscel·lània:** Altres models d'Investigació Operativa: Decisions Multicriteri, Teoria de Jocs, Simulació, etc. Processos de presa de decisions quantitatives.

## Coneixements previs necessaris

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

## 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:

- Ahuja, R.K.; et alt.: *Network Flows: Theory, Algorithms, Applications*. Ed. Prent.-Hall, 1993.
- Bradley, S.P.; Hax, A.C.: *Applied mathematical programming*. Ed. Addison-Wesley, 1977.
- Nash, S.G.; Sofer, A.: *Linear and Nonlinear Programming*. Ed. McGraw Hill, 1996.
- Sierksma, G.: *Linear and Integer Programming: Theory and Practice*. Ed. M. Dekker, 1996.
- Taha, H.A.: *Operations Research: An Introduction for Network Programming*. Ed. Mac Millan, 1992.

### Referències complementàries:

- Bazaraa, M.S.; et alt.: *Nonlinear programming: Theory and Algorithms*. Ed. Wiley, 1993
- 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.
- Hu, T.C.: *Integer Programming and Network Flows*. Ed. Addison-Wesley, 1970.
- 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.
- Mangasarian, O.L.: *Nonlinear Programming*, Ed. SIAM, Classics in App. Mathematics, 1994.
- Nemhauser, G.L.; Wolsey, L.: *Integer and Combinatorial Programming*. Ed. Wiley, 1988.
- Papadimitriou, C.H.; Steiglitz, K.: *Combinatorial Optimization Algorithms and Complexity*. Ed. Prentice-Hall, 1982.
- Shapiro, J.F.: *Mathematical Programming: Structures and algorithms*. Ed. Wiley, 1979.
- Wagner, H.M.: *Principles of operations research*. Ed. Prentice-Hall, 1975.
- Williams, H.P.: *Model Building in Mathematical Programming*. Ed. Wiley, 1993.
- Winston, W.L.: *Operations Research: Applications and Algorithms*. Ed. PWS-KENT, 1991.
- Winston, W.L.: *Introduction to mathematical programming: Applications and Algorithms*. Ed. PWS-KENT, 1991.



# ÀLGEBRA ABSTRACTA

---

CODI: 10022

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

Professor coordinador: Jordi Quer Bosor

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 factorial, principals, euclidiàns.  
Polinomis sobre anells factorial.  
Polinomis simètrics. Teorema fonamental. Discriminant i resultant.  
Mòduls i aplicacions lineals. Mòduls lliures.  
Mòduls finitament generats sobre anells principals. Aplicacions a la classificació dels grups abelians finits i a la classificació d'endomorfismes.

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

Extensions finites i algebraiques. Adjunció d'elements. Teorema de l'element primitiu.  
Cos de descomposició. Clausura algebraica. Extensió d'immersió.  
Extensions normals.  
Separabilitat.  
Grup de Galois. Teorema Fonamental de la Teoria de Galois.  
Arrels de la unitat. Extensions ciclotòmiques. Extensions cíclics.  
Equacions resolubles per radicals. Resolució per graus 2, 3 i 4. No resolubilitat de l'equació general de grau  $\geq 5$ .  
Aplicacions: Construccions amb 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.

## Coneixements previs necessaris

Els corresponents al primer cicle de la Llicenciatura de Matemàtiques.

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

### Coneixements previs necessaris

Primer cicle de la Llicenciatura de Matemàtiques.

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

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

#### Referències complementàries:

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

## MÈTODES NUMÈRICS 3

CODI: 10021

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

Professor coordinador: Miquel Noguera Batlle

Altres professors: Josep M. Peris Llagostera

### Objectius del curs

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

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

### Programa

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

### Coneixements previs necessaris

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

### Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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



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

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

- Ash, R.B.: *Complex variables*. Academic Press, 1971.
- Bak, J.; Newman, D.J.: *Complex Analysis*. Undergraduate texts in Maths, Springer-Verlag, 1982.
- Beardon, A.F.: *Complex Analysis*. John Wiley and Sons, 1979.
- Berenstein, C.A.; Gay, R.: *Complex variables*. Springer-Verlag, 1991.
- Boas, R.P.: *Invitation to Complex analysis*. Random house, 1987.
- Burckel, R.B.: *An introduction to classical Complex Analysis*. Vol. 1. Academic Press, 1979.
- Fisher, S.D.: *Complex variables*. Brooks/Cole, 1986.
- Lang, S.: *Complex Analysis*. Springer-Verlag, 1988, 2a. Edición.
- 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: Xavier Gràcia Sabaté

### Objectius del curs

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

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

### Programa

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

### Coneixements previs necessaris

Càlcul 3, Geometria Diferencial 1

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Boothby, W.: *An Introduction to Differentiable Manifolds and Lie Groups*. Academic Press, New York, 1986.
- Curtis, W.D.; Miller, F.R.: *Differential Manifolds and Theoretical Physics* Academic Press Inc., New York, 1985.
- Hicks, N.: *Notes on Differential Geometry*. Van Nostrand Reinhold Co., London, 1971.
- Spivak, M.: *Differential Geometry*, Vol. 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, '991.
- 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, Mexico, 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 la mecànica dels medis continus, la termodinàmica i l'electromagnetisme, es tracta d'analitzar algunes de les interrelacions més fructíferes entre matemàtiques i física. Aquesta tasca ha de propiciar una comprensió més completa tant de les matemàtiques com de la seva aplicabilitat a problemes interessants del món real en els quals tinguin un paper important els coneixements dels dominis considerats.

### Programa

1. **Utilis matemàtics:** Àlgebra lineal i multilineal. Camps vectorials i tensorials. Formes exteriors. Operadors. Integrals de línia, de superfície i de volum.
2. **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.
3. **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. Relació constitutiva per a fluids newtonians. 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. Nocions de termodinàmica. Equació de conservació de l'energia.
4. **Camps electromagnètics:** Càrregues, corrents i l'equació de continuïtat de la càrrega. Camps electrostàtics. Teoria del potencial. Camps magnetostàtics. Materials magnètics. Inducció electromagnètica. Equacions de Maxwell. Ones electromagnètiques en el buit. Energia d'un camp electromagnètic. Fenòmens elèctrics i magnètics en medis materials. El grup de Lorentz. Formulació relativista del camp electromagnètic. Potencial electromagnètic. Aspectes quàntics del camp electromagnètic.

### Coneixements previs necessaris

Anàlisi Real, Geometria Diferencial 1 i Equacions Diferencials 2.

### 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:

- Acheson, D. J.: *Elementary Fluid Dynamics*. Ed. Clarendon, 1992.
- Bamberg, P.; Sternberg, S.: *A course in mathematics for students of physics* (2 vols). Ed. Cambridge University Press, 1991.
- Cottingham, W. N.; Greenwood, D. A.: *Electricity and Magnetism*. Ed. Cambridge University Press, 1991.
- Landau, L.; Lifchitz, E.: *Curso de física teórica: Teoría de la elasticidad*. Ed. Reverté, 1969.
- Lorrain, P.; Corson, D.: *Campos y ondas electromagnéticos*. Ed. Selecciones Científicas: Madrid, 1990.

#### Referències complementàries:

- Abraham, R.; Marsden, J. E.; Ratiu, T.: *Manifolds, tensor analysis, and applications* (second edition). Ed. Springer-Verlag, 1988.
- Akhiezer, A.; Akhiezer, I.: *Electromagnétisme et ondes électromagnétiques*. Ed. Mir, 1988.
- Aris, R.: *Vectors, tensors, and the basic equations of fluid mechanics*. Ed. Dover, 1989.
- Bartkowiak, R. A.: *Electric Circuit Analysis*. Ed. Wiley, 1985.
- G. Bekefi, G.; Barrett, A. H.: *Electromagnetic vibrations, waves and radiation*. Ed. The MIT Press, 1977.
- Bleaney, B. I.; Bleaney, B.: *Electricity and Magnetism, Vols I and II*. Ed. Oxford University Press, 1989.
- 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.
- Kittel, C.: *Introduction to Solid State Physics*. Wiley, 1986.
- 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.
- Read, F. H.: *Electromagnetic Radiation*. Ed. Wiley, 1980.
- Triebel, H.: *Analysis and mathematical physics*. Ed. Reidel Publishing Co., 1986.
- White, F. M.: *Mecánica de fluidos*. Ed. McGraw-Hill, 1988.



# ANÀLISI FUNCIONAL

CODI: 10026

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

Professor coordinador: Joan Solà-Morales Rubió

Altres Professors: Neus Cònsul Porras

## Objectius del curs

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

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

## Programa

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

## Coneixements previs necessaris

Topologia, Anàlisi Real.

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

# TOPOLOGIA ALGEBRAICA

CODI: 10027

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

Professor coordinador: Pere Pascual Gainza

Altres professors: Agustí Roig Martí

## Objectius del curs

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

## Programa

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

## Avaluació

L'avaluació dels coneixements adquirits durant el curs es farà per mitjà d'una prova escrita que contindrà un apartat de qüestions teòriques i un altre de problemes. 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 prova amb tot detall. Finalment s'estudien el Teorema de Herbrand i el mètode de Resolució de Robinson per a la demostració automàtica de teoremes. Aquest últim és el fonament de la Programació Lògica, i del PROLOG, un prototip de llenguatge de programació amb interpretador "intel·ligent" utilitzat en la resolució de problemes de la Intel·ligència Artificial i en el disseny de sistemes experts.

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

### Programa

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

### Coneixements previs necessaris

Primer cicle de la Llicenciatura de Matemàtiques

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

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

#### Referències complementàries:

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

## 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. **Introducció a l'Optimització Nodiferenciable:** Condicions necessàries i suficients d'optimització per a la programació còncaua no-diferenciable. Algorismes ascendents. Optimització Subgradient. Algorisme generalitzat ascendent Primal-Dual.
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. **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.
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 (Viatjant de Comerç, etc.).
6. **Optimització sobre símplex:** mètodes de descomposició simplicial, descomposició simplicial restringida. Aplicacions a alguns problemes d'optimització de fluxos en xarxes.

### Coneixements previs necessaris

Investigació Operativa i Àlgebra Lineal.

### Avaluació

Hi hauran exàmens parcials, examen final i pràctiques.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Ahuja, R.; Magnanti, T. i Orlin, J.: *Network Flows: Theory, Algorithms and Applications*. Prentice Hall, 1993.
- Bazarara, M.S.; Sherali, and Shetti, C.M.: *Nonlinear Programming: Theory and Algorithms*. Ed. John Wiley and Sons, 1993.
- Mangasarian, O.L.: *Nonlinear Programming*. Ed. SIAM. Classics in Applied Mathematics, 1994.
- Nemhauser, G.L.; Wolsey, L.A.: *Integer and Combinatorial Optimization*. Ed. John Wiley and Sons, 1988.
- Papadimitriou, C.H.; Steiglitz, K.: *Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity*. Ed. Prentice-Hall, 1982.

#### Referències complementàries:

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

## TEORIA DE CODIS

---

CODI: 11864

Càrrega docent: 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Sebastià Xambó i Descamps

**Altres professors:** José Luis Ruiz Muñoz

### Objectius del curs

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

### Programa

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

### Coneixements previs necessaris

Àlgebra lineal, Probabilitat i Estadística Bàsica.

### Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- 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:

- Abhyankar, S.S.: *Algebraic Geometry for Scientists and Engineers*. Mathematical Surveys and Monographs, n. 35. American Mathematical Society, 1990.
- Bell, C.; Cleary, J.G.; Witten, I.H.: *Text compression*. Prentice-Hall, 1990.
- Blahut, R.E.: *Algebraic coding theory in one and two dimensions*. Lectures at the Eindhoven Univ. Techn., Ed. Eindhoven, The Netherlands, June, 1994.
- 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.
- Hirschfeld, J.W.P.: *Projective geometries over finite fields*. Oxford University Press, 1979.
- McEliece, R.J.: *Finite Fields for Computer Scientist and Engineers*. Ed. Kluwer, 1987.
- Moreno, C.: *Algebraic curves over finite fields*. Cambridge University Press, 1991.
- Serre, J.P.: *Algebraic groups and class fields*. Graduate Texts in Mathematics, vol. 117. Ed. Springer-Verlag, 1988.
- Stichtenoth, H.; Tsfasman, M.A. (Eds.): *Coding theory and algebraic geometry*. Lecture Notes in Mathematics 1518. Ed.: Springer-Verlag, 1992.
- Tsfasman, M.A.; Vladut, S. G.: *Algebraic-geometric codes. Mathematics and its applications*, Kluwer Academic Publishers, 1991.
- Stichtenoth, H.: *Algebraic function fields and codes*. Springer-Verlag, 1993.
- 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.

### Coneixements previs necessaris

Àlgebra Lineal i Càlcul 1.

### Avaluació

El 40% de l'avaluació s'obté per mitjà d'una prova escrita i de l'avaluació de treballs d'aplicació. El 60% restant s'obté d'un examen final de l'assignatura.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

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

#### Referències complementàries:

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



# ÀLGEBRA COMPUTACIONAL

CODI: 11876

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

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 la no existència de divisió euclidiana en l'anell dels polinomis de  $n$  variables ha fet que el seu estudi, tot i tenint gran utilitat pràctica, no s'hagi abordat amb una nova perspectiva fins als anys seixanta, a partir de la introducció feta per Buchberger de les bases de Groebner. El nou enfocament ha estat induït també, en part, pel desenvolupament dels sistemes informàtics de computació algebraica, que fan factible la implementació dels algorismes.

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

## Programa

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

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

### Altres referències:

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

# 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, verdadera 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, bipolarbòliques i biel·líptiques. Transferències entre òrbites el·líptiques.
5. Aplicacions del problema de dos cossos. Temps mitjà, sideri i d'efemèrides. Equació de temps. Relotge 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 el·líptic.

## 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 tesereals.
3. Idea general del mètode de Von Zeipel. Equacions i eliminació de l'anomalia. Determinació del nou hamiltonià. Resultats i comparacions.
4. Inclinació crítica. Llibració del perigeu en les proximitats de la inclinació crítica.
5. Altres pertorbacions del moviment: pertorbacions luni-solars, frenada atmosfèrica i pressió de radiació.

## Coneixements previs necessaris

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

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

# OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1

CODI: 11879

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Narcís Nabona Francisco

Altres professors: F. Javier Heredia Cervera, Lidia Montero

## Objectius del curs

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

## Programa

### I. 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.

### II. Minimització sense restriccions

**Mètodes de direccions conjugades:** Direccions Q-conjugades, propietats i generació. Minimització d'una funció quadràtica. Teorema del subespai expansiu. Algorisme i teorema del gradient conjugat. El gradient conjugat com a procés òptim: teoremes 1 i 2. Solució aproximada de sistemes d'equacions amb matriu de coeficients simètrica i definida positiva. Aplicació de l'esparsitat. Mètode del gradient conjugat parcial.

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

### III. 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.

**IV. Minimització amb restriccions lineals de desigualtat:** Mètode del conjunt actiu. Actualitzacions de la matriu Z quan s'hi afegeixen i es descarten restriccions. Actualitzacions

de l'hessià projectat quan es descarta una restricció. Programació quadràtica definida positiva. Actualització de Z'QZ quan s'hi afegeix una restricció. Minimització subjecta a fites simples de les variables.

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

**V. Introducció breu a la minimització amb restriccions qualsevol**  
**Lagrangians augmentats i projectats:** Condicions d'òptim. Noció de Lagrangia augmentat. Noció de Lagrangia projectat. El paquet MINOS.

## Pràctiques

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

## Coneixements previs necessaris

Investigació Operativa.

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

### Altres referències:

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

## TEORIA DE SISTEMES LINEALS

---

CODI: 11862

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Josep Ferrer Llop

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

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

### Objectius del curs

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

### Programa

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

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

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

#### Referències complementàries:

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



## AMPLIACIÓ DELS MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA

CODI: 12804

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Miguel C. Muñoz Lecanda

Altres professors: Xavier Gràcia Sabaté i Narciso Román Roy

### Objectius del curs

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

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

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

### Programa

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

### Coneixements previs necessaris

Física General. Geometría Diferencial 1 y 2.

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

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

#### Referències complementàries:

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

## COMBINATÒRIA

CODI: 11867

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Oriol Serra Albó

Altres professors: Marc Noy Serrano

### Objectius del curs

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

### Programa

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

### Coneixements previs necessaris

Càlcul 1, Àlgebra, Teoria de Grafs.

### Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

# GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL

CODI: 11870

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor: Ferran Hurtado Díaz

## Objectius del curs

L'objectiu genèric d'aquesta assignatura consisteix en l'estudi dels problemes geomètrics des del punt de vista de la computació. El *disseny i l'anàlisi d'algorismes geomètrics eficients* constitueix el nucli i la part prioritària del curs. Es presenten també elements de Geometria Discreta i Combinatòria fortament imbricats amb aquesta activitat, on es mostra com l'estructura combinatòria d'un problema geomètric sovint decideix quin mètode 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 es deu a l'expansió accelerada, en exigències i en desenvolupament, del processament d'informació geomètrica i gràfica, present en àrees tan diverses com ara la medicina, el control de robots o el disseny artístic. La necessitat de donar resposta a aquesta nova i creixent demanda és el que va impulsar la formació d'un suport teòric adequat que encara no existia.

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

## Programa

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

## Coneixements previs necessaris

Geometria, Algorísmica, Combinatòria i Teoria de Grafs.

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

### Altres referències:

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

## OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 2

CODI: 11872

Càrrega docent: 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Narcís Nabona Francisco  
**Altres professors:** F. Javier Heredia Cervera, Lidia Montero

### Objectius del curs

- Completar els coneixements d'Optimització Contínua (adquirits a *Optimització Contínua 1*) per tal d'aplicar-los a la resolució de problemes reals (d'alta dimensionalitat i/o no lineals).
- Justificar l'eficiència computacional dels algorismes que es presenten.
- Comprendre de part de les propietats dels algorismes mitjançant l'experimentació, computacional emprant programes ja desenvolupats per resoldre problemes escollits.
- Adquirir pràctica en l'ús de les eines professionals de l'Optimització Contínua.
- Entrar en contacte amb problemes reals d'Optimització Contínua.

### Programa

#### I. Minimització sense Constriccions

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

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

**Mètodes quasi-Newton (o de la secant) que actualitza l'hessiana:** 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.

**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 Qualsevol

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

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

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

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

#### III. Minimització amb Constriccions Lineals

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

**Actualització de factoritzacions de bases quan canvien les columnes:** Matrius de permutació

i matrius eta i factorització. Procediments BTRAN i FTRAN. Refactoritzacions. Actualització d'una factorització quan canvia una columna de la base. Mètodes de Bartels-Golub, de Forrest-Tomlin, de Reid i de Saunders.

### Pràctiques

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

### Coneixements previs necessaris

Optimització Contínua 1.

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

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

#### Referències complementàries:

- Arbel, A.: *Exploring Interior-Point Linear Programming Algorithms and Software*. The MIT Press, 1993.
- Fletcher, R.: *Practical Methods of Optimization*. Ed. John Wiley & Sons, 1987.
- Gill, P.E. et al.: *Numerical Linear Algebra and Optimization*. Ed. Addison-Wesley, 1991.
- Peressini, A.L. et al.: *The Mathematics of Nonlinear Programming*. Ed. Springer, 1988.

#### Altres referències:

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

## TEORIA DE NOMBRES

---

CODI: 11874

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Joan-Carles Lario Loyo

Altres professors: Jordi Quer Bosor i Anna Rio Doval

### Objectius del curs

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

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

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

### Programa

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

### Coneixements previs necessaris

Àlgebra Abstracta.

### Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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



# AMPLIACIÓ D'ANÀLISI

CODI: 11865

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Joan Solà-Morales Rubió

## Objectius del curs

El curs comença amb un capítol dedicat a la transformada de Fourier de funcions de quadrat sumable. Després d'aquest capítol l'estudiant coneix d'una banda les sèries de Fourier de les funcions periòdiques i de l'altra les transformades de Fourier de les funcions definides a tot l'espai, i és el moment apropiat per plantejar-se si ambdues coses no poden tractar-se conjuntament. Això no pot fer-se si no és en el marc de les funcions generalitzades o distribucions, i això constitueix l'objectiu del capítol següent.

Però les distribucions no serveixen només per avançar en l'Anàlisi Harmònica, sinó que el concepte de derivada distribucional és a la base de la teoria moderna de les equacions en derivades parcials, de la qual els espais de Sobolev són un instrument molt necessari. Aquests són l'objectiu del capítol tercer.

El capítol quart utilitza els espais de Sobolev per a plantejar i resoldre alguns problemes de contorn clàssics utilitzant la seva forma feble.

## Programa

### 1. Transformada de Fourier.

Propietats formals. El Teorema d'inversió. El Teorema de Plancherel. Altres propietats.

### 2. Distribucions i Transformada de Fourier.

Espais de funcions de test. Càlcul amb distribucions. Convolucions. Distribucions temperades. Transformada de Fourier.

### 3. Espais de Sobolev.

Definicions i propietats. Encabiments. Traces.

### 4. Problemes de contorn.

Formulació feble d'alguns problemes de contorn el·líptics. Regularitat de les solucions febles. Principi del màxim. Funcions pròpies i descomposició espectral.

## Coneixements previs necessaris

Anàlisi Real, Anàlisi Funcional.

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Brézis, H.: *Análisis Funcional Teoría y Aplicaciones*. Alianza Universidad, Madrid, 1984.
- Lang, S.: *Real and Functional Analysis*. Springer-Verlag, N.Y., 1993.
- Rudin, W.: *Functional Analysis*. McGraw-Hill, London, 1991 (2a edició).
- Rudin, W.: *Real and Complex Analysis*. McGraw-Hill, London, 1987.
- Showalter, R.E.: *Hilbert Space Methods for Partial Differential Equations*. Pitman, San Francisco, 1977.

### Referències complementàries:

- Adams, R.: *Sobolev Spaces*. Academic Press, N.Y., 1978.
- Dautray, R., J.-L. Lions: *Mathematical Analysis and Numerical Methods for Science and Engineering* (4 vols.). Springer Verlag, 1988.
- Yosida, K.: *Functional Analysis*. Springer-Verlag, 1995.

## AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA

CODI: 11284

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Pere Pascual Gainza

Altres professors: Sebastian del Baño Rollin

### 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 algebraiques. D'altra banda el curs vol ser una introducció als problemes i resultats que estudia la geometria algebraica amb la il·lustració de les interconnexions amb altres branques de les matemàtiques. Aquí l'objectiu és, coincidint amb el primer aspecte esmentat, mostrar quina mena de problemes es plantegen utilitzant les tècniques al nostre abast per a la seva resolució, no desenvolupant altres tècniques específiques que les més elementals.

### Programa

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

### Coneixements previs necessaris

Àlgebra, Topologia, Variable Complexa.

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Brieskorn, E. i Knörrer, H.: *Plane algebraic curves*. 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.
- Namba, M.: *Geometry of projective algebraic curves*. Marcel Dekker: New York, 1984.

#### 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 I: complex projective varieties*. Springer Verlag: Berlin, 1995.
- Shafarevich, I.: *Basic Algebraic Geometry* (2 vols). Springer Verlag: Berlin, 1994.

# ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ

CODI: 12811

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professora coordinadora: M. Pilar Muñoz Gràcia

Altres professors: Manuel Martí Recober

## Objectius del curs

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

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

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

## Programa

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

## paquets estadístics

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

## Coneixements previs necessaris

Variables aleatòries. Distribució conjunta de diverses variables. Estimació i proves d'hipòtesi.

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Box, G.E.P., Jenkins, G.M., Reinsel G.C.: *Time series analysis: Forecasting and control*. Ed. Prentice-Hall, 1994.
- Brockwell, P.J. & Davis, R.A.: *Time series: Theory and methods*. Ed. Springer-Verlag, 1991.
- Brockwell, P.J., Davis, R.A. & Mandarino, J.V.: *ITSM for Windows, a user's guide to time series modelling and forecasting*. Ed. Springer-Verlag, 1994.
- Chatfield, C.: *The analysis of time series: An Introduction*. Ed. Chapman and Hall, 1989.
- Pankratz A.: *Forecasting With Dynamic Regression Models*. Ed. John Wiley, 1991.

### Referències complementàries:

- Abraham, B. & Ledolter, J.: *Statistical methods for forecasting*. Ed. Wiley, 1983.
- Anderson, O.D.: *Time series analysis and forecasting. The Box-Jenkins approach*. Ed. Butterworths, 1977.
- Granger, C.W.J. & Newbold, T.: *Forecasting economic time series*. Ed. Academic Press, 1988.
- Murillo, C.: *Métodos estadísticos de series temporales. Aplicaciones sanitarias*. Ed. SG Editores, 1994.
- Pankratz A.: *Forecasting With Univariate Box-Jenkins Models: Concepts and Cases*. Ed. John Wiley, 1983.
- Peña, D.: *Estadística. Modelos y métodos. Vol. 2. Modelos lineales y series temporales*. Ed. Alianza Universidad Textos, 1991.

# 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:  $p$  de Pollard, grup de classes, mètode  $p - 1$  i variants. Mètodes de factorització subexponencial: 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.

Protocolos criptogràfics. Passwords, funcions de hash, signatures digitals, autenticació, secrets compartits, tirades de daus.

## Coneixements previs necessaris

## 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.): *Cryptology 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 fer-ho cal saber matemàtiques i moltes altres coses que permetin descobrir les claus de l'aprenentatge, l'adequació dels continguts, les estratègies i els recursos que cal emprar, etc., i tot allò que envolta la relació humana i emocional que domina l'acció educativa. L'assignatura vol ser una eina de formació inicial de futur professional i intentarà fer descobrir aspectes essencials d'una professió que es mereix ser cultivada i estimada. L'assignatura combinarà sessions teòriques, pràctiques exemplificadores dels temes, sessions de taller i sessions d'exposició de treballs. Així el curs pressuposa una activa participació dels estudiants.

## Programa

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

axiomàtics. Estructures discretes: grafs, matrius, successions. Algorismes.

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

## Coneixements previs necessaris

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

## Avaluació

L'avaluació serà continuada i inclourà els següents elements:

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Alsina, C. et alt.: *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 alt.: *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, 1987.
- Krantz, S.G.: *How to teach mathematics, a personal perspective*, Ed. AMS, 1993.

### Referències complementàries:

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

### Altres referències:

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

## EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS

CODI: 12814

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Antonio Huerta Cerezuela

Altres professors: Pedro Díez Mejía, Antonio Rodríguez Ferran

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

### Objectius del curs

Proporcionar una base teòrica i pràctica sòlida sobre el mètode dels elements finits aplicat a la resolució d'EDPs.

A més d'analitzar els conceptes del mètode es realitzaran càlculs pràctics. Es desenvoluparan estudis acadèmics per consolidar els conceptes adquirits i es faran càlculs d'aplicacions d'enginyeria que permetin avaluar la potència del mètode.

### Programa

#### 1. Introducció

Criteri d'aproximació: equacions integrals  
Tipus d'interpolador: discretització

#### 2. Proprietats generals del MEF

Regularitat dels espais on es hi ha la solució  
Espais d'aproximació del MEF  
Convergència de l'aproximació  
Superconvergència

#### 3. Estimació d'error i malla adaptativa

#### 4. Introducció als problemes transitoris

Introducció i metodologia bàsica  
Integració exacta: descomposició modal  
Aplicacions: enginyeria marítima i sísmica  
Equacions de primer ordre  
Equacions de segon ordre  
Problemes transitoris no lineals

#### 5. Introducció als problemes amb operadors no autoadjunts

Introducció i motivacions: problemes de transport  
Mínims quadrats  
Mètode de Petrov-Galerkin  
Mètode de Taylor-Galerkin

#### 6. Altres problemes

Anàlisi de sensibilitat  
Problema invers: estimació de paràmetres  
Optimització

### Coneixements previs necessaris

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

### Avaluació

Exàmens i pràctiques amb ordinador.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

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

#### Referències complementàries:

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

# MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA

CODI: 11871

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Antonio Huerta Cerezuela

Altres professors: Antonio Rodríguez Ferrán

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

## Objectius del curs

Proporcionar una sòlida perspectiva de conjunt de les tècniques de resolució de sistemes d'equacions no lineals i programació matemàtica no lineal (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 empleats. 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, Lagrangiana incrementada), mètodes de reducció a problemes específics de minimització amb restriccions. Mètodes per a problemes de mínims quadrats no lineals, mètode de Gauss-Newton, millores: gauss-Newton amortidor i Levenberg-Marquardt. Recomanacions generals i Aplicacions.

## Coneixements previs necessaris

Mètodes Numèrics 2.

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

### Altres referències:

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

# SIMULACIÓ

CODI: 11873

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Josep Casanovas García

Altres professors: Jaume L. Ferrer Cerdà

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

## Objectius del curs

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

Un èmfasi especial serà posat en els temes de mostreig, disseny d'experiments i anàlisi de resultats de la simulació.

## Programa

1. Introducció als temes estocàstics en els models d'Investigació Operativa. Introducció a la teoria de cues: cues poissonianes, no-poissonianes i xarxes de cues.
2. Introducció a la Simulació: Sistemes i Models, tipus de simulació: simulació discreta i simulació contínua. Metodologia de la construcció de models de simulació.
3. Simulació de Sistemes Discrets. Llenguatges especialitzats de simulació: la "visió del món" d'un llenguatge de simulació. La simulació en GPSS. Aplicacions i casos pràctics.
4. Simulació de Sistemes Continus. Llenguatges utilitzats. Utilització del SIMULINK. Aplicacions i casos pràctics.
5. Processos de mostreig en Simulació. La generació de mostres de variables aleatòries. Tècniques de reducció de la variància. Estratificació.
6. El disseny d'experiments de simulació: Disseny 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.

## Coneixements previs necessaris

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

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

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

### Referències complementàries:

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

### Altres referències:

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

# TEORIA 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, transcrítica, forca, Hopf. Exemples.
- 6. Sistemes discrets unidimensionals.** Homeomorfismes i difeomorfismes del cercle, nombre de rotació. Teorema de Denjoy. Propietats genèriques. Estabilitat. Aplicació: e. d. o. sobre el tor. Aplicacions unidimensionals de l'interval: aplicació logística, teorema de Sarkovskii.

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

## Coneixements previs necessaris

Equacions Diferencials 1

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Arnold, V.I.: *Chapitres supplémentaires de la théorie des équations différentielles ordinaires*. Mir, Moscou, 1980.
- Chow, S.N. and Hale, J.K.: *Methods of Bifurcation Theory*. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, 1982.
- 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.

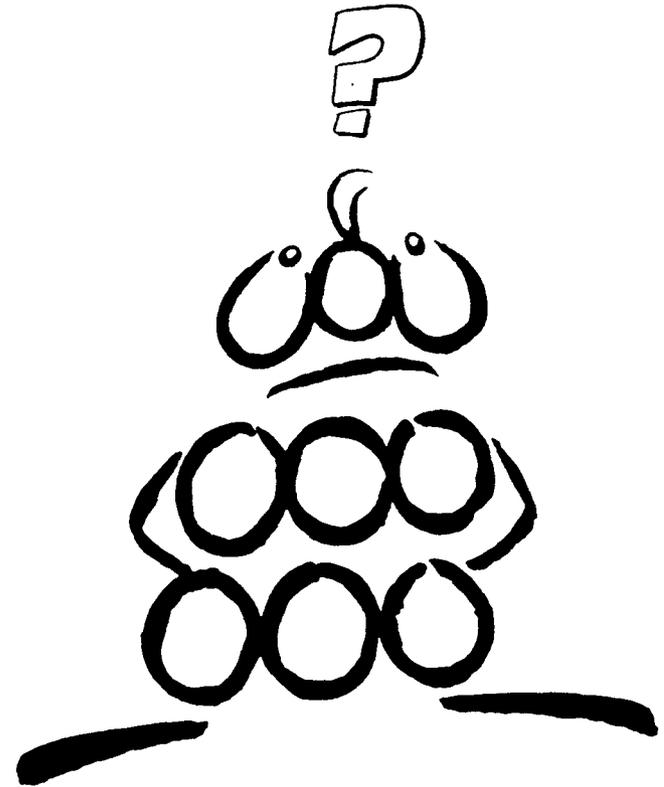
### Referències complementàries:

- 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**

---



# HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA

CODI: 50003

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Francesc X. Barca Salom

Altres professors: Guillermo Lusa Monforte, Antoni Roca Rosell

## Objectius del curs

- Oferir uns coneixements que ajudin a la comprensió completa i aprofundida dels conceptes fonamentals de les disciplines científiques i tècniques.
- Desvetllar en els alumnes unes actituds i uns hàbits metodològics que ajudin a la formació del futur científic o tècnic.
- Oferir elements integradors de les diverses cultures que estimulin la interdisciplinarietat i el retrobament dels sabers.
- Contribuir a la formació integral de l'estudiant proporcionant-li el coneixement de les disciplines pròpies de les carreres científiques i tècniques.
- Mostrar el caràcter dinàmic del desenvolupament de la ciència i les influències cap als 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 temàtica, però que intenten abastar diversos moments destacats del desenvolupament de la ciència i de la tècnica.

### 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.

### Curs *Lectures d'Història de la Matemàtica.*

Presentació panoràmica de la Història de la Matemàtica i motivació a la lectura dels manuals més assequibles. Els estudiants, en equips de tres persones, hauran de presentar un treball monogràfic, extret de la història de la Matemàtica.

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

### Referències complementàries:

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

### Altres referències:

- Lusa, G.; Roca, A.: *Història de l'Enginyeria*. Barcelona, CPDA-ETSEIB, 1996.
- Lusa, G.: *Los tres famosos problemas de la geometría griega*. Edicions FME, Barcelona, 1995.
- Roca, A.: *Enginyeria i societat a Catalunya i Espanya (segles XVIII-XX)*, CPDA, Barcelona, 1995.

## PROJECTE TECNOLÒGIC

### Objectius i característiques

La FME organitza i dona suport a la obtenció de crèdits de lliure configuració corresponents al segon cicle de la llicenciatura de Matemàtiques en la forma normalitzada que anomena **Projecte Tecnològic**.

El Projecte Tecnològic ha de ser un treball de les característiques d'un projecte professional en un tema tecnològic rellevant i en el que es necessiti algun component matemàtic no trivial.

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

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

### Reconeixement de crèdits

Aquest procediment per obtenir crèdits de lliure elecció, s'inclou dins de la modalitat administrativa anomenada: **reconeixement de crèdits de lliure elecció per treballs dirigits**.

Un Projecte Tecnològic superat dona lloc a l'obtenció de **15 crèdits**, encara que en casos excepcionals poden realitzar-se projectes de dimensions reduïdes i valorats només en 7,5 crèdits.

A tall indicatiu pot indicar-se que el primer cas suposa una dedicació d'unes 300 hores i que en el segon cas d'unes 150 hores.

### Inscripció i tràmits administratius

Les ofertes o propostes de Projectes Tecnològics poden provenir tant de professors com d'estudiants o d'altres persones interessades i hauran de ser aprovades pel Cap d'Estudis, el qual en donarà la publicitat que s'escaigui a fi que siguin conegudes pels estudiants interessats.

Per tal de portar a terme el Projecte Tecnològic l'estudiant haurà de sol·licitar, previament, un **pre-compromís** de reconeixement de crèdits de lliure elecció on farà constar el Director, el Títol i una descripció del Projecte Tecnològic. Aquest precompromís haurà d'estar signat per l'estudiant i el Director i portar el vist i plau del Cap d'Estudis.

La matrícula del Projecte Tecnològic s'haurà de fer en un termini inferior a un any des de la data de la signatura del Precompromís.

En cas que el Director no sigui un professor assignat a la FME el mateix Cap d'Estudis nomenarà un professor Ponent.

### Avaluació

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

El Tribunal serà nomenat pel Cap d'Estudis i estarà format normalment per tres professors assignats a la FME. El Tribunal jutjarà la Memòria i la presentació, i atorgarà al Projecte una qualificació global, numèrica i descriptiva, que s'inclourà a l'expedient de l'estudiant.

En el moment de la matrícula s'hauran de presentar cinc exemplars de la Memòria: un per cada membre del Tribunal i els dos altres quedaran a disposició de la Facultat, que els dipositarà a la Biblioteca i a l'arxiu.

## TALLER DE GEOMETRIA

CODI: 50004  
Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Claudi Alsina Català  
Altres professors: Jaume García Roig, Joan Jacas Moral

### Objectius del curs

Les activitats d'aquest curs estan destinades a viure, conèixer i descobrir el món de la Geometria plana i espacial, el seu context cultural, les seves aplicacions i els aspectes més creatius. Les activitats incorporaran mitjans àudio-visuals (retroprojector, vídeo), cibernètics i materials manipulatiu 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. **Poliedres:** Història dels poliedres. Poliedres. Deltàedres. Piràmides, prisma i antiprimes. Poliedres regulars. Cubilàndia. Tetràedre i octàedre. Dodecàedre. Icosàedre. Cúpules i triangles. Poliedres d'Arquimedes. Poliedres 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 haurà 10 sessions de vídeo i 10 sessions de treball amb ordinador.

### Avaluació

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

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

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

#### Referències complementàries:

- Alsina, C.; Burgués, C.; Fortuny, J.M.: *Materiales para construir la geometria*. Ed. Síntesis, Madrid, 1990.
- Alsina, C.; Pérez, R; Ruíz, 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.

#### Altres Referències

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

# TRIGONOMETRIA ESFÈRICA I MÈTODES DE CÀLCUL EN ASTRONOMIA

CODI: 50225

Càrrega docent: 7,5 crèdits

Professor coordinador: Josep Masdemont Soler

## Objectius del curs

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

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

## Programa

### 1. Trigonometria esfèrica

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

### 2. El moviment diürn

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

### 3. Moviment aparent del Sol

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

### 4. Moviments dels plans fonamentals

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

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

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

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

Òrbita de la Lluna i perturbacions. Moviment aparent i fases de la Lluna. Rotació i llibració de la Lluna. Ocultació d'astres per la Lluna. Eclipsis solars i eclipsis de Lluna. Saros.

## Coneixements previs necessaris

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

## Avaluació

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

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Martin Asin F.: *Astronomia*. Paraninfo, 1982.
- Meeus J.: *Astronomical Algorithms*. Willmann-Bell, INC, 1991.
- Seidelmann K. (ed.): *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*. University Science Books, 1992
- Smart W.M.: *Text-Book on Spherical Astronomy*. University Press, 1956.
- Torge, W.: *Geodesy*. Ed. Walter Gruyter, 1980.

### Referències complementàries:

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

