

2.1

Llicenciatura en Matemàtiques

2.1.1

Presentació i Característiques Generals

Presentació

És la titulació universitària idònia si teniu mentalitat aplicada, si sou propers als problemes suggerits per la tecnologia, capaços d'integrar-vos en equips interdisciplinaris de recerca en temes d'enginyeria. Us podreu incorporar professionalment a empreses, indústries, administracions públiques o departaments universitaris amb necessitats en el camp de les matemàtiques.

Durant la carrera rebreu una formació sòlida i àmplia, que inclou la major part dels temes importants d'avui dia pel que fa a les matemàtiques i les seves aplicacions. A les classes, el professorat posa l'accent en els temes de més tradició en les aplicacions, sense oblidar la formació bàsica en les qüestions fonamentals.

Us formareu en una Facultat amb un nombre reduït d'estudiants, la qual cosa permet un tracte personalitzat en un ambient gens massificat.

Característiques Generals

Tipus de títol

Títol oficial de Llicenciat/da en matemàtiques establert pel R.D. 1.416/1990, de 26 d'octubre i homologat pel Consell de Universitats (publicat al BOE del 20 de maig de 1993)

Durada i càrrega lectiva

Cinc anys, 300 crèdits entre teòrics i pràctics. Un crèdit equival a 10 hores.

Horari

Matí

Organització del estudis

Els estudis s'organitzen en cinc cursos, cadascun dividits en dos quadrimestres de quinze setmanes. Les assignatures són quadrimestrals i de 7,5 crèdits, de les quals s'ha de cursar troncal i obligatòries, 75 crèdits d'optatives i obtenir 30 crèdits de lliure elecció.

Fase selectiva

La fase selectiva és de dos quadrimestres i s'ha de preparar especialment Càlcul i Àlgebra Lineal.

2.1.2

Pla d'Estudis

Pla d'estudis

1r Curs - Fase selectiva

| | | | |
|---------------|----------|-----------------------|----------------|
| INFORMÀTICA 1 | CÀLCUL 1 | ÀLGEBRA LINEAL | LLIURE ELECCIÓ |
| INFORMÀTICA 2 | CÀLCUL 2 | COMPUTACIÓ ALGEBRAICA | FÍSICA GENERAL |

2n Curs

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

3r Curs

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

4t Curs

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

5è Curs

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

S'han de superar 75 crèdits optatius i 30 crèdits de lliure elecció. L'FME reconeix l'excés de crèdits optatius superats com a crèdits de lliure elecció superats.

La Facultat, en la mida de les seves possibilitats i d'acord amb les normatives de la Universitat, fa una oferta anual d'assignatures optatives. Sense perjudici d'una adaptació anual de la llista d'assignatures optatives, aquesta inicialment està formada per:

Assignatures optatives

- Àlgebra Computacional
- Algorísmica
- Ampliació d'Anàlisi
- Ampliació de Geometria
- Ampliació de Models Matemàtics de la Física
- Anàlisi de Sèries Temporals i Previsió
- Anàlisi Numèrica Astrodinàmica i Mecànica Celeste
- Calculabilitat
- Combinatòria
- Criptografia
- Didàctica de la Matemàtica
- El Mètode dels Elements Finites
- Geometria Discreta i Computacional
- Història de la Matemàtica
- Lògica i Fonamentació
- Mecànica Computacional
- Mètodes Numèrics en Enginyeria
- Model Lineal General Optimització Contínua
- Optimització Contínua II
- Programació Matemàtica
- Simulació
- Teoria de Codis
- Teoria de Grafs
- Teoria de Nombres
- Teoria de Sistemes Lineals
- Teoria Matemàtica dels Mercats Financers
- Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries

Assignatures de lliure elecció

Consulteu el capítol 3 d'aquesta guia docent.

2.1.3

Programa de les assignatures

ÀLGEBRA ABSTRACTA

1.- Identificació

Codi: 10022

Tipus: Obligatòria

Curs: 4 **Quadrimestre:** 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: RIO DOVAL, ANA

Altres professors: MAURESO SÁNCHEZ, MONTSERRAT

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|----------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4 + 4 = 8 * |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 10 + 15 = 25 * |
| | Total | 189 |

(*) Hi ha dos exàmens: el parcial i el final.

3.- Objectius

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 cossos. A continuació, hi ha el tema central del curs: les equacions polinòmiques en una variable i la teoria de Galois.

4.- Continguts

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

Divisibilitat. Anells factorial, principals, euclidians. Polinomis sobre anells factorial. Polinomis simètrics. Teorema fonamental. Discriminant i resultant.

3. Extensions de cossos

Extensions finites i algebraiques. Adjunció d'elements. Teorema de l'element primitiu. Cos de descomposició. Clausura algebraica. Extensions normals. Separabilitat.

4. Teoria de Galois

Grup de Galois. Teorema fonamental de la teoria de Galois. Grup de Galois d'un polinomi. Resolvents. Càlculs explícits. 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 5. Aplicacions: construccions amb regla i compàs, els tres problemes clàssics. Constructibilitat de polígons regulars.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Treballar amb mètodes diversos per obtenir informació, parcial o total, sobre el reticle de subgrups d'un grup.
- Familiaritzar-se amb l'estructura de $K[x]$ com a anell euclidià.
- Calcular de manera eficient resultants i discriminants.
- Fer explícita la correspondència de Galois per a polinomis cúbics i quàrtics.

Capacitats prèvies necessàries

- Les adquirides en l'assignatura Computació Algebraica.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Enunciat i demostració dels resultats. Els temes comencen amb l'axiomàtica que defineix l'estructura abstracta que s'estudia i progressivament s'arriba a la demostració dels resultats fonamentals.
- **Sessions de problemes:** Atès el caràcter eminentment abstracte de l'assignatura, alguns dels problemes requereixen la guia del professor. En tot cas, es fomentarà la participació màxima dels estudiants en la resolució dels problemes proposats.

7.- Avaluació

L'avaluació ordinària consistirà en un examen parcial no alliberatori (30 %) i un examen final (70 %).

L'avaluació extraordinària constarà d'un únic examen.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Fenrick, M. H.. *Introduction to the Galois correspondence*, . Birkhäuser, 1992.
- Rotman, J.. *An introduction to the theory of groups*, 4a ed.. Springer-Verlag, 1995.
- Rotman, J.. *Galois Theory*, . Springer-Verlag, 1990.
- Stewart, I.. *Galois Theory*, 3rd ed.. Chapman and Hall, 1989.
- Xambó, S.; Delgado, F.; Fuertes, C.. *Introducción al Álgebra (2 vols)*, . Complutense, 1993.

Referències complementàries:

- Artin, E.. *Teoría de Galois*, . Vicens-Vives, 1970.
- Cohn, P.M.. *Algebra (3 vols)*, 2nd ed. John Wiley & Sons, 1989.
- Edwards, H.. *Galois Theory*, . Springer-Verlag, 1989.
- Lang, S.. *Algebra*, Revised 3rd ed.. Addison-Wesley, 1993.
- Waerden, B.L. van der. *Algebra (2 vols)*, . Springer-Verlag, 1991.

ÀLGEBRA COMPUTACIONAL

1.- Identificació

Codi: 11876

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: MONTES LOZANO, ANTONIO

Altres professors:

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|----------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4 + 4 = 8 * |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització de treballs | | 30 |
| Preparació d'exàmens | | 10 + 15 = 25 * |
| | Total | 193 |

(*) Hi ha dos exàmens: el parcial i el final

3.- Objectius

L'objectiu 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 tenir gran utilitat pràctica, no s'hagi abordat amb èxit fins als anys seixanta.

- Repassar i aprofundir els conceptes bàsics de l'àlgebra commutativa com ara els conceptes d'ideal, varietat, operacions amb aquests conceptes, parametritzacions, etc.
- Conèixer els nous mètodes introduïts per Buchberger de les bases de Gröbner.
- Comprovar el valor computacional dels nous mètodes algebraics i aprendre a fer-los servir amb ordinador.
- Centrar-se en els algorismes i mètodes computacionals de l'àlgebra computacional, com ara la solució algebraica de sistemes polinòmics, el càlcul d'interseccions d'ideals, quocients, ideal de varietat, ideal radical, etc.
- Conèixer les aplicacions més habituals dels mètodes computacionals.
- Conèixer i saber utilitzar el llenguatge de programació Maple i les biblioteques de bases de Gröbner, per resoldre problemes d'àlgebra computacional.
- Fomentar la creativitat i l'acostament a problemes de recerca en l'àrea d'àlgebra computacional.
- Exercitar l'alumne en la preparació i la presentació oral i escrita d'un treball.

4.- Continguts

1. Geometria, àlgebra i algorismes

Anells, ideals, dominis euclidians, PIDs, anells noetherians. Teorema de la base de Hilbert. UFDs i factorització única a $K[x_1, \dots, x_n]$. Varietats afins: varietat d'ideal i ideal de varietat. Correspondència ideals-varietats. Topologia de Zariski. Descomposició d'una varietat en irreductibles. Parametrització de varietats afins.

2. Bases de Gröbner

Problemes que s'han de resoldre. Notacions. Ordres monomials a $K[x_1, \dots, x_n]$. Algorisme de divisió. Ideals de monomis i lema de Dickson. Teorema de les bases de Gröbner. Propietats. Bases minimal i reduïda. Determinació: algorisme de Buchberger. Primeres aplicacions. Millores de l'algorisme. Sizígies.

3. Teoremes de l'eliminació i de l'extensió

Teorema de l'eliminació. Ideals d'eliminació. Shape lemma. Intersecció d'ideals. Quocient d'ideals. Pertinença a l'ideal radical. Descripció del teorema de l'extensió. Geometria de l'eliminació. Resultants i resultants generalitzades. Demostració del teorema de l'extensió. Aplicacions: punts singulars de corbes, envolupant d'una família de corbes.

4. Nullstellensatz i conseqüències

Nullstellensatz de Hilbert. Teorema de la clausura de Zariski. Teoremes de la implicitació polinòmica i racional. Algorismes d'implicitació. Quocient d'ideals.

5. Aplicacions

Robòtica. Demostració automàtica. Bases de Gröbner amb paràmetres.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Aprendre els principals conceptes relacionats amb els sistemes d'equacions polinòmiques i els mètodes i algorismes basats en les bases de Gröbner.
- Aprendre a resoldre sistemes d'equacions polinòmiques de forma algebraica i computacional.
- Conèixer els avantatges i els inconvenients dels mètodes algebraics vis a vis dels mètodes numèrics.
- Construir algorismes per fer operacions amb ideals (intersecció, quocient, diferència de varietats, determinació de l'ideal de varietat, etc.)
- Conèixer i saber utilitzar les llibreries de Maple de bases de Gröbner per resoldre problemes d'àlgebra computacional.
- Conèixer els recursos gràfics de Maple per representar corbes i superfícies, etc.
- Adquirir una cultura sobre aplicacions clàssiques dels mètodes computacionals com ara la robòtica, la demostració automàtica, els sistemes d'equacions polinòmiques, etc.
- Presentar un treball realitzat i presentar els resultats obtinguts en un problema concret d'àlgebra computacional.

Capacitats prèvies necessàries

- Conèixer les nocions bàsiques i els conceptes fonamentals d'un curs bàsic d'àlgebra commutativa (anells, ideals, polinomis univariats, anell quocient, dominis factorials)
- Tenir nocions bàsiques de programació i haver utilitzat alguna vegada algun programari matemàtic com Maple o Matlab.
- Saber fer problemes d'àlgebra commutativa bàsica.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** A les classes de teoria, a més de presentar i exposar els mètodes i les seves propietats, es faran exercicis i problemes.
- **Sessions de problemes:** A les sessions dedicades específicament a problemes, aquests seran exposats, en general, per un alumne al qual s'haurà assignat l'exposició, perquè s'exerciti també en l'exposició de resultats.
- **Pràctiques:** Es realitzaran unes vuit pràctiques en una sala de PCs, sobre diferents temes del curs.

Al final hi haurà una única pràctica puntuable, que consistirà en un treball que s'haurà d'entregar i presentar.

7.- Avaluació

Hi haurà un examen parcial no eliminadori de matèria i l'examen final a més de la pràctica. Els exàmens són de problemes i a la pràctica s'avaluarà el treball realitzat, les iniciatives dels alumnes, així com la presentació pública de resultats.

La nota final serà:

$$\max((\text{examen final} + \text{examen parcial})/2, \text{examen final}) * 0.8 + \text{pràctica} * 0.2$$

Per al cas de l'examen extraordinari, la nota es calcularà segons la fórmula següent:

$$\text{examen} * 0.8 + \text{pràctica} * 0.2$$

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Adams, W.; Lustanau, Ph.. *An introduction to gröbner bases*, . American Math Soc, 1994.
- Becker, Th.; Weispfenning, V.. *Gröbner bases*, . Springer, 1993.
- Cox, D.; Little, J.; O'Shea, D.. *Ideals, vareities and algorithms*, 2a ed.. Springer, 1997.
- Cox,D.; Little, J.; O'Shea, D.. *Using algebraic geometry*, 2nd ed.. Springer, 2005.
- Eisenbud, D.. *Commutative algebra, with a view towards algebraic geometry*, 2nd ed.. Springer, 1996.

Referències complementàries:

- Akritas, A.G.. *Elements of computer algebra with applications*, . John Wiley & Sons, 1989.
- Buchberger, B.; Collins, G.E.; Loos, R. (eds). *Computer algebra : symbolic and algebraic computation*, 2a ed.. Springer, 1983.
- Davenport, J.H.; Siret, Y.; Tournier, E.. *Computer algebra*, 2a ed.. Academic Press, 1993.
- Montes, A.. *Apunts d'àlgebra computacional*, . SGC1, 2006.
- Winkler, F.. *Polynomial algorithms in computer al.*, . Springer, 1996.

Enllaços:

- <http://www.symbolicnet.org/>
- <http://www.medicis.polytechnique.fr/symbolicnet/>
- <http://www.can.nl/>

ÀLGEBRA LINEAL

1.- Identificació

Codi: 10004

Tipus: Obligatòria

Curs: 1 **Quadrimestre:** 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: PLANAS VILANOVA, FRANCESC D'ASSIS

Altres professors: COMPTA CREUS, ALBERT / PLANS BERENGUER, BERNAT

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4 + 4 = 8* |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 15 + 15 = 30 |
| | Total | 194 |

Hi ha dos exàmens. El parcial i el final.

3.- Objectius

Introducció a l'àlgebra lineal estàndard en un primer curs de Llicenciatura científica o tècnica, base imprescindible per al desenvolupament posterior de coneixements. Conté l'estudi de sistemes lineals, espais vectorials, aplicacions lineals, diagonalització i forma reduïda de Jordan:

- Discussió i resolució de sistemes lineals. Manipulació de matrius.
- Introducció a la teoria d'espais vectorials de dimensió finita, aplicacions lineals i la seva classificació. Desenvolupament d'un llenguatge abstracte, probablement una novetat per a estudiants de primer curs de Llicenciatura.
- Trobar la forma reduïda de Jordan d'una matriu.

4.- Continguts

1. Estructures

Breu introducció al concepte de grups, anells i cossos.

2. Espais vectorials

Definicions. Subespais. Combinacions lineals. Bases. Teorema d'Steinitz. Dimensió. Intersecció, suma, suma directa. Complementari. Espai quocient. Producte escalar. Gram-Schmidt.

3. Polinomis

L'espai vectorial dels polinomis. Arrels. Polinomis primers. Màxim comú divisor, mínim comú múltiple. Algorisme d'Euclides. Identitat de Bezout.

4. Matrius i sistemes d'equacions

Suma, producte de matrius. Teorema de Rouché-Frobenius. Discussió i resolució de sistemes d'equacions lineals.

5. Determinants

Definició i propietats. Rang d'una matriu.

6. Aplicacions lineals

Definicions. Nucli i imatge. Matriu d'una aplicació. Aplicacions i matrius. Canvi de base. Espai dual.

7. Diagonalització

Vectors i valors propis. Polinomi característic. Subespais invariants. Teorema de Cayley-Hamilton. Primer teorema de descomposició. El teorema espectral.

8. Forma reduïda de Jordan

Matriu i base de Jordan. Classificació d'endomorfismes.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Trobar bases de subespais vectorials. Trobar intersecció i suma de subespais. Trobar complementaris. Trobar bases d'espais quocients. Bases ortonormals.
- Càlcul del màxim comú divisor i del mínim comú múltiple de polinomis. Aplicar la identitat de Bezout.
- Discussió i resolució de sistemes d'equacions lineals.
- Calcular el rang d'un conjunt de vectors usant determinants.
- Determinar el nucli, la imatge i el rang d'una aplicació lineal. La seva matriu i com canvia per canvi de base. La composició i la inversa d'aplicacions. Bases de l'espai dual.
- Discutir i trobar la forma diagonal d'una matriu. Saber aplicar resultats més teòrics per resoldre problemes d'àlgebra lineal en general.
- Trobar la forma reduïda de Jordan i una base de Jordan.
- Cal adquirir i desenvolupar capacitats per al raonament en abstracte.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Les classes de teoria serveixen per presentar i desenvolupar el temari. Les demostracions ajuden a entendre els conceptes. Els exemples aclareixen conceptes i possibles dificultats no detectades amb anterioritat.
- **Sessions de problemes:** Es resolen problemes d'una llista prèviament donada als estudiants perquè puguin pensar i fer els exercicis abans de la classe.

7.- Avaluació

Hi ha un examen parcial no eliminatori de matèria i l'examen final. Els exàmens tenen 3 o 4 problemes (potser amb subapartats) i una pregunta de teoria. Són sense apunts ni calculadora. La nota final és:

$\max(\text{examen final}, 0,2 * \text{examen parcial} + 0,8 * \text{examen final})$.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Castellet, C.; Llerena, I.. *Àlgebra lineal i geometria*, 4a ed.. UAB, 2000.
- Puerta, F.. *Àlgebra lineal*, . Edicions UPC, 2005.

ALGORÍSMICA

1.- Identificació

Codi: 11875

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: DIAZ CORT, JOSE

Altres professors: PEREZ GIMENEZ, XAVIER

Idioma: Catala (Angles)

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2,5 | 33 |
| Problemes i/o pràctiques | 1,5 | 19 |
| Realització d'exàmens | | |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 0 | 0 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització de treballs | 0 | 0 |
| Preparació d'exàmens | 0 | 0 |
| | Total | 39 |

3.- Objectius

Donar les eines bàsiques per al disseny i l'anàlisi d'algorismes seqüencials:

- Donar les eines combinatòries necessàries.
- Resolució de recurrències.
- Algorismes per a grafs.
- Programació dinàmica.
- Cerca i classificació.
- Complexitat i intractabilitat.

4.- Continguts

1. Fonaments matemàtics

Binomials, sumatoris, probabilitat, recurrències, complexitat d'algorismes.

2. Algorismes voraços

Arbre d'extensió minimal, motxilla 0-1, planificació de tasques amb un processador. Codis de Huffman.s de Huffman

3. Algorismes sobre grafs

Algorismes BFS, DFS

4. Programació dinàmica

Multiplicació de matrius, LCS, motxilla fraccional, PD sobre arbres, el problema del viatjant.

5. Cerca i classificació

Quicksort, quicksort aleatori, quick-select, fites inferiors a l'ordenació per comparació. RADIX. Taules de dispersió i aplicacions.

6. Introducció als algorismes aleatoritzats

Conceptes bàsics de la teoria de la probabilitat. Bit lles i contenidors. Algorisme Max-Cut.

7. Programació lineal

Dualitat. Introducció al mètode dels punts interiors.

8. Complexitat

Tractabilitat i intractabilitat, les classes P, NP i NP-completa.

9. Complexitat aritmètica

Aritmètica modular, mcd, potències d'un element, algorisme de primalitat (Solovay-Rabin), el sistema RSA de criptografia.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Coneixements bàsics d'algorismica

Capacitats prèvies necessàries

- Combinatòria, anàlisi, programació.

6.- Metodologia

Classes magistrals i classes de problemes

- **Sessions de teoria:** 2.5 hores per setmana
- **Sessions de problemes:** 1.5 hores per setmana
- **Pràctiques:** No

7.- Avaluació

Entrega problemes setmanals (35% de la nota)

Examen final (65% de la nota)

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Ferri, F.; Albert, J.; Martin, G.. *Introducció a l'anàlisi i disseny d'algorismes*, . Universitat de València, 1998.
- Cormen, T.. *Introduction to algorithms*, 2a ed.. MIT Press, 2001.
- Sedgewick, R.; Flajolet, P.. *An introduction to Analysis of Algorithms*, . Addison-Wesley, 1996.

Referències complementàries:

- Sedgewick, R.. *Algorithms in C++*, 3a ed.. Addison-Wesley, 1998.
- Graham, R.; Knuth, D.; Patashnik, O.. *Concrete Mathematics*, 2a ed.. Addison-Wesley, 1994.
- Mitzenmacher, M.; Upfal, E.. *Probability and computing: randomized algorithms and probabilistic analysis*, . Cambridge, 2005.

Enllaços:

- <http://www.lsi.upc.es/~diaz/algoritmica>

AMPLIACIÓ D'ANÀLISI

1.- Identificació

Codi: 11865

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: CABRE VILAGUT, XAVIER

Altres professors:

Idioma: Català o castellà

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2.5 | 32.5 |
| Problemes i/o pràctiques | 2.5 | 32.5 |
| Realització d'exàmens | | 4 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2.5 | 32.5 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2.5 | 32.5 |
| Realització de treballs | | 30 |
| Preparació d'exàmens | | 10 |
| | Total | 174 |

3.- Objectius

El curs tracta sobre les equacions en derivades parcials (EDP) de Laplace i de Poisson i de la transmissió de la calor i les seves relacions amb la teoria de probabilitats, l'anàlisi de Fourier, l'anàlisi funcional i el càlcul de variacions. Es presenten les nocions bàsiques de les funcions harmòniques i calòriques i les seves relacions amb camins aleatoris, propagació d'errors, distribucions gaussianes i el teorema central del límit. S'estudia la teoria bàsica de les sèries de Fourier i el seu ús en l'estudi de les equacions de la calor i d'ones. Es fa una introducció a l'anàlisi de funcionals convexos i al càlcul de variacions.

4.- Continguts

1. Funcions harmòniques i calòriques

Repàs de les propietats bàsiques de l'operador de Laplace i de l'equació de la calor. Relació bàsica entre les funcions harmòniques i les calòriques amb la probabilitat d'escapar d'un domini, els camins aleatoris i la propagació d'errors. Relació amb les distribucions gaussianes i el teorema central del límit. Repàs del teorema de Riesz-Fréchet en anàlisi funcional i de la teoria espectral dels operadors compactes i simètrics (relació amb les sèries de Fourier i els problemes d'Sturm-Liouville).

2. Anàlisi de Fourier

Sèries de Fourier per a funcions de quadrat integrable. Nocions d'espais de Banach: espais L^p i C^k . Relació entre les sèries de Fourier i les propietats de regularitat (per exemple, C^k) de les funcions. Motivació i ús de l'anàlisi de Fourier en l'estudi de les equacions de la transmissió de la calor i d'ones.

3. Anàlisi convexa i càlcul de variacions

Definició i propietats bàsiques de les funcions i funcionals convexos. Transformada de Legendre. Introducció al càlcul de variacions: primera i segona variació d'un funcional, minimització de funcionals convexos, multiplicadors de Lagrange. Exemples i aplicacions a la mecànica clàssica (sistemes hamiltonians) i a l'equació del potencial (Lagrange-Poisson).

4. Aplicació: una EDP no lineal de reacció-difusió

Presentació d'un problema concret: una equació en derivades parcials el·líptica no lineal modelitzant un procés de reacció-difusió. Repàs del teorema de la funció implícita. Ús d'aquest teorema i de les tècniques d'anàlisi funcional i del càlcul de variacions per analitzar i resoldre el problema de contorn de reacció-difusió.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Comprendre les relacions entre la teoria de funcions harmòniques, els camins aleatoris, el teorema central del límit en probabilitats, les distribucions gaussianes i l'equació de la calor.
- Comprendre i usar la teoria bàsica de sèries de Fourier i la seva relació amb les equacions de la calor i d'ones.
- Comprendre les nocions bàsiques de l'anàlisi convexa i del càlcul de variacions.

- Comprendre la relació entre el càlcul de variacions, la mecànica clàssica (sistemes hamiltonians) i l'equació del potencial (Laplace-Poisson).
- Comprendre les tècniques estudiades al curs i d'altres de la llicenciatura, com els teoremes d'existència (contracció, funció implícita, Riesz-Fréchet...) i els espais de Banach i de Hilbert, en ser aplicades a un problema concret: una EDP modelitzant un problema de reacció-difusió.

Capacitats prèvies necessàries

- Anàlisi real.
- Equacions diferencials (EDO i EDP).
- Topologia.

6.- Metodologia

Important coordinació entre les classes de teoria i de problemes.

- **Sessions de teoria:** Classes de teoria amb l'exposició de conceptes nous i repàs d'altres ja estudiats en assignatures prèvies. Es farà èmfasi a explicar la relació entre conceptes i objectes aparentment diferents per a l'estudiant.
- **Sessions de problemes:** Resolució de problemes d'una col·lecció proposada prèviament a l'alumne. Resolució d'alguns problemes pels alumnes.
- **Pràctiques:** Els alumnes presentaran treballs sobre temes de la teoria de l'assignatura, ampliacions o aplicacions seves. Aquests treballs es podran fer en grups de dos alumnes.

7.- Avaluació

Els alumnes poden optar per fer un treball final enlloc d'un examen. El treball presentat i la seva exposició a classe (o l'examen opcional) suposen el 60 % de la nota final.

El 40 % restant s'avalua a partir de les entregues i exposicions de problemes realitzades durant el curs.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Salsa, S.. *Equazioni a derivati parziali*, . Springer-Verlag, 2004.
- Evans, L.C.. *Partial differential equations*, . American Mathematical Society, 1998.
- Brezis, H. . *Análisis funcional* . Alianza Universidad Textos, 1984.
- Gasquet, C.; Witomski, P.. *Fourier analysis and applications*, . Springer-Verlag, 1999.

AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA

1.- Identificació

Codi: 11284

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (3,75 crèdits teòrics + 3,75 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: ALBERICH CARRAMIÑANA, MARIA

Altres professors: BARJA YAÑEZ, MIGUEL ANGEL

Idioma: catala

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 |
| Problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització d'exàmens | | 4 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 1 | 13 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització de treballs | 1 | 13 |
| Preparació d'exàmens | | 20 |
| | Total | 154 |

La docència presencial consta cada setmana de dues hores de teoria i dues de problemes, més una cinquena hora, que no s'imparteix cada setmana, dedicada a dubtes de teoria i la preparació dels treballs d'avaluació continuada i de final de curs.

3.- Objectius

Introducció a la geometria algebraica mitjançant l'estudi d'aspectes locals, projectius i intrínsecs de les corbes planes projectives sobre el cos complex (superfícies de Riemann sobre el cos real).

4.- Continguts

1. Generalitats sobre corbes algebraiques planes

Conjunts algebraics afins. Teorema dels zeros (*Nullstellensatz*) de Hilbert. Corbes afins i projectives. Components irreductibles. Punts simples i múltiples. Multiplicitat i con tangent en un punt.

2. Branques d'una corba en un punt

Sèries de potències fraccionàries. Teorema de Puiseux, sèries de Puiseux i factorització de l'equació. Parametrització de branques. Multiplicitat d'intersecció.

3. Interseccions de corbes planes

Resultant de dos polinomis en dues variables. Multiplicitat d'intersecció en termes de la resultant.

Teorema de Bézout per a la intersecció de corbes planes. Caracterització axiomàtica de la multiplicitat d'intersecció. Primera i segona fórmules de Plücker.

4. Transformacions de Cremona

Sistemes lineals de corbes planes. Transformacions racionals i biracionals. Transformació d'una corba plana en una altra amb singularitats ordinàries.

5. Teorema AF+BG de Noether

Condicions locals i globals de Noether. Condicions suficients per a les condicions locals de Noether. Aplicacions: llei de grup sobre una cúbica plana no singular.

6. Divisors i sèries lineals

Superfície de Riemann d'una corba irreductible. Divisors, divisors principals, equivalència lineal, grau. Sèries lineals, estructura projectiva, dimensió. Sèries lineals completes. Complexa dels residus d'una sèrie lineal completa.

7. Teorema de Riemann-Roch

Corbes adjuntes a una corba amb singularitats ordinàries. Teorema de la resta de Noether. Desigualtat de Riemann i gènere d'una corba. Fórmula del gènere. Diferencials sobre una corba. Divisor d'una diferencial, sèrie canònica. Índex d'especialitat d'un divisor.

Teorema de Riemann-Roch i aplicacions: connexió i immersió canònica de la superfície de Riemann d'una corba irreductible; identificació de les corbes hiperel·líptiques i de les de gèneres baixos.

8. Fórmula de Riemann-Hurwitz

Transformacions racionals entre corbes: fibra, grau i ramificació. Fórmula de Riemann-Hurwitz. Interpretació topològica del gènere. Aplicacions: corbes hiperel·líptiques.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Estudi qualitatiu de sistemes d'equacions algebraiques: identificació de components irreductibles, punts singulars i llisos, cons tangents, punts de l'infinit, grau.
- Estudi local de corbes: parametrització de branques, càlcul de multiplicitat d'intersecció de corbes en un punt.
- Estudi projectiu (global) de corbes: càlcul dels punts d'intersecció de dues corbes, dessingularització de corbes mitjançant transformacions de Cremona.
- Estudi de la geometria intrínseca (propietats invariants per transformacions biracionals) d'una corba: aplicacions del teorema de Riemann-Roch.

Capacitats prèvies necessàries

- Àlgebra: conceptes d'anell commutatiu, ideal, i factorització en primers.
- Anàlisi complexa: coneixement de l'estructura local de les funcions holomorfes en una variable (desenvolupament en sèrie de potències, teorema de la funció inversa holomorfa, equacions de Cauchy-Riemann, principi del màxim).
- Topologia: conceptes de *connexió* i *arc-connexió*, classificació de les superfícies compactes connexes, homologia simplicial i singular.

6.- Metodologia

L'enfocament del curs és decididament geomètric. Es treballarà dintre de les possibilitats, amb objectes concrets i mantenint el nivell d'abstracció dins dels límits adequats per a un primer curs de geometria algebraica.

- **Sessions de teoria:** Es presenten els conceptes i resultats descrits al temari, acompanyats d'exemples i de les demostracions.
- **Sessions de problemes:** Es proposa una llista de problemes que són assignats als estudiants. Aquests han de resoldre'ls pel seu compte i després exposar-los a la pissarra per a la classe. Es recomana que, a més dels problemes que tingui assignats, cada estudiant en faci d'addicionals.
- **Pràctiques:** Els alumnes que optin per no fer examen hauran de presentar treballs d'avaluació continuada (màxim sis), que han de tractar sobre temes de la teoria de l'assignatura, ampliacions o les seves aplicacions. El treball final s'ha d'exposar a la pissarra per a la classe.

7.- Avaluació

Els alumnes poden optar per l'avaluació mitjançant un examen final o mitjançant avaluació continuada.

La nota d'avaluació continuada es basarà en un 20 % en la resolució de problemes a la pissarra a la classe de problemes.

La resta de la nota d'avaluació continuada s'obtindrà a partir dels treballs que es proposaran per a aquesta finalitat durant el curs (segons es descriu a la secció de la metodologia docent). Aquests treballs tindran un fort component de treball personal en documentació bibliogràfica. A cada proposta de treball, s'exposaran clarament els requeriments mínims que ha de complir l'alumne i que li permetran aprovar l'assignatura, i es plantejarà, si s'escau, treball complementari per a l'alumne que vulgui aprofundir en el tema de treball.

El treball final s'ha d'entregar per escrit i se n'ha d'exposar un resum a la pissarra per a la classe. En aquesta exposició l'alumne haurà de plantejar el problema, exposar els resultats i anotar les idees que intervenen en la resolució.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Fulton, W.. *Curvas algebraicas*, . Reverté, 1971.
- Walker, R.J.. *Algebraic curves*, . Princeton University Press, 1950.
- Kirwan, F.. *Complex algebraic curves*, . LMS, 1992.
- Seidemberg, A.. *Elements of the theory of algebraic curves*, . Addison-Wesley, 1968.
- Casas Alvero, Eduardo. *Singularities of plane curves*, . Cambridge University Press, 2004.

Referències complementàries:

- Reid, M.. *Undergraduate commutative algebra*, . Cambridge University Press, 1995.
- Wall, C.T.C. *Singular points of plane curves*, . Cambridge University Press, 2004.
- Coolidge, R.J.. *A treatise on algebraic plane curves*, . Dover Publications, 1959.
- Brieskorn, E.; Knörrer, H.. *Plane algebraic curves*, . Birkhäuser, 1986.
- Gunning, R.C.; Rossi, H.. *Analytic functions of several complex variables*, . Prentice-Hall, 1965.

Enllaços:

- <http://www-ma1.upc.es/~amoros/ampgeometria.html>

AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA// GEOMETRIA DELS SISTEMES DINÀMICS

1.- Identificació

Codi: 12804

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (5,25 crèdits teòrics + 2,25 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: MUÑOZ LECANDA, MIGUEL CARLOS

Altres professors: ROMAN ROY, NARCISO

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3,5 | 45,5 |
| Problemes i/o pràctiques | 1,5 | 19,5 |
| Realització d'exàmens | | 5 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 10 |
| | Total | 171 |

El temari proposat i el mètode d'avaluació són orientatius i podran variar en funció de les preferències dels estudiants matriculats.

3.- Objectius

Prenent com a base els cursos previs de física, càlcul i geometria rebuts pels estudiants, es fa un estudi detallat dels diferents formalismes de la mecànica clàssica. Aquest estudi es fa des d'una perspectiva geomètrica, independent de les coordenades, atès que l'espai de configuracions d'un sistema mecànic és, de manera natural, una varietat diferenciable.

El nucli del curs és, doncs, l'estudi geomètric dels formalismes lagrangiana i hamiltoniana de la mecànica. Aquest es completa amb diversos complements matemàtics, principalment de geometria diferencial, i amb la revisió d'algun altre tema de física com ara l'espai-temps galileà o la relativitat especial.

A més de la presentació axiomàtica dels temes, la resolució de problemes constitueix una part essencial del curs, amb la qual es pretén consolidar els conceptes estudiats.

Més detalladament, els objectius són:

- Comprendre les formulacions lagrangiana i hamiltoniana de la mecànica i poder aplicar-les a la resolució de problemes mecànics.
- Conèixer les estructures geomètriques utilitzades en els formalismes lagrangiana i hamiltoniana.
- Conèixer alguns conceptes bàsics de la geometria riemanniana.
- Conèixer la descripció riemanniana de la mecànica de Newton.

4.- Continguts

1. Mecànica newtoniana

Principis bàsics i estructura de l'espai-temps galileà.

Cinemàtica i dinàmica.

Constants del moviment.

El problema dels dos cossos amb una força central.

2. Connexions. Varietats riemannianes

Connexions en una varietat diferenciable.

Derivació covariant.

Torsió i curvatura d'una connexió.

Derivació covariant al llarg d'un camí.

Varietats pseudoriemannianes.

La connexió de Levi-Civita.

3. Mecànica en una varietat riemanniana

Equació de Newton.

Forces conservatives.

Sistemes amb lligams. Principi de D'Alembert.

Equacions de Lagrange.

4. Fibrats vectorials. Estructures canòniques dels fibrats tangent i cotangent.

Espais fibrats i espais fibrats vectorials.

El fibrat tangent.

Vectors tangents verticals. La derivada al llarg de la fibra.

L'endomorfisme vertical i la involució canònica de $T(TM)$.

Equacions diferencials de segon ordre.

Les formes canòniques del fibrat cotangent.

Aixecament de camps vectorials als fibrats tangent i cotangent.

5. Càlcul variacional

Equació d'Euler-Lagrange.
Exemples i aplicacions.
Generalitzacions. Problemes d'ordre superior o amb diverses variables independents.

6. Mecànica lagrangiana

Equació d'Euler-Lagrange.
Lagrangianes regulars.
Constants del moviment. Teorema de Noether.
Lagrangianes mecàniques i generalitzacions.
Lagrangianes singulars.

7. Varietats simplèctiques

Varietats simplèctiques. Teorema de Darboux.
Camps vectorials hamiltonians i localment hamiltonians.
Parèntesi de Poisson.
Simplectomorfismes i transformacions canòniques.

8. Mecànica hamiltoniana

Sistemes dinàmics hamiltonians.
Simetries. Teorema de Noether.
Formulació hamiltoniana de la mecànica lagrangiana.
Sistemes completament integrables. Teorema de Liouville.

9. El sòlid rígid.

Velocitat angular.
El tensor d'inèrcia.
Equacions d'Euler.

5.- Capacitats

Capacitats prèvies necessàries

- A més de les assignatures bàsiques de primer i segon curs, cal un coneixement ampli de les assignatures d'Equacions Diferencials 1, Models Matemàtics de la Física i, especialment, Geometria Diferencial 2.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** S'hi introdueixen els conceptes i resultats fonamentals de l'assignatura, acompanyats d'alguns exemples.
- **Sessions de problemes:** La realització dels problemes és una de les principals tasques dels estudiants.

A classe es farà algun problema que presenti alguna dificultat especial.

7.- Avaluació

La nota provindrà del resultat d'un examen final de l'assignatura, dels problemes corregits al llarg del curs i de l'exposició d'un tema de l'assignatura o de la realització d'un treball.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Arnold, V.I.. *Mathematical methods of classical mechanics*, 2a ed.. Springer-Verlag, 1989.
- José, J.V.; Saletan, E.J.. *Classical dynamics: a contemporary approach*, . Cambridge Univ. Press, 1999.
- Scheck, F.. *Mechanics: from Newton's laws to deterministic chaos*, 4th ed.. Springer-Verlag, 1994.
- Girbau, J.. *Geometria diferencial i relativitat*, . Pubs. UAB, 1993.

Referències complementàries:

- Abraham, R.; Marsden, J.E.. *Foundations of mechanics*, 2a ed.. Addison-Wesley, 1978.
- Libermann, P.; Marle, C.M.. *Symplectic geometry and analytical mechanics*, . D. Reidel, 1987.
- Marsden, J.E.; Ratiu, T.S.. *Introduction to mechanics and symmetry*, 2a ed.. Springer-Verlag, 1995.
- Woodhouse, N.M.J.. *Introducción a la mecánica analítica*, . Alianza Ed., 1990.

ANÀLISI COMPLEXA

1.- Identificació

Codi: 10023

Tipus: Obligatòria

Curs: 4 **Quadrimestre:** 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: SOLÀ-MORALES RUBIÓ, JUAN DE LA CRUZ DE

Altres professors: COMPTA CREUS, ALBERT / VILLANUEVA CASTELLTORT, JORDI

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 6,6 (*) |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 52 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 50 (*) |
| | Total | 199,5 |

(*) Hi ha dos exàmens: el parcial i el final.

3.- Objectius

Conèixer les nocions bàsiques de les funcions analítiques d'una variable complexa: condicions de Cauchy-Riemann, sèries de potències i funcions elementals.

Conèixer les propietats de les funcions holomorfes que es dedueixen de la fórmula de Cauchy local.

Conèixer la teoria homològica dels residus i les seves aplicacions.

Conèixer algunes de les aplicacions a la representació de camps de vectors en el pla, especialment en mecànica de fluids.

4.- Continguts

1. Funcions holomorfes.

Funcions de variable complexa. Derivació. Condiions de Cauchy-Riemann. Sèries de potències. Funcions transcendents elementals.

2. Teoria local de Cauchy.

Integral de línia. Teorema de Cauchy local. Fórmula integral de Cauchy. Zeros de funcions analítiques, propietat de la mitjana i altres conseqüències.

3. Teoria global de Cauchy.

Índex d'una corba respecte a un punt. Homologia. Teorema de Cauchy global. Sèries de Laurent. Residus. Càlcul d'integrals. Sumació de sèries. Principi de l'argument. Teorema de Rouché.

4. Aplicació conforme.

Transformacions conformes. Teorema de Riemann (enunciat). Principi de reflexió d'Schwarz. Funcions harmòniques. Problema de Dirichlet.

5. Representació de camps.

Fluxos de fluids ideals. Camps electromagnètics. Distribucions de temperatura en equilibri.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Habilitat de càlcul en el camp complex.
- Reconèixer les versions complexes dels problemes de la teoria de funcions reals.
- Aplicar les tècniques dels cursos, especialment al càlcul d'integrals definides.
- Conèixer les relacions amb la mecànica de fluids, la termologia i l'electromagnetisme.

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixement de càlcul infinitesimal i integral en una i diverses variables reals.
- Coneixement de les sèries de funcions reals i de les nocions de convergència.
- Coneixements de topologia general.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Classes de teoria, amb exemples i alguns exercicis.
- **Sessions de problemes:** Classes de resolució de problemes sobre una llista d'enunciats proposats prèviament. Possibilitat que els estudiants facin exposicions de problemes resolts.

7.- Avaluació

Hi haurà un examen parcial no eliminatori, un examen final i una nota de classe.
La nota final, NF, es calcularà amb les formules

$$NE = \max(EF, 0,3*EP + 0,7*EF)$$
$$NF = \max(NE, 0,9*NE + 0,1*NC)$$

On:

EF és la nota de l'examen final

EP és la nota de l'examen parcial

NE és la nota dels examens

NC és la nota de classe

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Ahlfors, L.V.. *Complex analysis*, 3a ed.. McGraw-Hill, 1979.
- Conway, J.B.. *Functions of one complex variable*, 2a ed.. Springer-Verlag, 1978.
- Churchill, R.V.; Brown, J.W.. *Variable compleja y aplicaciones*, 7a ed.. McGraw-Hill, 2005.
- Marsden, J.E.; Hoffman, M.J.. *Basic complex analysis*, 3a ed.. W.H. Freeman, 1999.
- Rudin, W.. *Análisis real y complejo*, 3a ed.. McGraw-Hill, 1987.

Referències complementàries:

- Boas, R.P.. *Invitation to complex analysis*, . Random House, 1987.
- Lavréntiev, M.A.; Shabat, B.V.. *Métodos de la teoría de las funciones de una variable compleja*, . Mir, 1991.
- Markushevich, A.I.. *Theory of functions of a complex variable*, 2a ed.. Chelsea Pub. Co., 1977.
- Needham, T.. *Visual complex analysis*, . Clarendon Press, 1997.
- Spiegel, M.. *Variable compleja*, . McGraw-Hill, 1994.

ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ

1.- Identificació

Codi: 12811

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: MARTÍ RECOBER, MANUEL

Altres professors: MUÑOZ GRACIA, M. PILAR / SÁNCHEZ ESPIGARES, JOSEP ANTON

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|----------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 (a) |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 3+ 4=7 (b) |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització de treballs | | 6+6+9+25=46(c) |
| Preparació d'exàmens | | 8+16=24 (d) |
| | Total | 220 |

(a) Es faran sessions específiques per als estudiants de la Llicenciatura de Matemàtiques que no tinguin coneixements previs en series temporals.

(b) 3 hores per a l'examen parcial i 4 per a l'examen final

(c) realització de 3 pràctiques i modelització d'una sèrie real

(d) 8h. preparació examen parcial i 16h. examen final

3.- Objectius

L'objectiu del curs és que l'estudiant aprofundeixi en la sistemàtica i l'anàlisi de sèries temporals reals univariants i multivariants. Ha d'adquirir els fonaments teòrics i la metodologia per a la realització de previsions, quan es disposa de variables aleatòries que no són independents entre si.

- Conèixer les tècniques i els algorismes necessaris per a la identificació automàtica del model així com per a la detecció automàtica de dades atípiques
- L'estudiant ha de conèixer la formulació d'espai d'estat en models markovians i la seva utilització per al filtrat i l'allisat.
- Amés a més, ha de conèixer el filtre de Kalman de Kalman i el seu ús per a l'estimació de paràmetres.
- Adquirir els coneixements per analitzar i modelitzar sèries temporals multivariants mitjançant la regressió dinàmica (funció de transferència)
- Iniciar-se en els models amb heterocedasticitat condicional aplicats a sèries econòmiques, financeres, En particular aquells que estimen la volatilitat (ARCH, GARCH, ...)

4.- Continguts

1. Previsió de models ARIMA

2. Detecció automàtica de dades atípiques

Tipus de dades atípiques. Tractament d'observacions mancants. Estimació dels efectes dels dies laborables i pasqua.

3. Models d'espai d'estat

El filtre de Kalman. Representació en espai d'estat dels models ARMA i ARIMA. Algorismes d'estimació.

4. Identificació automàtica

Funció d'autocorrelació inversa. Tractament de la variabilitat no constant. Estimació d'arrels en el cercle unitat. Algorisme de Hannan i Rissanem.

5. Regressió dinàmica

Funció de transferència. Introducció als processos multivariants.

6. Models amb heterocedasticitat condicional

Característiques estadístiques: Asimetria i Curtosi. Models ARCH i GARCH. Propietats. Identificació i verificació d'aquests models

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Conèixer i utilitzar els models univariants i multivariants per a sèries temporals.
- Davant d'una sèrie temporal real, ser capaç de decidir quin tipus de model és més adequat.
- Utilització i programació d'algorismes d'estimació i previsió utilitzant R.
- Presentar els resultats de l'anàlisi d'un cas real

Capacitats prèvies necessàries

- Habilitats bàsiques en estadística matemàtica: distribucions condicionals, moments d'aquestes distribucions (esperança i variància condicional).
- Coneixements sobre les distribucions de probabilitat multivariants, moments d'aquestes distribucions.
- Utilitzar paquets estadístics generalistes: Minitab, R i SAS.

6.- Metodologia

Sessions de teoria i laboratori presencials

Treball no presencial de resolució d'exercicis i casos pràctics

- **Sessions de teoria:** Son sessions de 2h. on es presenten i discuteixen els continguts de l'assignatura amb l'ajut de transparències. El professor, amb l'ajut de l'ordinador, mostra exemples pràctics de resolució de problemes de series temporals (tots els fitxers usats pel professor son públics a la xarxa de la FME). Per tal d'ajudar al seguiment de l'assignatura per part de l'estudiant, aproximadament cada 4 o 5 sessions de teoria es dediquen 30 minuts a la realització d'un test sobre la part del temari vista recentment, que es corregeix a classe. Els estudiants disposen a l'inici del curs dels apunts de l'assignatura.
- **Sessions de problemes:** Son sessions de 2h. setmanals de laboratori, en les quals els estudiants treballen per parelles, amb l'ajut del professor, seguint el guió previament distribuït, sobre problemes i/o casos pràctics.

Es faran sessions específiques per als estudiants de la Llicenciatura de Matemàtiques que no tinguin coneixements previs en series temporals.

- **Pràctiques:** Hi ha tres pràctiques, a realitzar en parelles, consistentes cadascuna en la resolució de casos que s'han tractat parcialment a les sessions de laboratori. Cada pràctica es realitzarà fora de l'horari lectiu i puntuarà per a la nota final. La presentació dels informes de les pràctiques es realitzarà dins dels terminis de dues setmanes després de fer-se públic el guió.

7.- Avaluació

Lliurament d'exercicis resolts per part dels estudiants i de respostes a qüestionaris durant les sessions al laboratori. Informes sobre sèries reals. Exàmens parcials i finals.

La nota final de l'assignatura (N) s'obté a partir de la nota de l'examen parcial (Np), de les pràctiques presentades a les sessions de laboratori (NI), de la modelització d'un cas real (Nmr) i de l'examen final (Nf), d'acord amb l'expressió : $N=0,2*Np+0,1*NI+0,2*Nmr+0,5*Nf$

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Brockwell, P.J.; Davis, R.A.. *Time series: theory and methods*, 2a ed.. Springer-Verlag, 1991.
- Durbin, J.; Koopman, S.. *Time series analysis based on state space modelling for Gaussian and non-Gaussian*, . Oxford University Press, 1996.
- Pankratz, A.. *Forecasting with dynamic regression models*, . John Wiley, 1991.
- Shumway, R. H.; Stoffer, D. S.. *Time series analysis and its application*, . Springer-Verlag, 2000.
- Tsay, R.. *Analysis of financial time series*, 2a ed.. John Wiley, 2005.

Referències complementàries:

- Franses, P.H.; Dijk, D., van. *Nonlinear time series models in empirical finance*, . Cambridge University Press, 2000.
- Harvey, A.; Proietti, T.. *Readings in unobserved components*, . Oxford University Press, 2005.
- Peña, D.; Tiao, C.G.; Tsay, R. . *A course in time series analysis*, . John Wiley, 2001.
- Shephard, N.. *Stochastic volatility selected reading*, . Oxford University Press, 2005.
- Taylor, S. J.. *Asset price dynamics, volatility, and prediction*, . Princeton University Pre, 2005.

ANÀLISI FUNCIONAL

1.- Identificació

Codi: 10026

Tipus: Obligatòria

Curs: 4 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: HARO CASES, JAIME

Altres professors: MANDE NIETO, JOSE VICENTE / PLANAS VILANOVA, FRANCESC D'ASSIS

Idioma: CATALÀ

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | 3+4 | 7 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | 15+35 | 50 |
| | Total | 200 |

3.- Objectius

En aquesta assignatura es donen els resultats bàsics de l'anàlisi funcional lineal i se n'introdueixen algunes aplicacions. L'anàlisi funcional és la part de la matemàtica que estudia els espais vectorials topològics (principalment, els espais de funcions) i les aplicacions lineals contínues (operadors) entre ells. A causa de la seva importància en les aplicacions, l'atenció del curs se centra en els espais de Banach i de Hilbert i en els operadors compactes. Pel que fa a les aplicacions, s'estudien alguns espais de funcions importants, operadors diferencials i integrals i algunes qüestions referents a la teoria del senyal.

4.- Continguts

1. Espais normats

Propietats. Espais de Banach. Exemples. Operadors lineals.

2. Espais de Hilbert

Producte escalar. Teorema de la projecció. Dualitat. Bases ortonormals.

3. Dualitat

Teorema de Hahn-Banach. Duals. Adjunts.

4. Operadors compactes

Propietats. Espectre. Alternativa de Fredholm. Operadors compactes autoadjunts. Operadors compactes no lineals.

5. Aplicacions

Espais de Sobolev. Aplicacions a les equacions en derivades parcials. Problemes de contorn. Funcions pròpies i descomposició espectral.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Comprendre i usar la teoria d'espais normats.
- Comprendre i usar alguns teoremes clàssics fonamentals: Hahn-Banach, Banach-Steinhaus, aplicació oberta i gràfica tancada.
- Usar els operadors compactes, compactes autoadjunts, no lineals i de la teoria de Riesz-Frechet.
- Connectar les eines de l'anàlisi funcional amb altres matèries, com poden ser la topologia o les equacions en derivades parcials.
- Aplicacions: teoria del senyal, equacions en derivades parcials i equacions integrals.

Capacitats prèvies necessàries

- Anàlisi real.
- Topologia.
- Àlgebra.
- Algunes nocions d'equacions diferencials.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Classes de teoria amb exemples i exercicis al llarg de la matèria.
- **Sessions de problemes:** Classes de resolució de problemes d'una col·lecció d'exercicis proposats a l'alumne prèviament. Possibilitat de resolució d'alguns problemes per part dels alumnes.

7.- Avaluació

Hi haurà una qualificació final provinent d'un examen parcial (no eliminatori de matèria) i un examen final. La nota s'obtéindrà de fer el màxim entre la nota de la prova final i $0,3 \cdot$ (nota parcial) + $0,7 \cdot$ (nota final). La convocatòria extraordinària no conserva notes de proves anteriors.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Brézis, H.. *Análisis Funcional* . Alianza Editorial, 1984.
- Rudin, W.. *Functional analysis*, 2a ed.. McGraw-Hill, 1991.
- Lang, S.. *Real and Functional Analysis*, 3a ed.. Springer-Verlag, 1993.
- Hirsch, F.; Lacombe, G.. *Elements of functional analysis*, . Springer-Verlag, 1999.

ANÀLISI NUMÈRICA

1.- Identificació

Codi: 11877

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: SARRATE RAMOS, JOSE

Altres professors: SALA LARDIES, ESTHER

Idioma: Català i castellà

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 3 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 4 | 52 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | | 56 |
| Preparació d'exàmens | | 10 |
| | Total | 225 |

3.- Objectius

Introduir els fonaments de la resolució numèrica d'equacions en derivades parcials, mitjançant el 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.

4.- Continguts

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 (mètodes de Krylov). Problemes de valors propis. Introducció als mètodes integrals per EDPs.

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.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Coneixement de les tècniques bàsiques d'anàlisi per a la resolució numèrica de problemes de ciències aplicades i enginyeria descrits mitjançant equacions en derivades parcials.
- Visió general dels aspectes computacionals més importants que apareixen en la resolució numèrica de problemes descrits mitjançant equacions en derivades parcials.
- Familiarització amb la programació d'una de les tècniques més senzilles per a la simulació numèrica de problemes descrits mitjançant equacions en derivades parcials.
- Criteri per a l'anàlisi de resultats.

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixements bàsics de mètodes numèrics i d'equacions diferencials en derivades parcials.
- Coneixements bàsics de programació en llenguatges d'alt nivell.

6.- Metodologia

Totes les classes es realitzen en una aula informàtica. En elles es combinen les explicacions teòriques, la resolució de petits problemes i la resolució d'exemples pràctics amb l'ordinador.

- **Sessions de teoria:** Presentació i anàlisi dels mètodes
- **Sessions de problemes:** Desenvolupament, ampliació o aplicació a un cas acadèmic d'alguns dels aspectes presentats en les sessions teòriques
- **Pràctiques:** Implementació i anàlisi experimental dels mètodes analitzats

7.- Avaluació

La nota final estarà determinada per l'examen final i els treballs pràctics que els estudiants han de realitzar al llarg del curs.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Ames, W. F.. *Numerical methods for partial differential equations*, 3a ed.. Academic Press, 1992.
- Evans, G.; Blackledge, J.; Yardley, P.. *Numerical methods for partial differential equations*, 3a ed.. Springer-Verlag, 2000.
- Hoffman, J.D.. *Numerical methods for engineers and scientists*, 2nd ed. rev. and exp.. McGraw-Hill, 2001.
- Mitchell, A. R.; Griffiths, D.F.. *The finite difference method in partial differential equations*, . John Wiley & Sons, 1980.
- Richtmyer, R.D.; Morton, K.W.. *Difference methods for initial-value problems*, 2a ed.. Interscience Publishers, 1967.

Referències complementàries:

- Golub, G.H.; Van Loan, C.F.. *Matrix computations*, 3a ed.. John Hopkins University Press, 1996.
- Hageman, L. A.; Young, D.M.. *Applied iterative methods*, . Academic Press, 1981.
- Press, W.H., et al. . *Numerical recipes : the art of scientific computing*, . University Press, 1989.
- Stoer, J.; Bulirsch, R.. *Introduction to numerical analysis*, 3a ed.. Springer-Verlag, 1993.
- Trefethen, L.N.; Bau III, D.. *Numerical linear algebra*, . SIAM, 1997.

ANÀLISI REAL

1.- Identificació

Codi: 10017

Tipus: Obligatòria

Curs: 2 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: FRANCH BULLICH, JAIME

Altres professors: JIMENEZ URROZ, JORGE

Idioma: Català i Castellà.

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|---------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4 + 4 = 8* |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització de treballs | | 25** |
| Preparació d'exàmens | | 15 + 20 = 35* |
| | Total | 198 |

(*) Hi ha dos exàmens: el parcial i el final.

(**) Preparació de les classes de problemes.

3.- Objectius

Aquesta assignatura, complement i continuació de Càlcul 1 i Càlcul 2, introduirà i desenvoluparà idees, tècniques i teoremes bàsics de l'anàlisi real moderna, com ara: convergència i aproximació de funcions, mesura i integració, i s'aplicaran a l'estudi d'àlgebres de funcions contínues, als espais de funcions integrables i als desenvolupaments en sèrie de Fourier. Els objectius específics seran els següents:

- L'alumne ha de saber distingir entre el concepte de convergència puntual i convergència uniforme aplicat a successions i sèries de funcions. Així mateix, ha de conèixer el comportament de la convergència uniforme respecte a la continuïtat, la derivació i la integració.
- L'estudiant ha de familiaritzar-se amb l'estudi de l'àlgebra de funcions contínues, així com amb l'estudi de l'aplicació en diferents situacions dels teoremes clàssics referents a famílies de funcions en aquests espais.
- Introduir els conceptes bàsics de teoria de la mesura i integració de Lebesgue i aplicar-los per obtenir resultats de convergència de successions de funcions i el seu comportament respecte a la integral. Es farà un èmfasi especial en les aplicacions com ara les integrals dependents de paràmetres i l'estudi dels espais de Lebesgue.
- Proveir l'estudiant d'una eina bàsica de l'anàlisi com és l'anàlisi de Fourier. El marc de la integral de Lebesgue és l'adequat per introduir aquests conceptes. A més d'introduir el càlcul explícit dels coeficients de Fourier associats a una funció periòdica, es considera fonamental dominar els problemes de convergència en les sèries de Fourier. Com a aplicació, s'introduirà l'estudi de problemes de contorn resolts mitjançant anàlisi de Fourier.

4.- Continguts

1. Successions i sèries de funcions

Convergència puntual i uniforme de successions de funcions. Propietats. Sèries de funcions. Convergència. Criteris de Weierstrass, Abel i Dirichlet. Sèries de potències. Radi de convergència. Sèries de Taylor.

2. Espais de funcions contínues

L'àlgebra de funcions contínues. Teorema d'Ascoli-Arzelà. Teorema d'Stone-Weierstrass.

3. Integral de Lebesgue

Funcions mesurables. Mesures. La mesura exterior. Integral de Lebesgue. Teorema de convergència monòtona. Funcions integrables. Teorema de la convergència dominada. Integrals dependents de paràmetres. Espais L_p .

4. Sèries de Fourier trigonomètriques

Sèries de Fourier a L_2 . Coeficients de Fourier. Desigualtat de Bessel. Identitat de Parseval. Completesa dels sistemes trigonomètric i exponencial. Convergència puntual de les sèries de Fourier: teorema de Dirichlet. Convergència uniforme de les sèries de Fourier. Sèries de Fourier i derivació. Fenomen de Gibbs.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Saber distingir entre convergència puntual i uniforme en el cas d'una successió o una sèrie de funcions.
- Establir si és possible conmutar el pas al límit d'una successió de funcions amb el límit puntual, la derivabilitat o la integració.
- Familiaritzar-se amb els desenvolupaments en sèrie de potències de les funcions elementals i fer manipulacions algebraiques amb aquests desenvolupaments.
- Saber establir el domini de convergència per a una sèrie de potències.
- Discernir si una família de funcions és equicontínua o no, i deduir-ne conseqüències.
- Aplicació correcta dels teoremes d'aproximació d'Stone i Weierstrass.
- Entendre el concepte de conjunt i funció mesurables de Lebesgue i reconèixer-los en els exemples.
- Treballar els teoremes de convergència per la integral de Lebesgue i aplicar-los a problemes d'integrabilitat.
- Saber calcular una integral dependent d'un paràmetre mitjançant els resultats obtinguts a classe de teoria.
- Deducció de la sèrie de Fourier d'una funció periòdica donada i establir en quin sentit les sumes parcials d'aquesta convergeixen a la funció.

Capacitats prèvies necessàries

- Les derivades de les assignatures prèvies Càlcul 1 i 2 com ara: criteris per a convergència de successions i sèries, continuïtat i diferenciabilitat en una i diverses variables i integració de Riemann.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** A les sessions de teoria es desenvoluparan els diferents temes que configuren el programa. Aquestes sessions serviran, a més, per donar a l'estudiant una base sòlida en mètodes de raonament, il·lustrant com és necessari el rigor, l'abstracció i la intuïció.
- **Sessions de problemes:** En els exercicis i problemes que es resolguin a classe convindrà procedir amb ordre i establir clarament quin és el punt de partida, l'objectiu que es vol assolir i les eines de què disposem per fer-ho. Serà formatiu arribar a resoldre un mateix problema de maneres diferents, sobretot si les diferents solucions provenen dels estudiants.

7.- Avaluació

Hi haurà una prova parcial no eliminatòria de matèria i una prova final.

La nota final es calcularà de la manera següent:

$\text{MAX}(0,25 * \text{Parcial} + 0,75 * \text{Final}, \text{Final})$.

En el cas de haver-se de presentar a l'examen extraordinari, la seva qualificació constituirà la nota final.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Bartle, R.. *The elements of integration and Lebesgue measure*, . John Wiley, 1995.
- Batlle, C.; Fossas, E.. *Anàlisi real: apunts*, . Ahlens, S.L., 2002.
- Folland, G.B.. *Fourier analysis and its applications*, . Brooks/Cole Publ., 1992.
- Marsden, J.; Hoffmann, M.. *Análisis clásico elemental*, 2a ed.. Addison-Wesley, 1998.
- Sprecher, D.A.. *Elements of real analysis*, . Dover, 1987.

Referències complementàries:

- Bombal, F; Marín, L.R.; Vera, G.. *Problemas de análisis matemático, Vol.3*, . AC, 1987.
- Boza, S.; Franch, J.. *Problemes d'anàlisi real*, . (Publicació docent de suport electrònic), 2002.
- Dieudonné, J.. *Fundamentos de análisis moderno*, . Reverté, 1979.
- Rudin, W. *Principios de análisis matemático*, 3a ed.. Mc Graw Hill, 1980.
- Rudin, W. *Real complex analysis*, 3a ed.. Mc Graw Hill, 1987.

Enllaços:

- Es recomana visitar les pàgines web referides a anàlisi real que trobareu a:
<http://mimoza.marmara.edu.tr/~fucar/fucar/realanalysis.htm>

ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELESTE

1.- Identificació

Codi: 11878

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (3,75 crèdits teòrics + 3,75 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: MASDEMONT SOLER, JOSEP JOAQUIM

Altres professors: OLLE TORNER, MERCEDES

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2.5 | 32.5 |
| Problemes i/o pràctiques | 2.5 | 32.5 |
| Realització d'exàmens | | 4 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 1.5 | 19.5 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització de treballs | | 60 |
| Preparació d'exàmens | | 10 |
| | Total | 198 |

3.- Objectius

El curs és una introducció a la mecànica celeste i a l'astrodinàmica, en sintonia amb altres matèries afins com la teoria qualitativa d'equacions diferencials ordinàries. Es presenten les eines bàsiques que permeten estudiar els problemes fonamentals del moviment de diversos cossos. Es fa un èmfasi especial en les aplicacions, per la qual cosa s'introdueixen i analitzen temes relacionats amb l'astrodinàmica, com la determinació d'òrbites keplerianes, les transferències entre òrbites i l'estudi del moviment de satèl·lits artificials.

- Que l'alumne adquireixi coneixement sobre el moviment de partícules subjectes a l'atracció gravitatòria.
- Que l'alumne distingeixi els diferents tipus d'òrbites, enteses com a moviments naturals, que es poden tenir en diferents entorns o sota referències determinades.
- Comprendre com són les òrbites a partir dels seus elements orbitals i quin ús se'n pot fer. Aprendre les diferents definicions d'angles associats que s'usen.
- Adquirir el coneixement bàsic del model restringit de tres cossos. Punts de libració, corbes de velocitat zero, òrbites periòdiques...
- Entendre les limitacions bàsiques sobre la navegació pel sistema solar.
- Adquirir nocions de mecànica hamiltoniana amb aplicació directa a la mecànica celeste.
- Saber quines són les pertorbacions bàsiques que afecten les òrbites al voltant de la Terra i quins efectes produeixen.

4.- Continguts

1. El problema de camp central i el problema de dos cossos

Equacions del problema de dos cossos i de camps centrals en general. Anàlisi dels diferents tipus de moviment. Les anomalies mitjana, vertadera i excèntrica. L'equació de Kepler. El moviment a l'espai i els elements orbitals. Temps sideri, temps solar i temps dinàmic. Determinació d'òrbita. El problema de Lambert. Transferència entre òrbites.

2. El problema de n cossos

Formulació del problema i les equacions del moviment del problema de n cossos. Les deu integrals clàssiques. Alguns problemes sobre integrabilitat. Solucions particulars del problema de n cossos. Configuracions centrals. El teorema del col·lapse total de Sundman.

3. El problema restringit de tres cossos

Deducció de les equacions del moviment. La integral de Jacobi. Regions de Hill i corbes de velocitat zero. Determinació dels punts d'equilibri. Estudi local del flux prop dels punts d'Euler i Lagrange. Nocions de mecànica hamiltoniana. Teoremes de Hopf i de Liapunov. Famílies d'òrbites periòdiques en el problema restringit. Altres problemes restringits: el problema de Hill, el problema espacial i el problema el·líptic.

4. El moviment d'un satèl·lit artificial

El moviment el·líptic pertorbat. Equacions de Gauss i de Lagrange per als elements pertorbats. Funció pertorbadora d'un satèl·lit artificial que orbita 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 . Inclinação crítica. Altres pertorbacions: pertorbacions lunisolars, frenada atmosfèrica i pressió de radiació.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Entendre i aplicar de manera explícita els diferents canvis de coordenades que apareixen en la mecànica celeste i en l'astrodinàmica.
- Aprendre a determinar trajectòries i a calcular-ne transferències en diferents models.
- Tenir nocions sobre la mesura del temps i conèixer les definicions i relacions entre diferents mesures angulars.
- Distingir resultats realistes de resultats erronis.
- Saber fer càlculs, i en general saber treballar, en camps vectorials donats per equacions diferencials ordinàries.
- Treballar en equip per resoldre problemes complexos.
- Començar a entendre articles de revistes especialitzades sobre el tema.

Capacitats prèvies necessàries

- Tenir coneixements bàsics d'equacions diferencials ordinàries i de càlcul diferencial.
- Tenir nocions de física general.
- Tenir nocions d'àlgebra lineal, geometria i mètodes numèrics.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** A les classes de teoria es desenvoluparà el temari i s'hi inclouran exemples. També es donarà i dirigirà un treball pràctic normalment basat en algun article o llibre especialitzat.
- **Sessions de problemes:** A les sessions de problemes els estudiants treballaran i presentaran per grups els problemes de la llista i també se'ls assignarà un treball pràctic.
- **Pràctiques:** Els treballs pràctics de manera usual els faran els alumnes fora d'hores de classe. També però es dedicaran algunes hores de les classes teòriques i de problemes a presentacions, posades en comú o comentaris de dubtes en general. L'assignatura també s'intentarà complementar amb alguns coneixements d'astronomia general i esfèrica, per la qual cosa es mirarà d'organitzar una sessió en algun planetari.

7.- Avaluació

Per a l'avaluació es tindrà en compte la feina realitzada durant el curs i presentada a la classe de problemes, així com el treball realitzat en les dues pràctiques. En aquest darrer punt es valoraran les iniciatives personals i la profunditat de la memòria. La nota final serà:

$0.5 * \text{pràctiques} + 0.25 * \text{problemes} + 0.25 * (\text{examen final})$.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Danby, J.M.A.. *Fundamentals of celestial mechanics*, . Willmann-Bell, 1989.
- Battin, R.H.. *An introduction to the mathematics and methods of astrodynamics*, . American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1999.
- Pollard, H.. *Celestial mechanics*, . Math. Assoc. Am., 1976.

- Roy, A.E. . *Orbital motion*, 4th ed.. Adam Hilger Ltd, 2005.
- Szebehely, V.. *Theory of orbits : the restricted problem of three bodies*, . Accademic Press, 1967.

Referències complementàries:

- Bate, R.R.; Mueller, D.D.; White, J.E.. *Fundamentals of astrodynamics*, . Dover, 1971.
- Escobal, P.R.. *Methods of orbit determination*, . Krieger Pub Co., 1985.
- Moulton, F.R.. *An Introduction to Celestial Mechanics*, 2a ed.. Dover, 1970.
- Siegel, C.; Moser, J.. *Lectures on celestial mechanics*, . Springer Verlag, 1971.
- Stiefel, E.L.; Scheifele, G.. *Linear and regular celestial mechanics*, . Springer Verlag, 1971.

Enllaços:

- <http://www.bdl.fr/>
- <http://www.speakeasy.org/~sdupree/astrodynamics/astrodynamics.html>

CÀLCUL 1

1.- Identificació

Codi: 10002

Tipus: Obligatòria

Curs: 1 **Quadrimestre:** 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: PONS VALLES, MONTSERRAT

Altres professors: VENTURA CAPELL, ENRIC / CORS IGLESIAS, JOSEP M.

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 7 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 4 | 52 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 5 | 65 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 40 |
| | Total | 229 |

3.- Objectius

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

- En acabar el curs, els estudiants han de conèixer i entendre 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 l'ús 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.
- L'altre objectiu fonamental és que els estudiants adquireixin uns esquemes clars de raonament que els permetin avançar amb seguretat en el terreny de la deducció lògica i una intuïció que els permeti interpretar els enunciats dels teoremes més enllà del pur formalisme. Tot plegat els facilitarà el treball d'assimilar pel seu compte nous coneixements i els donarà l'obertura de mires necessària per treure profit dels coneixements adquirits.

4.- Continguts

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 de nombres reals

El concepte de successió. Successions fitades. Límit d'una successió. Successions convergents. Successions monòtones. Subsuccessions. Teorema de Bolzano-Weierstrass. Successions de Cauchy. Definició de potències i logaritmes. Límits infinits. Tècniques de càlcul de límits.

3. Sèries de nombres reals

Convergència d'una sèrie. Criteri de Cauchy. Sèries geomètriques. Criteris de convergència. Convergència absoluta. Criteris per a sèries de termes positius. Definició de les funcions trigonomètriques bàsiques.

4. Límits de funcions reals de variable real

El concepte de límit d'una funció: caracterització per successions i per entorns. Propietats. Límits laterals. Ampliacions del concepte de límit: límit infinit i límit en infinit. Infinitèsims i infinits.

5. Funcions contínues

Continuïtat d'una funció en un punt. Tipus de discontinuïtats. Funcions contínues. Propietats. Teoremes sobre funcions contínues. Definició del nombre pi. Continuïtat uniforme.

6. Funcions derivables

Derivada d'una funció en un punt. Relació continuïtat-derivabilitat. Regles de derivació. Funció derivable. Teoremes sobre funcions derivables. Regla de L'Hôpital. Derivades d'ordre superior. Aproximació local de funcions: teorema de Taylor i conseqüències.

7. Funcions integrables

Integral superior i integral inferior. Definició d'integral de Riemann. Integrabilitat d'una funció. Criteri d'integrabilitat. Integrabilitat de funcions contínues i monòtones. Propietats de la integral. Teorema fonamental del càlcul. Primitives. Regla de Barrow. Teorema del valor mitjà. Tècniques de càlcul de primitives. Integrals impròpies.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Saber demostrar propietats matemàtiques senzilles aplicant teoremes i propietats conegudes.
- Saber reproduir raonaments coneguts, en contextos diferents, com a tècnica per fer front a nous exercicis i resoldre'ls.
- Ser capaç d'identificar propietats i característiques d'una funció donada.
- Saber interrelacionar diferents conceptes i propietats.
- Saber enunciar amb precisió els teoremes i entendre i saber reproduir els raonaments que els demostren.
- Saber escriure amb correcció definicions, propietats i raonaments.
- Saber aplicar les tècniques de càlcul apreses durant el curs.

Capacitats prèvies necessàries

- Capacitat d'abstracció.
- Capacitat d'expressar-se ordenadament.

6.- Metodologia

Hi ha tres hores setmanals de classes teòriques i dues de pràctiques. Les classes pràctiques es fan amb la meitat dels estudiants, amb la finalitat de poder fer-les més participatives.

- **Sessions de teoria:** En les classes de teoria s'expliquen els conceptes principals, es posen exemples que ajudin a la comprendre'ls, es demostren els teoremes principals i es proposen petits exercicis (reproduir demostracions fetes en un altre cas similar, escriure un raonament després d'haver explicat l'esquema...) que ajudin l'estudiant a entendre la part teòrica amb més aprofundiment.
- **Sessions de problemes:** En les sessions de problemes es tracta d'aplicar les propietats i els teoremes exposats a les classes teòriques per fer càlculs, demostracions, decidir la veracitat o no d'una afirmació, etc. Es parteix orientativament d'una llista proposada d'exercicis, i a cada sessió s'indica a l'estudiant quins exercicis es tractaran a la propera sessió, amb la finalitat que els pensin a priori i així la seva participació i aprenentatge en el moment de fer-los a classe siguin més grans.

7.- Avaluació

Hi ha un examen parcial, no eliminatori de matèria, a mitjan curs, una prova de tècniques de càlcul de primitives al desembre, i un examen global al gener.

L'objectiu del parcial és que els estudiants descobreixin aviat les seves capacitats i/o mancances en relació amb el procés d'aprenentatge, per la qual cosa l'avaluació només es té en compte per millorar, si s'escau, la nota de l'examen final.

L'objectiu de la prova de primitives és doble: potenciar el coneixement de les tècniques més usals i avaluar la capacitat d'autoaprenentatge dels estudiants (les tècniques de càlcul de primitives no s'expliquen a classe sinó que se'n faciliten referències a l'estudiant perquè les aprengui i practiqui).

Tots els examens es qualifiquen sobre 10. La nota final és la màxima entre la nota de l'examen global i la mitjana aritmètica entre aquesta i la del parcial. La nota definitiva del curs és la nota final incrementada amb un 10% de la nota de la prova de primitives, amb un valor màxim de 10. Els estudiants amb una nota definitiva superior tenen un 10 amb matrícula d'honor.

A la convocatòria extraordinària del juliol hi ha un nou examen global de l'assignatura. El poden fer tots els estudiants que no hagin arribat a una qualificació de 5 en la nota definitiva de gener. La nota de l'estudiant en aquesta convocatòria és la màxima entre la que obté en aquest examen i la nota definitiva del mes de gener.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Bartle, G.B.; Sherbert, D.R.. *Introducción al análisis matemático de una variable*, 2a ed.. Limusa, 1996.
- Ortega, J.M.. *Introducció a l'anàlisi i matemàtica*, 2a ed.. Publicacions UAB, 2002.
- Burgos, J. *Cálculo infinitesimal de una variable*, . McGraw-Hill, 1994.
- Spivak, M. *Càlcul infinitesimal*, . Reverté, 1995.
- Salas, S.L.; Hille, E.; Etgen, G.J.. *Calculus una y varias variables, Vol. 1*, 4a ed.. Reverté, 2002.

Referències complementàries:

- Berberian, S.K.. *A first course in real analysis*, . Springer-Verlag, 1994.
- Pedrick, G. *A first course in analysis*, . Springer-Verlag, 1994.
- Apostol, T.M.. *Análisis matemático*, 2a ed.. Reverté, 1986.
- Aguiló, F, et al.. *Càlcul infinitesimal d'una variable: problemes resolts*, . Edicions UPC, 1993.
- Casasayas, J.; Cascante, M.C.. *Problemas de análisis matemático de una variable real*, . Edunsa, 1990.

CÀLCUL 2

1.- Identificació

Codi: 10007

Tipus: Obligatòria

Curs: 1 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: MUÑOZ LECANDA, MIGUEL CARLOS

Altres professors: ROMAN ROY, NARCISO

Idioma: Català a teoria i castellà a problemes

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | 5 | 10 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 30 |
| | Total | 173 |

3.- Objectius

Generalitzar a diverses variables els conceptes i resultats que s'han adquirit a l'assignatura de Càlcul 1 en una variable real.

Establir els resultats i les tècniques bàsiques de la continuïtat, la diferenciabilitat i la integració en funcions de diverses variables reals.

- Assimilar els conceptes elementals de topologia a \mathbb{R}^n . Reconèixer \mathbb{R}^n com a espai euclidià, espai mètric i espai normat.
- Utilitzar el concepte de *compacte* en les seves diferents versions.
- Saber estudiar la continuïtat de funcions de diverses variables. Distingir funcions contínues i uniformement contínues. Enunciar i entendre les demostracions dels teoremes de funcions contínues de diverses variables.
- Calcular derivades direccionals i derivades parcials. Calcular matrius jacobianes i vectors gradients. Saber determinar si una funció és o no és diferenciable. Aplicar la regla de la cadena, amb aplicacions als canvis de variable en equacions diferencials. Calcular derivades d'ordre superior.
- Entendre els resultats i les demostracions i saber aplicar els principals resultats sobre funcions diferenciables: teorema del valor mitjà, polinomis i fórmula de Taylor, teoremes de la funció inversa i la funció implícita.
- Entendre i calcular derivades de funcions implícites i inverses.
- Calcular extrems relatius, extrems condicionats i extrems absoluts.
- Entendre la idea d'optimització.
- Entendre la idea de subvarietat regular de \mathbb{R}^n i d'espai tangent en un punt. Calcular espais tangents de corbes i superfícies a \mathbb{R}^3 i de subvarietats a \mathbb{R}^n .
- Saber estudiar la integrabilitat d'una funció i la mesurabilitat de Jordan d'un conjunt a \mathbb{R}^n .
- Entendre la demostració dels teoremes de Fubini i del canvi de variable.
- Saber calcular integrals múltiples aplicant el teorema de Fubini i el teorema del canvi de variable. Càlcul d'integrals impròpies.

4.- Continguts

1. Topologia a \mathbb{R}^n

L'espai \mathbb{R}^n com a espai euclidià i mètric: producte escalar, norma i distància.
Conceptes topològics: interior, frontera, acumulació, adherència, obert, tancat.
Successions. Convergència i successions de Cauchy. Completesa de \mathbb{R}^n . Compacitat.
Teorema de Bolzano-Weierstrass. Conjunts connexos.

2. Continuïtat de les funcions de diverses variables.

Funcions escalars i funcions vectorials. Conjunts de nivell. Limit d'una funció en un punt. Continuïtat. Operacions amb funcions contínues. Continuïtat uniforme. Teoremes i propietats de les funcions contínues.

3. Diferenciabilitat de les funcions de diverses variables.

Derivades direccionals i parcials. Matriu jacobiana. Diferenciabilitat d'una funció en un punt. Condicions necessàries i condicions suficients per a la diferenciabilitat. Regla de la cadena. Aplicacions als canvis de variable en equacions diferencials. Derivades d'ordre superior. Teorema de Schwarz. Gradient d'una funció real. Corbes a \mathbb{R}^n . Vector tangent en un punt.

4. Teoremes sobre funcions diferenciables

Teorema del valor mitjà. Fórmula de Taylor. Teorema de la funció inversa. Teorema de la funció implícita. Càlcul de derivades implícites i d'inverses.

5. Extremes de funcions.

Extremes locals de funcions de diverses variables. Matriu hessiana. Condicions necessàries i suficients d'extrem. Extremes condicionats. Mètode dels multiplicadors de Lagrange. Càlcul d'extremes absoluts.

6. Integració en diverses variables.

Construcció de la integral de Riemann. Condició de Riemann d'integrabilitat. Conjunts de mesura zero i conjunts sense volum. Teorema de Lebesgue d'integrabilitat. Propietats de la integral. Teorema del valor mitjà per a integrals. Teorema de Fubini. Càlcul d'integrals múltiples. Teorema del canvi de variables. Exemples de canvis de variables.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Saber fer productes escalars de vectors a \mathbb{R}^n , calcular normes i distàncies entre punts. Conèixer la noció de boles, discs i rectangles a \mathbb{R}^n .
- Saber trobar l'interior, l'adherència, els punts d'acumulació i la frontera d'un conjunt a \mathbb{R}^n .
- Calcular límits de successions de vectors en \mathbb{R}^n .
- Saber calcular límits i estudiar la continuïtat de funcions de diverses variables.
- Calcular derivades parcials i direccionals, així com varietats tangents. Aplicar la regla de la cadena.
- Calcular derivades de funcions implícites.
- Calcular extrems en diverses variables.
- Calcular integrals múltiples.

Capacitats prèvies necessàries

- Càlcul de límits en una variable.
- Representació gràfica de funcions de una variable.
- Estudi de la continuïtat en una variable.
- Estudi de la derivabilitat en una variable i càlcul de derivades. Regla de la cadena.
- Càlcul d'extremes relatius i absoluts per a funcions d'una variable.
- Integració de funcions d'una variable.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Les sessions de teoria seguiran el format tradicional d'enunciar i demostrar els resultats més importants del curs. Es donaran exemples i es proposaran exercicis que de vegades es resoldran a classe i de vegades es deixaran com a exercicis voluntaris per als alumnes.
- **Sessions de problemes:** El professor resoldrà els problemes més rellevants de la llista i donarà indicacions sobre els altres.

7.- Avaluació

L'avaluació ordinària constarà d'un examen parcial i un examen final. La nota final la determinarà la de l'examen final corregida a l'alta per la nota de l'examen parcial. La nota final es podrà arrodonir segons els exercicis voluntaris entregats i la participació a classe.

L'avaluació extraordinària consta tan sols de l'examen extraordinari de juliol, i aquesta serà l'única nota que es tindrà en compte.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Mazon, J.M.. *Cálculo diferencial.*, 2a ed.. McGraw-Hill, 1997.
- Marsden, J.E.; Hoffman, M.J.. *Análisis clásico elemental*, 2a ed.. Addison Wesley Iberoamericana, 1998.
- Marsden, J.E.; Tromba, A.J.. *Cálculo vectorial* 4a ed.. Addison Wesley Longman, 1998.
- Burgos, J. de. *Cálculo infinitesimal de varias variables.* McGraw-Hill, 1995.
- Castillo, F. del. *Análisis matemático II*, 2a ed.. Alhambra Universidad, 1987.

Referències complementàries:

- Bombal, F., et al.. *Problemas de análisis matemático.* AC., 1987.
- Bartle, R.G.. *Introducción al análisis matemático.* Limusa, 1980.
- Fleming, W.H.. *Functions of several variables*, 2a ed.. Springer Verlag, 1977.
- Spivak, M.. *Càlcul infinitesimal* 2a ed.. Reverté, 1995.
- Protter, M.H.; Morrey, C.B.. *Análisis real.* AC, 1986.

CÀLCUL 3

1.- Identificació

Codi: 10012

Tipus: Obligatòria

Curs: 2 **Quadrimestre:** 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: SALUDES CLOSA, JORDI

Altres professors: LUBARY MARTINEZ, JOSE ANTONIO / SADOVSKAIA NURIMANOVA, NATALIA

Idioma: Castellano, Catalán

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 6 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 6 |
| | Total | 129 |

3.- Objectius

El curs gira al voltant de les relacions entre els valors de les funcions a l'interior i a la frontera de regions, juntament amb els objectes que permeten expressar aquestes relacions.

- Introduir els teoremes integrals clàssics, juntament amb alguns elements de càlcul tensorial de formes.
- Fer una introducció elemental a la teoria de funcions analítiques d'una variable complexa, incloent-hi el teorema dels residus.

4.- Continguts

1. Corbes i superfícies

1.1 Camps escalars i vectorials.

1.2 Corbes: insistir en la representació paramètrica, l'equivalència entre les diverses representacions paramètriques, amb abundància d'exemples. Camp i recta tangent a una corba.

1.3 Integrals al llarg d'una corba: longitud d'un arc de corba. Integral d'un camp escalar al llarg d'una corba, independència de la parametrització. Integral d'un camp vectorial al llarg d'una corba, independència de la parametrització.

1.4 Superfícies: diverses formes de representar una superfície, equivalència entre diferents representacions paramètriques. Pla tangent i normal a una superfície.

1.5 Integrals sobre una superfície: anàleg al cas d'una corba, però essencialment en dimensió tres (àrea d'una superfície, etc.).

2. Anàlisi vectorial i teoremes integrals clàssics

2.1 Fórmules de l'anàlisi vectorial: gradient divergència i rotacional. Fórmules de l'anàlisi vectorial.

2.2 Teorema de Green.

2.3 Teorema d'Stokes clàssic.

2.4 Teorema de Gauss.

2.5 Aplicació: camps conservatius i camps que conserven el volum. Camps conservatius: el problema de l'existència de la funció potencial. Camps que conserven el volum.

3. Formes diferenciables

3.1 Tensors sobre un espai vectorial.

3.2 Formes exteriors sobre un espai vectorial.

3.3 Formes diferencials sobre un espai vectorial.

4. Integració i teorema d'Stokes sobre formes

4.1 Cubs singulars i cadenes.

4.2 Integral d'una forma sobre una cadena: definició. Casos particulars: integrals sobre corbes i superfícies.

4.3 Teorema d'Stokes: enunciat i demostració.

4.4 Reducció dels teoremes integrals clàssics al teorema d'Stokes sobre formes: Green, Gauss, Stokes.

5. Funcions holomorfes

5.1 Definició i primeres propietats.

5.2 Teorema de Cauchy.

5.3 Desenvolupaments de Taylor.

6. Teorema dels residus

6.1 Desenvolupaments de Laurent.

6.2 Teorema dels residus.

6.3 Aplicacions.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Saber parametritzar corbes i superfícies senzilles.
- Aprendre a calcular integrals sobre corbes i superfícies, juntament amb els teoremes integrals clàssics.
- Adquirir una cert habilitat i abstracció en àlgebra tensorial, especialment en àlgebra exterior.
- Que l'alumne es convenci que l'àlgebra lineal necessària per al càlcul diferencial de formes diferencials és l'àlgebra tensorial.
- Saber resoldre problemes elementals de formes diferencials, en particular els càlculs relacionats amb la derivada exterior.
- Saber calcular integrals elementals sobre formes, un cas particular de les quals són els càlculs involucrats en els teoremes integrals clàssics.
- Saber utilitzar els teoremes elementals de la teoria de funcions analítiques en una variable. En particular, el teorema de Cauchy i el teorema dels residus.
- Que l'alumne es convenci que les funcions elementals que coneix són només una petita part de l'univers de les funcions d'una variable.

Capacitats prèvies necessàries

- Àlgebra lineal d'espais vectorials de dimensió finita sobre un cos de característica zero, incloent-hi el concepte d'espai dual.
- Càlcul diferencial real elemental de funcions d'una i diverses variables.
- Són convenients alguns coneixements de física: camps elèctrics i gravitatoris, juntament amb algunes nocions de mecànica conservativa.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** S'exposarà la teoria necessària per aconseguir els objectius ja exposats. S'il·lustraran els conceptes i els resultats teòrics amb exemples. També es proposaran alguns problemes especials d'un nivell una mica més elevat que el de les sessions de problemes per a l'alumne especialment interessat. L'alumne disposarà d'unes notes redactades pel professor de l'assignatura, amb la qual cosa seria convenient que les consultés prèviament a la classe.
- **Sessions de problemes:** Es resoldran exercicis d'una llista de problemes a la qual l'alumne hagi tingut accés previ.

7.- Avaluació

L'avaluació ordinària consistirà en dos exàmens:

- Examen parcial
- Examen final

L'examen parcial no serà eliminatori i tindrà un pes no superior al 15 % sobre el total. L'examen final serà sobre tota la matèria del curs.

L'avaluació extraordinària consistirà en un únic examen de tota la matèria del curs.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Dubrovin, B.A.; Novikov, S.P.; Fomenko, A.T.. *Modern geometry: methods and applications, Vol. 1*, 2a ed.. Springer, 1992.
- Marsden, J.E.; Tromba, A.J. *Cálculo vectorial*, 4a ed.. Addison-Wesley Iberoamericana, Argentina, 1998.
- Spivak, M.. *Cálculo en variedades*, . Reverté, 1970.
- Ahlfors, L.V.. *Complex analysis an introduction to the theory of analytic functions*, 3a ed.. McGraw Hill, 1979.
- Arnold, V.I.. *Mathematical methods of classical mechanics*, 2a ed.. Springer-Verlag, 1989.

CALCULABILITAT

1.- Identificació

Codi: 11866

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: ALVAREZ FAURA, M. DEL CARME

Altres professors:

Idioma: Català, Castellà

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 1 | 13 |
| Realització d'exàmens | | 3 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 1 | 13 |
| Realització de treballs | 3* | 39 |
| Preparació d'exàmens | | 24 |
| | Total | 170 |

(*) Cada setmana els alumnes han de presentar problemes.

Encara que només hi ha una hora presencial de problemes, cada setmana han d'entregar problemes i això els comportarà una certa càrrega de treball.

3.- Objectius

La teoria de la calculabilitat dóna base matemàtica al concepte intuïtiu de funció calculable mecànicament. És, doncs, el marc adequat per estudiar les limitacions intrínseques dels algorismes, tot identificant quins problemes admeten solucions algorísmiques i quins no. L'objectiu general de l'assignatura és establir els resultats bàsics de la teoria que permetin classificar els problemes segons el seu grau d'irresolubilitat. Es veuran aplicacions a problemes concrets de diverses àrees, com lògica matemàtica, teoria de grafs, criptografia.

- Definir un model matemàtic de càlcul i justificar-ne l'adequació per formalitzar el concepte intuïtiu de *funció computable mecànicament* i el concepte d'*algorisme*.
- Demostrar l'existència de problemes irresolubles i desenvolupar eines que ens permetin identificar-los.
- Introduir el concepte de complexitat computacional dels problemes resolubles i les eines per classificar-los segons el seu grau de complexitat.

4.- Continguts

1. Introducció

Problemes, alfabet, mots i llenguatges.

2. Model formal d'algorisme

Màquines de Turing.

Variacions de màquines de Turing: multicinta i indeterminisme.

Tesi de Church-Turing.

Altres models formals.

3. Indecidibilitat

Decidibilitat i enumerabilitat.

Indecidibilitat del problema de l'aturada.

Reduïbilitat i completesa.

Altres problemes indecidibles.

4. Temes avançats en teoria de la calculabilitat

Teorema de la recursió.

Teorema de Rice.

Jerarquia aritmètica.

5. Complexitat: temps

La classe P (exemples de problemes).

La classe NP (problemes, P versus NP).

Reduïbilitat de temps polinòmic.

Problemes NP -complets.

6. Complexitat: espai

Teorema de Savitch.

La classe $PSPACE$.

Problemes $PSPACE$ -complets (problemes sobre jocs).

7. Temes avançats en teoria de la complexitat

Interactive proof systems.

Problemes computacionals de criptografia.

- No-isomorfisme de grafs

- $IP=PSPACE$

Problemes computacionals de criptografia

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Aprendre els models fonamentals de la computació, els límits de la computació i distingir entre problemes tractables i intractables.
- En particular, identificar els problemes resolubles, els irresolubles, i classificar-los formalment.
- Identificar la classe de problemes tractables (classe P) que poden ser resolts eficientment a la pràctica. Identificar també problemes resolubles però que a la pràctica són intractables perquè requereixen o semblen requerir una quantitat de recursos computacionals desmesurada per ser resolts (NP , $PSPACE$).

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixements mínims de programació i algorísmia.

6.- Metodologia

Cada setmana s'imparteixen 4 hores setmanals de classe, 3 de teoria i 1 de problemes.

- **Sessions de teoria:** A les classes de teoria es donen els fonaments teòrics necessaris per classificar els problemes. Cada nou concepte o eina introduïda aniran acompanyats d'exemples. Es proposaran problemes setmanalment que s'hauran de treballar fora d'hores de classe i es donaran, en cas que es consideri necessari, algunes indicacions per resoldre'ls.
- **Sessions de problemes:** A la sessió setmanal de problemes els alumnes entregaran els problemes resolts i el professor demanarà que s'exposin algunes de les solucions presentades. Es pretén que la classe sigui molt participativa.

7.- Avaluació

L'avaluació de l'assignatura es basa en les aportacions per escrit a les classes de problemes i en un examen final.

Les aportacions per escrit comptaran 6 punts com a màxim i la nota de l'examen final, 4 punts com a mínim. La nota final de curs és la suma d'aquestes dues notes.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Balcázar J. L.; Díaz J.; Gabarró J.. *Structural complexity I*, 2a. Springer-Verlag, 1995.
- Dunne, P.. *Computability theory: concepts and applications*, . Ellis Horwood, 1991.
- Homer S.; Selman A.L.. *Computability and complexity theory*, . Springer-Verlag, 2001.
- Papadimitriou, C.H.. *Computational complexity*, . Addison Wesley, 1994.
- Sipser, M.. *Introduction to the theory of computation*, 2a. PWS publishing Company, 2005.

Referències complementàries:

- Cutland, N. J.. *Computability: an introduction to recursive function theory*, . Cambridge University Press, 1980.
- Balcázar J. L.; Díaz J.; Gabarró J.. *Structural complexity II*, . Springer-Verlag, 1990.
- Jones, N.D.. *Computability and complexity*, . MIT Press, 1997.
- Rayward-Smith, V.J.. *A first course in computability*, . Blackwell Scientific Publications, 1998.
- Rogers, H.. *Theory of recursive functions and effective computability*, . McGraw-Hill/MIT Press, 1987.

COMBINATÒRIA

1.- Identificació

Codi: 11867

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (3,5 crèdits teòrics + 4 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: SERRA ALBO, ORIOL

Altres professors: NOY SERRANO, MARCOS

Idioma: Català (material del curs en anglès)

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 36 |
| Problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització d'exàmens | | 6 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 1 | 13 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 24 |
| | Total | 170 |

3.- Objectius

Adquirir destresa per a l'anàlisi i la resolució de problemes d'enumeració. Adquirir destresa en l'ús de funcions generadores i en els mètodes simbòlics per resoldre problemes d'enumeració. Conèixer els nombres combinatoris bàsics: coeficients binomials, coeficients gaussians, nombres d'Stirling, nombres de Fibonacci, nombres de Catalan. Conèixer les estructures combinatories bàsiques: plans projectius i afins finits, quadrats llatins, particions, permutacions, sistemes d'Steiner.

- Adquirir destresa en l'aplicació de mètodes elementals d'enumeració de subconjunts, multiconjunts, permutacions, i en l'aplicació de principis bàsics d'enumeració, com el principi de Dirichlet i les tècniques de doble comptatge.
- Adquirir destresa en l'ús de les funcions generadores per a la resolució d'equacions de recurrència, d'una manera especial les lineals a coeficients constants i les de convolució.
- Adquirir destresa en l'aplicació del mètode simbòlic per descriure i enumerar estructures combinatories, tant en el cas de les funcions generadores ordinàries com en el de les exponencials. Adquirir destresa en l'aplicació de la fórmula d'inversió de Lagrange per obtenir els coeficients del desenvolupament en sèrie de potències de funcions definides per equacions implícites.
- Adquirir destresa en l'anàlisi de distribucions i paràmetres estadístics que apareixen en l'enumeració d'estructures combinatories parametritzades, en particular l'obtenció de valors mitjans i desviacions típiques.
- Adquirir destresa en l'obtenció de funcions generadores i coeficients enumeradors de particions d'enters, de conjunts, composicions d'enters, permutacions amb restriccions, paraules, camins de Dyck i arbres.
- Adquirir destresa en les tècniques elementals d'estimació asimptòtica de les expressions que enumeren estructures combinatories.
- Adquirir destresa en la manipulació i el càlcul de coeficients gaussians per al càlcul del nombre de subespais d'espais vectorials sobre cossos finits.
- Conèixer les construccions de plans projectius i afins finits i la seva relació amb sistemes de quadrats llatins mútuament ortogonals.
- Conèixer les tècniques d'enumeració de quadrats llatins i les estimacions de permanents de matrius doblement estocàstiques, i la seva relació amb l'enumeració de transversals de sistemes de conjunts.
- Conèixer les relacions bàsiques entre els paràmetres de dissenys combinatoris. Conèixer les tècniques de construcció de dissenys i matrius de Hadamard, sistemes de triples d'Steiner i conjunts de diferències. Conèixer la seva relació amb la construcció de codis correctors d'errors.

4.- Continguts

1. Combinatòria enumerativa bàsica

Combinacions i permutacions. Coeficients binomials i multinomials. Principi d'inclusió-exclusió. Particions d'enters i particions de conjunts. Cicles en permutacions. Nombres d'Stirling. Principi de Dirichlet. Teorema de Ramsey. Lema comptador d'òrbites (lema de Burnside).

2. Combinacions i permutacions. Coeficients binomials i multinomials. Principi d'in

Equacions de recurrència lineals. Funcions generadores ordinàries. Funcions generadores per a les particions d'enters, particions de conjunts, permutacions segons el nombre de cicles. Equacions de recurrència no lineals. Nombres de Catalan. Fórmula d'inversió de Lagrange.

3. Funcions generadores i mètode simbòlic

Operacions formals en classes combinatòries i funcions generadores ordinàries. Construcció simbòlica de classes combinatòries bàsiques: particions de nombres, particions de conjunts, paraules sobre alfabet, arbres plans, camins de Dyck, triangulacions de polígons.

4. Classes etiquetades i funcions generadores exponencials

Producte etiquetat. Operacions formals en classes etiquetades i funcions generadores exponencials. Construcció simbòlica de classes combinatòries etiquetades bàsiques: particions de conjunts, permutacions, arbres etiquetats, paraules.

5. Funcions generadores multivariades i classes parametritzades

Funcions generadores multivariades de classes parametritzades. Distribucions estadístiques de paràmetres. Nombre de components, paràmetres additius.

6. Geometries finites

Plans projectius i plans afins finits. Construcció de plans projectius desarguesians. Existència de plans projectius. Espais projectius finits. Coeficients gaussians.

7. Quadrats llatins

Sistemes ortogonals de quadrats llatins i plans projectius finits. Construcció de sistemes de quadrats llatins ortogonals. Enumeració de quadrats llatins. Teorema de Hall. Transversals de sistemes de conjunts. Permanents. Permanents de matrius doblement estocàstiques.

8. Dissenys combinatoris

Relacions bàsiques entre paràmetres d'un disseny combinatori. Dissenys i matrius de Hadamard. Sistemes de triples d'Steiner. Conjunts de diferències.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Aplicar mètodes elementals d'enumeració de subconjunts, multiconjunts, permutacions, i dels principis bàsics d'enumeració, com el principi de Dirichlet, les tècniques de doble compteig i les tècniques relacionades amb el principi d'inclusió-exclusió.
- Utilitzar les funcions generadores per a la resolució d'equacions de recurrència, d'una manera especial les equacions lineals a coeficients constants i les de convolució.
- Aplicar el mètode simbòlic per descriure i enumerar estructures combinatòries, tant en el cas de les funcions generadores ordinàries com en el de les exponencials. Aplicar la fórmula d'inversió de Lagrange per obtenir els coeficients del desenvolupament en sèrie de potències de funcions definides per equacions implícites.
- Analitzar distribucions i paràmetres estadístics que apareixen en l'enumeració d'estructures combinatòries parametritzades, en particular l'obtenció de valors mitjans i desviacions típiques.
- Obtenir funcions generadores i coeficients enumeradors de particions d'enters, de conjunts, composicions d'enters, permutacions amb restriccions, paraules, camins de Dyck i arbres.
- Fer estimacions asimptòtiques de les expressions que enumeren estructures combinatòries.
- Manipular i calcular coeficients gaussians.
- Construir plans projectius i afins finits. Resoldre problemes geomètrics i combinatoris en plans projectius finits. Construir sistemes de quadrats llatins mútuament ortogonals.

- Enumerar transversals de sistemes de conjunts. Calcular permanents de matrius.
- Construir dissenys i matrius de Hadamard i sistemes de triples d'Steiner.

Capacitats prèvies necessàries

- Descomposició de fraccions racionals en fraccions simples. Desenvolupaments de les funcions elementals.
- Derivació de funcions de diverses variables i integració de funcions de variable complexa (fórmula de Cauchy).
- Operacions amb matrius, càlcul de determinants i càlculs de rectes i plans en l'espai euclidià.

6.- Metodologia

L'èmfasi es posa en l'habilitat per analitzar i resoldre problemes, a través dels quals s'adquireix experiència i destresa en l'aplicació de principis d'enumeració que sovint requereixen una maduresa matemàtica que va més enllà de les capacitats instrumentals concretes.

- **Sessions de teoria:** Exposició del material del curs, basat fonamentalment en la descripció de classes combinatòries bàsiques sobre les quals s'exemplifiquen les tècniques d'enumeració.
- **Sessions de problemes:** Les sessions de problemes constitueixen el nucli del curs i s'organitzen a partir de l'exposició i discussió de problemes que s'han distribuït als estudiants prèviament perquè en preparin una exposició a la pissarra.

7.- Avaluació

S'avalua l'activitat dels estudiants a les classes de problemes i es fan dos exàmens d'unes tres hores de durada cada un. El primer examen tracta els quatre primers temes del curs i el segon els quatre darrers.

La nota final s'obté com a mitjana de les dels dos exàmens.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Cameron, P.. *Combinatorics topics, techniques, algorithms*, . Cambridge University Press, 1994.
- Lint, J.H. van; Wilson, R.M.. *A course in combinatorics*, 2nd ed.. Cambridge University Press, 1992.
- Charalambides, C.A.. *Enumerative combinatorics*, . CRC Press Series on Discrete Mathematics and its Applications. Chapman & Hall/CR, 2002.
- Stanley, R.. *Enumerative Combinatorics*, . Cambridge University Press, 1997.
- Sedgewick, R.; Flajolet, P. *Introduction to the analysis of algorithms*, . Addison-Wesley, 1996.

Referències complementàries:

- Anderson, I.. *Combinatorics of finite sets*, . Dover Publications, Inc., Mineola, NY, 2002.
- Batten, L.M.. *Combinatorics of finite geometries*, 2a ed.. Cambridge University Press, Cambridge,, 1997.
- Graham, R.L.; Knuth, D.E.; Patashnik, O.. *Concrete Mathematics*, 2a ed.. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, 1994.

- Bollobás, B.. *Combinatorics. Set systems, hypergraphs, families of vectors and combinatorial* . Cambridge University Press, Cambridge, 1986.
- Wilf, H.. *Generatingfunctionology*, 2a ed.. Academic Press, Inc., Boston, MA, 1994.

COMPUTACIÓ ALGEBRAICA

1.- Identificació

Codi: 10003

Tipus: Obligatòria

Curs: 1 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: VELA DEL OLMO, MARIA MONTSERRAT

Altres professors: NOY SERRANO, MARCOS

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | 8 | |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | | |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | | |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | |
| | Total | |

3.- Objectius

Assolir els conceptes bàsics de l'àlgebra no lineal de grup, anell commutatiu i cos commutatiu. Asolir el concepte d'estructura quocient.

Familiaritzar-se amb els exemples bàsics: nombres enters, congruències amb nombres enters, polinomis en una variable, congruències amb polinomis, cossos finits i enters de Gauss.

4.- Continguts

1. Aritmètica bàsica

Divisibilitat de nombres enters. Algorisme d'Euclides. Factorització única. Congruències. Funció d'Euler. Teoremes de Fermat, d'Euler i del residu xinès. Funció de Mòbius.

2. Grups

Definicions i exemples. Ordre d'un element. Subgrups. Grups cí-clícs. Classes laterals i teorema de Lagrange. Morfismes. Subgrups normals. Grup quocient.

3. Anells

Definicions i exemples. Ideals, morfismes, anells quocient. Dominis d'integritat i cossos de quocients. Dominis amb factorització única. Dominis d'ideals principals. Dominis amb divisió euclidiana. Enters de Gauss.

4. Polinomis i cossos finits

Arrels i derivades. Funcions racionals i fraccions simples. Teorema fonamental de l'àlgebra. Polinomis reals i complexos. Anells quocients de polinomis. Existència i unicitat de cossos finits. Teorema de l'element primitiu. Polinomis primitius.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Comprendre els conceptes abstractes de grup, anell, cos, morfismes i estructures quocient.
- Saber treballar amb nombres enters i polinomis i les seves congruències. Saber identificar les propietats algebraiques abstractes en exemples concrets.
- Saber calcular efectivament amb objectes algebraics.

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixements d'àlgebra lineal.

6.- Metodologia

L'habitual en aquesta mena d'assignatures: classes de teoria i de problemes.

7.- Avaluació

Hi ha un examen parcial (EP) a mig quadrimestre i un examen final (EF).

La nota es calcularà com: $\max(EF, 0.4 \cdot EP + 0.6 \cdot EF)$

En cas d'examen extraordinari, només contarà la nota d'aquest.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Biggs, N.L.. *Matemática discreta*, . Vicens-Vives, 1993.
- Childs, L.. *Concrete introduction to higher algebra*, . Springer-Verlag, 1979.
- Gallian, J.A.. *Contemporary abstract algebra*, 4a ed.. Houghton Mifflin Co., 1998.
- Rosen, K.H.. *Elementary number theory and its applications*, 3a ed.. Addison-Wesley, 1993.

CRIPTOGRAFIA

1.- Identificació

Codi: 11868

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (7,5 crèdits teòrics + crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: RIO DOVAL, ANA

Altres professors: GUARDIA RUBIES, JORDI

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 4 | 52 |
| Problemes i/o pràctiques | | |
| Realització d'exàmens | | 4 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 4 | 52 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | | |
| Realització de treballs | 1 | 13 |
| Preparació d'exàmens | | 10 |
| | Total | 131 |

3.- Objectius

Adquirir una visió general dels conceptes i mètodes de la criptografia clàssica i de la criptografia de clau secreta. Conèixer a fons el funcionament dels sistemes criptogràfics de clau pública d'ús generalitzat, entenent els resultats matemàtics en què es basen la seva eficiència i la seva seguretat. Capacitar tant per a l'exercici professional com per a la incorporació a algunes de les línies de recerca més actives en aquest camp.

- Conèixer el caràcter conjecturalment intractable dels problemes de factorització i logaritme discret. Identificar l'ús que fa la criptografia d'aquestes hipòtesis provinents de la teoria de la complexitat algorísmica.
- Conèixer els algoritmes involucrats en el criptosistema RSA i en els estàndards de signatura digital DSA i ECDSA.
- Conèixer la teoria de corbes el·líptiques rellevant per al disseny de criptosistemes el·líptics.
- Preparar i comunicar oralment i/o per escrit un treball matemàtic realitzat de forma autònoma a partir d'un guió i referències bibliogràfiques.
- Utilitzar eines informàtiques de càlcul simbòlic o numèric per experimentar amb l'aplicació criptogràfica dels resultats matemàtics estudiats.

4.- Continguts

1. Criptografia de clau secreta

Conceptes bàsics. Criptosistemes clàssics. Teoria de Shannon. L'advanced encryption standard.

2. Aritmètica computacional

Aspectes computacionals dels grups abelians. Exponenciació, extracció d'arrels i logaritme discret.

3. Primalitat i factorització

Distribució dels nombres primers. Primalitat. Criteris probabilístics. Certificats de primalitat. Mètodes clàssics de factorització: rho de Pollard, mètode p-1 i variants. Mètodes de factorització subexponencials.

4. Criptografia de clau pública

La idea de Diffie i Hellman. Funcions unidireccionals. Portes trampa. El problema de factorització. Criptosistema RSA. El problema del logaritme discret. Signatura digital DSA. Criptografia amb corbes el·líptiques. Criptografia amb corbes hiperel·líptiques.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Conèixer els principals resultats matemàtics involucrats en els sistemes criptogràfics utilitzats actualment en les TIC.
- Incorporar el punt de vista de la complexitat algorítmica en la valoració d'un resultat matemàtic teòric.

- Implementar tests de primalitat.
- Manipular corbes el·líptiques sobre cossos finits. Conèixer mètodes per calcular el cardinal del grup de punts.
- Preparar un tema fent la recerca bibliogràfica necessària, que pot incloure articles recents en revistes especialitzades.

Capacitats prèvies necessàries

- Les de les assignatures obligatòries de la Llicenciatura de Matemàtiques.

6.- Metodologia

Els diversos temes es tractaran combinant la presentació teòrica, la presentació d'exemples utilitzant programes informàtics diversos i la contribució dels estudiants amb la resolució de qüestions o problemes.

7.- Avaluació

S'entregarà un treball (30 %) i es realitzarà un examen final (70 %).

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Cohen, H.. *A course in computational algebraic number theory*, . Springer-Verlag, 1993.
- Koblitz, N.. *A course in number theory and cryptography*, . Springer-Verlag, 1994.
- Blake, I.F.; Seroussi, G.; Smart, N.P.. *Elliptic curves in cryptography*, . Cambridge University Press, 1999.
- Mollin, R. A.. *RSA and public-key cryptography*, . Chapman & Hall, 2003.
- Yan, S.Y.. *Number theory for computing*, . Springer-Verlag, 2000.

Referències complementàries:

- Menezes, A.J.; Oorschot, P.C. van; Vanstone, S.A.. *Handbook of Applied Cryptography*, . CRC Press, 1997.
- Schneier, B.. *Applied cryptography. Protocols, algorithms, and source code in C*, 2n ed.. John Wiley & Sons, 1996.
- Stinson, D.R.. *Cryptography. Theory and practice*, 3rd ed.. CRC Press, 2006.
- Mollin, R. A.. *Fundamental number theory with applications*, . CRC Press, 1998.

DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA

1.- Identificació

Codi: 11869

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: ALSINA CATALA, CLAUDIO

Altres professors:

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 1 | 13 |
| Realització de treballs | | 29 |
| Preparació d'exàmens | | |
| | Total | 120 |

L'avaluació correspon a participació, recerca, preparació de la carpeta de curs i de la classe i la seva exposició.

3.- Objectius

Ensenyar matemàtiques 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 per a la gestió docent... i tot allò que envolta la relació humana i emocional inherent a l'acció educativa.

- Descobrir els aspectes clau de la professió d'ensenyar matemàtiques desenvolupant actituds crítiques i reflexives.
- Iniciar-se en els recursos de la didàctica matemàtica per afavorir els processos d'ensenyament i aprenentatge.
- Desenvolupar capacitats essencials per plantejar-se (si s'escau) una primera aproximació a l'ofici d'ensenyar matemàtiques.

4.- Continguts

1. L'ofici d'ensenyar matemàtiques

La tradició d'ensenyar matemàtiques i la seva evolució. Mites i ritus que cal superar. Un decàleg per al professorat de matemàtiques.

2. L'educació matemàtica avui al món

Tendències mundials actuals. Els problemes principals. Les millors innovacions d'ara. Iniciatives internacionals per a la millora de l'educació matemàtica.

3. L'educació matemàtica avui a Catalunya

Plantejaments actuals en les diferents etapes i nivells. Els marcs legals. Els dissenys curriculars actuals. Problemes més rellevants i alternatives. La didàctica matemàtica a Catalunya. Organitzacions professionals i esdeveniments.

4. Visualització matemàtica

Il·lustració versus visualització. Pensament visual. Visualització de conceptes. Demostracions sense paraules. Material didàctic. El laboratori de matemàtiques.

5. Resolució de problemes

Tipologies de problemes. Estratègies de resolució. Problemes com a motor educatiu. Problemes i realitat. Problemes recreatius. Taller de problemes. Clubs. Concursos. Olimpíades matemàtiques.

6. Realitat i modelització

La realitat i els processos de matematització. Models i la seva validació com a instrument didàctic. Eixos transversals i connexions matemàtiques. Matemàtiques i... salut, medi ambient, economia domèstica, consum, democràcia. Matemàtiques i cultura catalana.

7. Dinàmiques de classe

Classes magistrals versus classes participatives. Recursos d'aula. Recursos audiovisuals. Recursos computacionals. Internet. Visites i activitats exteriors.

8. Matemàtiques i raonament

Raonament inductiu. Raonament plausible. Raonament deductiu. Raonament proporcional. Raonament espacial. El paper de la demostració matemàtica docent.

9. Les dificultats en l'aprenentatge matemàtic

Dificultats relatives a l'organització escolar. Dificultats metodològiques. Dificultats curriculars. Dificultats inherents a la matemàtica. Els llenguatges matemàtics. La noció d'igual. Tractament de la diversitat a classe. Matemàtica i coeducació.

10. Avaluació formativa

Tipus d'avaluacions. Perversitats. Estratègies d'avaluació. Noves tendències: qüestions obertes. Avaluació en aprenentatge cooperatiu.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Tenir una visió global de la situació de l'educació matemàtica en l'àmbit nacional, estatal i mundial, desenvolupant actituds crítiques i reflexives.
- Conèixer les tendències innovadores més avançades en didàctica de la matemàtica.
- Conèixer i analitzar les programacions curriculars de matemàtiques i les seves implicacions.
- Cercar i usar recursos computacionals, bibliogràfics, materials i multimèdia al servei de la didàctica de la matemàtica.
- Dominar les bases de l'heurística matemàtica i el valor formatiu de la resolució de problemes.
- Aprofitar la realitat (física, social i cultural) per plantejar activitats d'aprenentatge matemàtic (des de la recollida de dades fins a la modelització) i oferir enfocaments multidisciplinaris.
- Dominar tècniques didàctiques de comunicació a classe i dinàmiques alternatives per gestionar els ensenyaments.
- Usar els coneixements de didàctica de la matemàtica sobre l'aprenentatge matemàtic per reconèixer dificultats i diagnosticar errors, i oferir estratègies de millora. Gaudir d'estratègies didàctiques específiques per ensenyar els diferents conceptes bàsics de nombres, àlgebra, geometria, funcions, estadística, etc.
- Elaborar instruments de seguiment i d'avaluació formativa.
- Planificar, seqüenciar, estructurar, preparar i, si s'escau, impartir lliçons (o unitats) de matemàtiques.
- Transmetre estimació i il·lusió per al coneixement de les matemàtiques.

Capacitats prèvies necessàries

- Tenir una bona base en tots els coneixements matemàtics que incideixen en l'ensenyament de les matemàtiques.
- Tenir interès per la millora de l'ensenyament de les matemàtiques i el seu aprenentatge.

6.- Metodologia

El mateix desenvolupament d'aquesta assignatura té la voluntat de mostrar diverses dinàmiques per portar una classe i recursos per facilitar-ne el seguiment.

Les sessions no presencials seran d'aprofundiment, lectures, navegació per Internet, consultes de tutoria i preparació d'entregues i de la lliçó final.

- **Sessions de teoria:** Les classes teòriques seran informatives i crítiques, riques en recursos expositius i obertes a debats participatius.
Diversos professors invitats contribuiran a enriquir el curs.
- **Sessions de problemes:** La resolució de problemes rebrà una atenció especial al llarg del curs, com a estratègia docent.
- **Pràctiques:** Les classes pràctiques es basaran en resolució de problemes, ús de material docent, projecció de recursos audiovisuals i seguiment de classes i explicacions dels altres estudiants del curs.

7.- Avaluació

L'avaluació de l'assignatura tindrà en compte la participació activa en totes les sessions presencials i els treballs continuats de reflexió, lectura, recerca d'informació i desenvolupament de les tasques setmanals proposades. Caldrà preparar, escriure i impartir una classe, prèviament tutoritzada. També es valorarà la carpeta de curs si aquesta inclou comentaris crítics i aportacions personals.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Alsina, C., et al. . *Ensenyar matemàtiques*, . Graó, 1995.
- DeLong, M.; Winter, D.. *Learning to teach and teaching to learn mathematics: resources for prof. dev.*, . MAA, 2002.
- Alsina, C.; Nelsen, R.. *Math made visual: creating images for understanding mathematics*, . MAA, 2006.
- Krantz, S.G.. *How to teach mathematics, a personal perspective*, . American Mathematical Society, 1993.
- Steen, L.A., et al. . *Matemáticas en la vida cotidiana*, . Addison Wesley- Pub. UAM, 1999.

Referències complementàries:

- Guzmán, M. de. *Para pensar mejor*, . Labor, 1995.
- Gómez, J.. *L'altra cara de les matemàtiques*, . El Cep i la Nansa, 2000.
- Gorgorio, N., et al.. *Matemáticas y educación: retos y cambios desde una perspectiva internacional* . Graó, 2000.
- Steen, L.A. (ed.). *Mathematics and democracy: the case for quantitative literacy*, . Nat. Council. Educ. And the Disciplines, 2001.
- Varios autores. *Matemáticas: cultura y aprendizaje. 34 vols.*, . Síntesis, 1990.

Enllaços:

- <http://www.upc.es/ea-smi/clauidi/vincles.html>
- <http://www.edu365.com>
- <http://www.pisa.oecd.org/index.htm>

EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS // MÈTODES NUMÈRICS PER A EDPS

1.- Identificació

Codi: 12814

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (4 crèdits teòrics + 3,5 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: VIDAL SEGUI, YOLANDA

Altres professors: DIEZ MEJIA, PEDRO / FERNANDEZ MENDEZ, SONIA

Idioma: Castellà

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 4 | 52 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització de treballs | | 70 |
| Preparació d'exàmens | | 20 |
| | Total | 224 |

3.- Objectius

Proporcionar una base teòrica i pràctica sòlida sobre el mètode dels elements finits aplicat a la resolució d'EDP. S'insisteix en el tractament dels problemes de segon ordre més freqüents en enginyeria i física.

A més d'analitzar els conceptes del mètode, es realitzaran càlculs pràctics. Es desenvoluparan estudis acadèmics per consolidar els conceptes adquirits i es faran càlculs d'aplicacions d'enginyeria que permetin avaluar la potència del mètode. Es presta atenció a les tècniques de remallat adaptable basades en l'estimació de l'error i a l'aplicació al càlcul pràctic per elements finits.

Aprenentatge de les bases del MEF i de la seva anàlisi i implementació.

Experiència en l'ús de codis prototipus i comercials.

4.- Continguts

1. Introducció

Problemes en l'enginyeria i ciències aplicades que habitualment es resolen amb el MEF.

2. Fonaments

Forma forta, mètode dels residus ponderats i forma feble. Tractament de les condicions de contorn. Interpolació en elements finits: malla i splines. Integració numèrica. Element de referència i transformació isoparamètrica. Tipus d'elements més emprats.

3. Ortogonalitat de Galerkin

Repàs d'espais de Sobolev. Teorema de Lax-Milgram. Lema de Cea. Ortogonalitat de Galerkin. Cotes *a priori* de l'error.

4. Algorísmia bàsica.

Implementació eficient d'un codi d'elements finits.

5. Problemes transitoris.

Tècniques d'integració temporal, anàlisi modal, estimadors *a priori* de l'error en la descomposició modal.

6. Problemes amb convecció.

Equacions hiperbòliques de primer ordre. L'equació de convecció-difusió. Nombre de Péclet. Tècniques d'estabilització consistents.

7. Estimació de l'error i adaptabilitat

Classificació dels estimadors. Estratègies de remallat. Estimació orientada al resultat.

8. Tendències en la resolució numèrica d'EDP.

Introducció als mètodes sense malla. Discontinuous Galerkin per a equacions hiperbòliques de primer ordre.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Familiarització amb el mètode dels elements finits i les seves aplicacions.
- Fonaments per a l'anàlisi del mètode.
- Familiarització amb l'ús de codis d'elements finits. Capacitat per interpretar resultats.
- Coneixement de les tendències en resolució d'EDP.

Capacitats prèvies necessàries

- Fonaments bàsics de mètodes numèrics, equacions diferencials i càlcul.

6.- Metodologia

Exposicions teòriques de les bases del mètode i pràctiques per adquirir soltura amb l'eina numèrica

- **Sessions de teoria:** Exposicions teòriques de les bases del mètode
- **Sessions de problemes:**
- **Pràctiques:** Modificacions a un codi prototipus sobre MATLAB.
- Casos realistes amb un codi professional.

7.- Avaluació

Examen, treballs pràctics i exercicis.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Hughes, T.J.R. *The finite element method: linear static and dynamic finite element analysis*, . Prentice-Hall, 1987.
- Wait, R.; Mitchell, A.R.. *Finite elements analysis and applications*, . Wiley, 1985.
- Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L.. *The finite element method*, 5a ed.. Mc Graw-Hill, 2000.
- Donea, J.; Huerta, A.. *Finite element methods for flow problems*, . Wiley, 2003.
- Ainsworth, M. ; Oden, J.T. *Posteriori error estimation in finite element*, . Wiley, 2000.

Referències complementàries:

- Johnson, C.. *Numerical solution of partial differential equations by the finite element*, . Cambridge University Press, 1990.
- Strang, G.; Fix, G.J. . *An analysis of the finite element method*, . Prentice-Hall, 1973.

Enllaços:

- www-lacan.upc.es

EQUACIONS DIFERENCIALS 1

1.- Identificació

Codi: 10013

Tipus: Obligatòria

Curs: 3 **Quadrimestre:** 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: VILLANUEVA CASTELLTORT, JORDI

Altres professors: GUTIERREZ SERRES, PERE / MARTINEZ-SEARA ALONSO, M. TERESA

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 3+4=7 (*) |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | | |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | | |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | |
| | Total | |

(*) Hi ha dos exàmens (parcial i final).

El temps necessari per adquirir els coneixements teòrics i pràctics d'aquesta assignatura dependrà de la capacitat, l'habilitat i la motivació de cada estudiant.

3.- Objectius

L'assignatura se centrarà en els aspectes teòrics i pràctics fonamentals de l'estudi de les equacions diferencials ordinàries, fent 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 prioritzant les aplicacions en 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.

4.- Continguts

1. Casuística d'equacions diferencials ordinàries

- 1.1 Noció d'equació diferencial ordinària, solucions. Feixos de corbes. Isoclines.
- 1.2 Canvis de variable.
- 1.3 Equacions separables, lineals, de Bernoulli, de Riccati, homogènies, exactes, factors integrants.
- 1.4 Corbes solució, equacions exactes, factors integrants.
- 1.5 Equacions de Lagrange i de Clairaut.

2. Teoremes fonamentals

- 2.1 Introducció.
- 2.2 Teorema d'existència i unicitat de solucions. Lema de Gronwall.
- 2.3 Prolongació de solucions. Solucions maximals.
- 2.4 Regularitat de les solucions respecte a condicions inicials i paràmetres.

3. Equacions i sistemes lineals

- 3.1 Teoria general.
 - 3.1.1 Sistemes homogènies. Estructura de les solucions, matriu fonamental.
 - 3.1.2 Fórmula de variació dels paràmetres.
 - 3.1.3 Fórmula de Liouville. Interpretació geomètrica.
 - 3.1.4 Equacions lineals d'ordre n .
- 3.2 Sistemes lineals de coeficients constants.
 - 3.2.1 Forma de la solució fonamental e^{At} .
 - 3.2.2 Càlcul i propietats de e^{At} . El cas d'equacions lineals d'ordre n .
- 3.3 Equacions lineals d'ordre n no homogènies.
 - 3.3.1 Assaig de solucions. Càlcul simbòlic amb l'operador $P(D)$.
 - 3.3.2 Transformada de Laplace.
- 3.4 Sistemes lineals t -periòdics.
 - 3.4.1 Teorema de Floquet. Matriu de monodromia.
 - 3.4.2 Multiplicadors i exponents característics. Iniciació al concepte d'estabilitat.

4. Teoria qualitativa

- 4.1 Punts crítics i òrbites periòdiques. Estabilitat.
- 4.2 L'aplicació de Poincaré.
- 4.3 Comportament asimptòtic de les solucions.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Vegeu OBJECTIUS.

Capacitats prèvies necessàries

- Càlcul 1, Càlcul 2, Càlcul 3, Anàlisi Real, Àlgebra i Geometria.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** A les classes de teoria es presentaran els resultats i els conceptes bàsics del curs, intentant conjugar en l'exposició el rigor inherent a les matemàtiques amb la màxima didàctica i motivació dels coneixements presentats.
- **Sessions de problemes:** Resolució d'exercicis per part dels professors de problemes, amb l'eventual participació dels estudiants. També s'hi exposaran alguns dels continguts més pràctics del temari.

7.- Avaluació

Hi haurà un examen parcial no eliminadori i un examen final.

La nota final (NF) es calcularà amb la fórmula:

$$NF = \max (EF, 0,3 * EP + 0,7 * EF)$$

On:

$0 \leq EP \leq 10$ és la nota de l'examen parcial.

$0 \leq EF \leq 10$ és la nota de l'examen final.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Arnold, V.I.. *Ordinary differential equations*, . M.I.T. Press, 1973.
- Braun, M.. *Differential equations and their applications*, 4a ed.. Springer-Verlag, 1993.
- Coddington, E.A.; Levinson, N.. *Theory of ordinary differential equations*, . McGraw-Hill, 1955.
- Guzman, M. de. *Ecuaciones diferenciales ordinarias: teoría de estabilidad y control*, . Alhambra, 1975.
- Martínez Carracedo, C.; Sanz Alix, M.A.. *Introducción a las ecuaciones diferenciales ordinarias*, . Reverté, 1991.

Referències complementàries:

- Boyce, W.E.; DiPrima, R.C.. *Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera*, 4a ed.. Limusa, 1998.
- Guckenheimer, J.; Holmes, P. *Nonlinear oscillations, dynamical systems, and bifurcations of vector fields*, . Springer-Verlag, 1983.
- Hirsch, M.W.; Smale, S.. *Ecuaciones diferenciales, sistemas dinámicos y álgebra lineal*, . Alianza Universidad, 1983.

- Nagle, R.K.; Saff, E.B.. *Fundamentos de ecuaciones diferenciales*, . Addison-Wesley Iberoamericana, 1992.
- Sotomayor, J. . *Lições de equações diferenciais ordinárias*, . IMPA, 1979.

Enllaços:

- Col·lecció de problemes: pàgina web <http://www-ma1.upc.es/~edos1/>

EQUACIONS DIFERENCIALS 2 // EQUACIONS EN DERIVADES PARCIAIS

1.- Identificació

Codi: 10020

Tipus: Obligatòria

Curs: 3 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: VALENCIA GUITART, MARTA

Altres professors: MASDEMONT SOLER, JOSEP JOAQUIM

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 10(*) |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 40(*) |
| | Total | 206 |

(*) hi ha dos examens parcials i un de final

3.- Objectius

Presentar els punts més bàsics dins de la teoria d'equacions en derivades parcials.

- Proporcionar una bona base per als estudiants que desitgin seguir estudis més avançats.
- Tenint en compte la seva rel·levància 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.

4.- Continguts

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. Teoria de Sturm-Liouville i Funcions de Green.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Ràpida distinció entre les tres famílies d'equació en derivades parcials estudiades. Propietats, resolució, etc.
- Interpretació física dels models.
- Aplicar les tècniques del curs.

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixement de les assignatures del primer cicle de la Llicenciatura de Matemàtiques

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Classes de teoria complementades amb exemples. Es deixen alguns punts incomplets per tal que els estudiants els completin per ells mateixos i els entreguin al llarg del curs (voluntari).
- **Sessions de problemes:** Classes de resolució de problemes sobre una llista d'enunciats proposats prèviament.

7.- Avaluació

Hi han dos parcials eliminatoris si la nota és superior o igual a 4. Hi ha un final en el que es presenten els estudiants que no han eliminat matèria o aquells que volen millorar la nota. La nota final ve afectada d'un coeficient en funció dels problemes entregats a classe de teoria.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Courant, R.; Hilbert, D.. *Methods of mathematical physics*, . John Wiley & Sons, 1989.
- Hellwig, G.. *Partial differential equations*, 2a ed.. Tembner, 1977.
- Tijonov, A.N.; Samarsky A.D. . *Ecuaciones de la física matemática*, 3a ed. . Mir, 1983.
- Weinberger, H.F.. *Ecuaciones diferenciales en derivadas parciales*, . Reverté, 1970.
- Zachmanoglou, E.C.; Thoe, D.W.. *Introduction to partial differential equations with applications*, . Dover, 1986.

Referències complementàries:

- Bitsadze, A.V.; Kalinichenko, D.F.. *A collection of problems on the equations of mathematical physics*, . Mir, 1980.
- Budak, B.M.; Samarsky, A.D.; Tijonov, A.N.. *Problemas de la física matemática*, . Mc -Graw-Hill, 1992.
- Kellogg, O.D. . *Foundations of potential theory*, . Springer-Verlag, 1967.
- Mijailov, V. *Ecuaciones en derivadas parciales*, . Mir, 1978.
- Sobolev, S.L.. *Partial differential equations of mathematical physics*, . Dover, 1989.

FÍSICA GENERAL

1.- Identificació

Codi: 10001

Tipus: Obligatòria

Curs: 1 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: GUARDIA MANUEL, ELVIRA

Altres professors: TRULLAS SIMO, JOAQUIM

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4+4=8 (*) |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 (#) | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 (#) | 52 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 15+25 (#) |
| | Total | 191 |

(*) Hi ha dos exàmens, el parcial i el final.

(#) Dades orientatives (el nombre d'hores d'estudi i la seva distribució depenen molt de les aptituds, el caràcter i la formació prèvia de cada estudiant).

3.- Objectius

El principal objectiu de l'assignatura és aprofundir en la comprensió de les dues teories científiques més rellevants de la física clàssica: la mecànica i l'electromagnetisme clàssics. (Tot i que l'assignatura es diu Física General, el temps disponible d'un quadrimestre no permet donar una visió general d'aquesta ciència.) L'objectiu general comporta assolir altres objectius com els que indiquem tot seguit:

- Conèixer i entendre les lleis fonamentals de la mecànica i l'electromagnetisme clàssics, i veure com permeten desenvolupar una teoria científica (tot entenent que el seu rang de validesa és limitat).
- Mostrar com la física (i la ciència en general) utilitza el llenguatge matemàtic per descriure (modelitzar) el comportament de la naturalesa.
- Veure que la comprensió i la descripció de molts fenòmens físics porten de manera natural al desenvolupament de les eines matemàtiques adequades. L'assignatura de Física introduirà l'estudiant en camps de les matemàtiques (equacions diferencials i anàlisi de camps vectorials) que després estudiarà amb més profunditat en cursos posteriors.
- Saber plantejar i resoldre problemes del programa de l'assignatura al nivell que s'imparteix, emfasitzant la importància d'analitzar els resultats obtinguts.

4.- Continguts

1. Vectors

Descripció d'un vector. Operacions elementals amb escalars i vectors. Producte escalar i producte vectorial de dos vectors. Derivada i integral d'una funció vectorial respecte d'una variable escalar.

2. Dinàmica d'una partícula (1): equacions del moviment

Vectors posició, velocitat i acceleració. Moviments rectilinis, parabòlics i circulars. Components intrínsecs de l'acceleració. Lleis de Newton del moviment. Resolució analítica d'algunes equacions del moviment dependents de la velocitat. Limitacions de la mecànica clàssica.

3. Dinàmica d'una partícula (2): teoremes de conservació

Treball, potència i energia cinètica. Forces conservatives i energia potencial: conservació de l'energia mecànica. Oscil·lador harmònic simple. Energia potencial, equilibri i petites oscil·lacions en una dimensió. Impuls d'una força i moment lineal: conservació del moment lineal. Moment d'una força i moment angular: conservació del moment angular.

4. Camp gravitatori

Lleis de Kepler. Llei de Newton de la gravitació. Energia i moviment en camps de forces centrals: energia potencial efectiva. Òrbites en un camp gravitatori. Flux d'un camp vectorial: teorema de Gauss per als camps newtonians. Camp gravitatori d'un cos amb simetria esfèrica.

5. Camp elèctric

Estructura de la matèria i forces a la naturalesa. Llei de Coulomb i camp elèctric. Llei de Gauss per al camp elèctric. Camp i potencial elèctrics: línies de camp elèctric i superfícies equipotencials. Conductors en equilibri electrostàtic.

6. Camp magnètic

Força magnètica sobre una càrrega puntual en moviment: força de Lorentz. Moviment d'una partícula carregada en un camp magnètic uniforme. Força magnètica sobre un corrent elèctric. Acció d'un camp magnètic sobre una espira i un imant. Camp magnètic creat per un corrent elèctric: Llei de Biot i Savart. Línies de camp magnètic i flux magnètic: Llei d'Ampère i Llei de Gauss del magnetisme.

7. Camp electromagnètic

Fenòmens d'inducció electromagnètica: lleis de Faraday i de Lenz. Força electromotriu induïda pel moviment. Equacions de Maxwell en el buit. Ones electromagnètiques planes i linealment polaritzades. Espectre electromagnètic. Interferències.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Saber descriure el moviment (cinemàtica) d'una partícula mitjançant el vector posició de la seva trajectòria, la velocitat i l'acceleració, ja sigui en les components cartesianes o les intrínseques. I saber integrar l'equació del moviment d'una partícula en el cas de forces dependents del temps o de la velocitat.
- Entendre i relacionar els conceptes mecànics de treball, potència i energia, sobretot quan intervenen forces conservatives (com la de la gravetat prop de la superfície terrestre, la força elàstica d'una molla o camps de forces centrals).
- Conèixer els teoremes de conservació de l'energia mecànica, del moment lineal i del moment angular, i saber-los aplicar per resoldre problemes del moviment degut a forces conservatives i forces perpendiculars a la trajectòria (com ara la tensió d'un fil o la reacció normal d'una superfície).
- Ser capaç de descriure el comportament dinàmic d'una partícula a partir de l'anàlisi de la seva energia en el cas unidimensional (d'una manera especial el cas de l'oscil·lador lliure) i saber calcular la freqüència de les petites oscil·lacions al voltant d'un punt d'equilibri estable.
- Tenint en compte els teoremes de conservació de l'energia mecànica i del moment angular, saber analitzar els possibles moviments en un camp de forces central (d'una manera particular el gravitatori) mitjançant el radi vector i les components radial i transversal de la velocitat.
- Conèixer i relacionar la Llei de Coulomb i la Llei de Gauss per al camp elèctric, i saber utilitzar-les per calcular el camp i el potencial elèctric deguts a càrregues puntuals i distribucions uniformes de càrrega sobre superfícies planes molt grans (pràcticament infinites), sobre fils molt llargs (pràcticament infinits) i sobre superfícies esfèriques (especialment en el cas de conductors en equilibri electrostàtic).
- Conèixer la força de Lorentz sobre una càrrega elèctrica i saber-la aplicar per determinar el moviment en casos particulars de camps elèctrics i magnètics uniformes, així com per calcular la força que exerceix un camp magnètic sobre un corrent elèctric filiforme.
- Conèixer la Llei de Biot i Savart i, en particular, saber-la utilitzar per calcular el camp magnètic en l'eix d'una espira circular o el creat per un corrent rectilini molt llarg.
- Entendre les lleis de Faraday i de Lenz i saber-les aplicar per determinar el corrent induït en casos senzills.

- Saber que la llei de Gauss del camp elèctric i la del magnetisme, juntament amb la llei de Faraday i la d'Ampère ampliada amb el corrent de desplaçament, són les anomenades Equacions de Maxwell, que, juntament amb la força de Lorentz i el principi de conservació de càrrega, constitueixen les lleis fonamentals de l'electromagnetisme clàssic.

Capacitats prèvies necessàries

- Tenir coneixements de matemàtiques elementals: nocions bàsiques de geometria i trigonometria, resolució d'equacions i sistemes d'equacions senzills, operacions amb potències i logaritmes, i càlcul de derivades i integrals immediates.
- Conèixer el sistema internacional d'unitats (m, kg, s, N, J, W, A, C, V, T).
- Tenir coneixements de cinemàtica senzills per descriure moviments rectilinis uniformes, moviments uniformement accelerats (rectilinis o parabòlics), moviments circulars (amb velocitat o acceleració angulars constants) i moviments harmònics simples.
- Tenir nocions bàsiques de mecànica. En particular, conèixer les lleis de Newton del moviment i els conceptes de treball, energia i potència.
- Tenir nocions bàsiques d'electromagnetisme. En particular, conèixer la llei de Coulomb.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** En aquestes sessions s'introduiran i desenvoluparan les principals idees i conceptes de la mecànica i l'electromagnetisme clàssics. La metodologia serà la clàssica lliçó magistral a la pissarra. El desenvolupament teòric anirà acompanyat amb exemples d'aplicació en problemes concrets. A més, es proposaran una sèrie d'exercicis i problemes perquè els estudiants els intentin resoldre pel seu compte.
- **Sessions de problemes:** En aquestes sessions, d'entre els exercicis i problemes proposats, el professor resoldrà els que consideri més il·lustratius i donarà les pautes per resoldre els que puguin presentar més dificultats. També respondrà les qüestions sobre problemes concrets que li plantegin els estudiants i, si cal, els resoldrà parcialment o completament.

7.- Avaluació

Hi haurà un primer examen parcial eliminatori de matèria, i un segon parcial si s'aprova el primer o bé un examen final de tota l'assignatura.

La nota de l'assignatura serà la mitjana de la dels parcials o la del final.

Tots els exàmens consistiran en la resolució de problemes i qüestions.

La convocatòria extraordinària consistirà en un examen del mateix tipus que els anteriors, i la nota obtinguda serà la de l'assignatura.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Gettys, W.; Keller, J.; Skove, M.. *Física para ciencias e ingeniería*, 2a ed.. McGraw-Hill, 2005.
- Tipler, P.A.; Mosca G.. *Física para la ciencia y la tecnología (2 vol.)*, 5a ed.. Reverté, 2005.
- Serway R.A.; Jewett, J.W.. *Física (2 vol.)*, 3a ed.. Thomson, 2003.
- Alonso, M.; Finn, E.. *Física*, Reimp.. Pearson&Addison Wesley, 2000.

- Sears, F. W.; Zemansky M.W.; Young H.D.; Freedman R.A.. *Física universitaria*, 11a ed.. Pearson&Addison Wesley, 2004.

Referències complementàries:

- Feynman, R.; Leighton, R.; Sands, M.. *Física (2 vol.)*, . Addison-Wesley Longman de Mexico, 1987.
- . *Berkeley physics course (2 vol)*, . Reverté, 1992.
- Marion, J.B.. *Dinámica clásica de las partículas y sistemas*, . Reverté, 1995.
- Plonus, M.A.. *Electromagnetismo aplicado*, . Reverté, 1992.

GEOMETRIA

1.- Identificació

Codi: 10008

Tipus: Obligatòria

Curs: 2 **Quadrimestre:** 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: XAMBO DESCAMPS, SEBASTIAN

Altres professors: HURTADO DIAZ, FERNANDO ALFREDO / PRATS DUAYGUES, FRANCESC

Idioma: Català, Castellà i Anglès

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4+4=8 (*) |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 4 | 52 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 5 | 65 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 10+15=25 |
| | Total | 215 |

Hi ha dos exàmens, un de parcial i un de final.

3.- Objectius

Tractament dels conceptes més bàsics de les geometries afí, euclidiana i projectiva, les seves interrelacions més fonamentals i una mostra dels problemes que permeten resoldre.

- Resolució de problemes geomètrics pel mètode sintètic.
- Assimilació del mètode analític en l'àmbit afí, amb una atenció especial a les varietats i transformacions lineals.
- Assimilació del mètode analític en l'àmbit euclidià, amb una atenció especial a les transformacions lineals que conserven distàncies i angles.
- Conèixer l'estructura conceptual de la geometria projectiva i la seva relació amb les geometries afí i mètrica, amb una atenció particular al tractament dels punts de l'infinít i l'homogeneïtzació de coordenades.
- Entendre els aspectes projectius, afins i mètrics bàsics de les figures de segon grau.

4.- Continguts

1. Geometria clàssica

Revisió dels conceptes fonamentals de la geometria sintètica.

2. Geometria afí

Espai afí. Varietats lineals. Referència afí i coordenades cartesianes. Raó simple. Equacions paramètriques i cartesianes de les varietats lineals. Aplicacions afins i afinitats. Equacions de les afinitats. Punts fixos d'una afinitat. Grup afí.

3. Geometria mètrica

Espai afí euclidià: mètrica, distàncies i angles. Perpendicularitat: espai ortogonal, projecció ortogonal, bases ortonormals, matrius ortogonals. Distàncies entre varietats lineals. Orientacions d'un espai vectorial real. Volum i producte vectorial. Angles orientats. Desplaçaments i semblances. Desplaçaments i semblances en la recta, en el pla i en l'espai. Introducció als quaterns.

4. Geometria projectiva

Espai projectiu. Varietats lineals. Compleció projectiva de l'espai afí. Coordenades projectives. Relació entre coordenades afins i projectives. Equacions paramètriques i cartesianes de les varietats lineals. Projectivitats. Raó doble. Quaterns harmònics. Dualitat. Homografies.

5. 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.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Distingir entre el mètode sintètic i el mètode analític i comprendre la relació entre tots dos.
- Plantejar i resoldre problemes geomètrics usant mètodes sintètics.
- Plantejar i resoldre problemes geomètrics usant mètodes analítics.
- Distingir entre els nivells projectiu, afí i euclidià de la geometria, comprendre'n les interrelacions i saber-los aplicar per resoldre problemes.
- Entendre les transformacions projectives, afins i euclidianes i saber-les aplicar.
- Comprendre les bases sobre les quals descansen diverses aplicacions de la geometria.

Capacitats prèvies necessàries

- Conèixer la descripció i les propietats bàsiques de les entitats geomètriques més elementals.
- Conèixer i saber aplicar els mètodes d'àlgebra lineal.

6.- Metodologia

Classes de teoria i de problemes.

- **Sessions de teoria:** S'expliquen d'una manera sistemàtica els diversos temes del programa i s'il·lustren amb exemples escollits.
- **Sessions de problemes:** Es fan problemes relacionats amb els temes de teoria amb la participació dels alumnes.

7.- Avaluació

Hi haurà un examen parcial dels tres primers temes, avaluat sobre 3 punts, i un de final avaluat sobre 7 punts. La nota final serà $\text{MAX}\{0,3 \cdot \text{NP} + 0,7 \cdot \text{NF}, \text{NF}\}$.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Xambó, S.. *Geometria*, 2a ed.. Edicions UPC, 2001.
- Berger, M.. *Geometry (2 vols.)*, . Springer-Verlag, 1987.
- Santaló, Ll.. *Geometría proyectiva*, 3a ed.. EUDEBA, 1977.
- Reventós, A.. *Geometria projectiva*, . Edicions UAB, 2000.
- Guzmán, M. de. *Mirar y ver*, . Tres Cantos Nivola, 2004.

Referències complementàries:

- Sidler, J.C.. *Géométrie projective cours*, . InterEditions, 1993.
- Castellet, M.; Llerena, I.. *Àlgebra lineal i geometria*, 4a ed.. Publicacions UAB, 2000.
- Burn, R.P.. *Groups a path to geometry*, . Cambridge Univ. Press, 1985.
- Roe, J.. *Elementary geometry*, . Oxford Univ. Press, 1999.
- Coxeter, H.S.M.. *Fundamentos de geometría*, . Limusa, 1971.

GEOMETRIA DIFERENCIAL 1

1.- Identificació

Codi: 10018

Tipus: Obligatòria

Curs: 3 **Quadrimestre:** 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: MARTIN DE LA TORRE, PABLO

Altres professors: GRACIA SABATE, FRANCESC XAVIER / BURILLO PUIG, JOSE

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4+4=8 * |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 10+15=25 * |
| | Total | 155 |

(*) Hi ha dos exàmens: el parcial i el final.

3.- Objectius

Aquesta assignatura vol donar una primera visió de la geometria diferencial, a partir del que es pot considerar un curs bàsic de corbes i superfícies de l'espai, així com una introducció a les varietats diferenciables.

- La primera part té com a objectiu establir les relacions locals i globals entre les formes explícita, implícita i parametritzada de subvarietats de l'espai euclidià. Les eines fonamentals són els teoremes de la funció inversa i implícita.
- En la secció dedicada a corbes 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 l'ús amb suficiència del càlcul amb coordenades.

4.- Continguts

1. Varietats diferenciables regulars

Interpretació geomètrica dels teoremes del càlcul diferencial: expressions explícita, implícita i paramètrica. Relacions locals i globals. Exemples.

2. Corbes al pla i a l'espai

Corbes parametritzades regulars. Longitud. El triedre de Frenet. Teorema d'existència i unicitat. Forma canònica. Hèlixs.

3. Superfícies I

Superfícies com a subvarietats de l'espai i parametritzades. Pla tangent. Aplicació tangent. Àrea i primera forma fonamental.

4. Superfícies II

Aplicacions de Gauss i Weingarten. Segona forma fonamental. Curvatura. Forma canònica i indicatriu de Dupin. Símbols de Christoffel. Equacions de Gauss i Codazzi-Mainardi i teorema egregium. Teorema de Bonnet.

5. Superfícies III

Derivada covariant. Transport paral·lel. Curvatura geodèsica. Geodèsiques.

6. Superfícies IV

Aplicació exponencial i coordenades geodèsiques. Completesa. Teorema de Gauss-Bonnet.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Comprendre el concepte de subvarietat de \mathbb{R}^n .
- Calcular cartes de varietats conegudes (esfera, tor, con).
- Càlcul diferencial en varietats.

- Representar corbes al pla i a l'espai. Utilització del trièdre de Frenet per obtenir propietats de les corbes.
- Aplicar la primera forma fonamental al càlcul de longituds i àrees en superfícies.
- Obtenir isometries. Aplicacions.
- Càlcul de la segona forma fonamental, curvatures de Gauss i mitjana.
- Interpretacions.
- Distingir conceptes de la geometria intrínseca. Càlcul dels símbols de Christoffel.
- Comprendre propietats de les corbes geodèsiques.

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixements d'anàlisi real en diverses variables.
- Fórmula de Taylor. Teoremes de la funció implícita i inversa. Integració.
- Coneixements d'àlgebra lineal. Espais vectorials i aplicacions lineals. Matriu d'una aplicació lineal en una base. Formes quadràtiques. Productes escalars.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** A les classes de teoria s'impartiran els coneixements bàsics, en els quals s'aprofundirà en les classes de problemes. Es farà èmfasi en els exemples.
- **Sessions de problemes:** Les classes de problemes combinaran la resolució de problemes d'una llista àmplia, per aprofundir i completar les explicacions de teoria, amb la utilització de material informàtic (Maple) per il·lustrar els conceptes que s'estudien.

7.- Avaluació

Examen parcial no eliminatori. Constarà de problemes que s'hauran de resoldre.

Examen final. Problemes que s'hauran de resoldre.

La nota de l'assignatura s'obté de: $\max\{\text{final}, 0,7 * \text{final} + 0,3 * \text{parcial}\}$

La convocatòria extraordinària serà també un examen de problemes. La nota s'obté de la mateixa manera que amb l'examen final.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Carmo, M.P. do. *Geometria diferencial de curvas y superficies*, . Alianza Universidad, 1990.
- Cordero, L.; Fernández, M.; Gray, A.. *Geometria diferencial de curvas y superficies*, . Addison-Wesley Iberoamericana, 1995.
- Girbau, J.. *Geometria diferencial i relativitat*, . Publicacions de la Universitat de Barcelona, 1993.
- Lipschutz, M.. *Geometria diferencial* . McGraw-Hill, 1991.
- Novikov, S.P.; Fomenko, A.T.. *Basic elements of differential geometry and topology*, . Kluwer, 1990.

Referències complementàries:

- Berger, M; Gostiaux, B *Differential geometry: manifolds, curves and surfaces*, . Springer-Verlag, 1988.
- Fedenko, A.S.. *Problemas de geometría diferencial* . Mir, 1991.
- Spivak, M.. *A comprehensive introduction to differential geometry (vol. 1)*, 3a ed.. Houston Publish or Perish, 1999.
- Stillwell, J.. *Geometry of surfaces*, . Springer-Verlag, 1992.
- Struik, D. J.. *Lectures on classical differential geometry*, 2a ed.. Dover, 1988.

Enllaços:

- <http://www-sfb288.math.tu-berlin.de/vgp/>

GEOMETRIA DIFERENCIAL 2//GEOMETRIA DIFERENCIAL

1.- Identificació

Codi: 10025

Tipus: Obligatòria

Curs: 3 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: GRACIA SABATE, FRANCESC XAVIER

Altres professors: PADRO LAIMON, CARLES

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 6 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 24 |
| | Total | 186 |

3.- Objectius

Les varietats diferenciables es troben pertot: apareixen en diverses branques de la matemàtica (començant pel nivell més elemental de les corbes i superfícies), en la física teòrica (i molt especialment en la mecànica) i en nombroses aplicacions científiques i tècniques de les matemàtiques.

Les varietats diferenciables són espais localment semblants a l'espai euclidià, on es pot fer càlcul diferencial. Aquest càlcul es pot fer mitjançant coordenades, però no ha de dependre de les coordenades utilitzades (diem que ha de ser *intrínsec o geomètric*). Per això cal bastir una teoria que permeti treballar directament amb conceptes geomètrics.

El curs és una introducció a les varietats diferenciables, i és bàsic per a estudis més avançats tant de caràcter pur (com ara les geometries riemanniana i simplèctica) o aplicat (com ara mecànica o teoria de control).

Més detalladament, els objectius són:

- Dominar els conceptes bàsics: varietat diferenciable, aplicació diferenciable, espais tangent i cotangent, aplicació tangent, subvarietats, camps vectorials i 1-formes diferencials, camps tensorials, etc.
- Calcular amb els objectes esmentats, tant en coordenades com de forma intrínseca.
- Entendre la interpretació geomètrica dels objectes estudiats i relacionar-los amb els estudiats prèviament dins les assignatures de Càlcul 2, Càlcul 3, Geometria Diferencial 1 i Equacions Diferencials 1.

4.- Continguts

1. Varietats diferenciables

Cartes, atlas, i estructures diferenciables.
Aplicacions diferenciables, difeomorfismes.
Funcions altiplà.
Particions de la unitat.

2. Vectors tangents i cotangents

Vectors tangents, espai tangent.
Aplicació tangent.
Vector tangent d'un camí en un punt.
Vectors cotangents, espai cotangent
Diferencial d'una funció en un punt.

3. Subvarietats

Subvarietats regulars.
Restricció i extensió d'aplicacions.
Rang d'una aplicació.
Immersions i submersions.
Subvarietats immerses. Immersions difeomorfes.

4. Fibrats tangent i cotangent

El fibrat tangent d'una varietat.
Camps vectorials.
Parèntesi de Lie de camps vectorials.

El fibrat cotangent d'una varietat.
1-formes diferencials.
Dualitat entre camps vectorials i 1-formes diferencials.

5. Equacions diferencials i fluxos

Equacions diferencials en una varietat.
Flux d'un camp vectorial.
Grups uniparamètrics de transformacions.
Derivada de Lie de funcions i de camps vectorials.

6. Camps tensorials

Camps tensorials en una varietat, i operacions amb aquests camps.
Formes diferencials i diferencial exterior.
Derivada de Lie de camps tensorials.

7. Algunes aplicacions

Introducció als grups de Lie, la geometria riemanniana, la geometria simplèctica, els sistemes diferencials i la integració en varietats.

5.- Capacitats

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixement ampli de les assignatures d'Àlgebra Lineal, Càlcul 1, Càlcul 2, Càlcul 3, Topologia, Geometria Diferencial 1 i Equacions Diferencials 1.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** S'hi introdueixen els conceptes i resultats fonamentals de l'assignatura, acompanyats d'algun exemple rellevant.
- **Sessions de problemes:** Es resolen problemes il·lustratius de la teoria estudiada, i alguns problemes on s'amplien alguns conceptes.

7.- Avaluació

Hi ha un examen parcial (no eliminatori) i un examen final.

La qualificació de l'assignatura s'obté a partir de l'examen final; l'examen parcial podrà servir, eventualment, per millorar la nota final.

Els exàmens poden incloure teoria i problemes.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Lee, J. M.. *Introduction to smooth manifolds*, . Springer, 2003.
- Conlon, L.. *Differentiable manifolds: a first course*, . Birkhäuser, 1993.
- Boothby, W. M.. *An introduction to differentiable manifolds and riemannian geometry*, 2nd ed.. Academic Press, 1986.
- Warner, F. W.. *Foundations of differentiable manifolds and Lie groups*, . Springer, 1983.
- Spivak, M.. *A comprehensive introduction to differential geometry, vol. I*, 3a ed.. Houston Publish or Perish, 1999.

Referències complementàries:

- Hicks, N. J.. *Notes on differential geometry*, . Van Nostrand, 1971.
- Berger, M.; Gostiaux, B.. *Differential geometry: manifolds, curves, and surfaces*, . Springer, 1988.
- Abraham, R.; Marsden, J. E.; Ratiu, T.. *Manifolds, tensor analysis, and applications*, 2nd ed.. Springer, 1988.
- Girbau, J.. *Geometria diferencial i relativitat*, . Publicacions de la UAB, 1993.
- Curràs Bosch, C.. *Geometria diferencial: varietats diferenciables i varietats de Riemann*, . Edicions Universitat de Barcelona, 2003.

Enllaços:

- <http://www-ma4.upc.edu/~xgracia/gd2/>

GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL

1.- Identificació

Codi: 11870

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: HURTADO DIAZ, FERNANDO ALFREDO

Altres professors:

Idioma: Català, Castellà i Anglès

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 1 | 13 |
| Realització d'exàmens | | 3+5=8 (*) |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | | 8 |
| Preparació d'exàmens | | 10+15=25 |
| | Total | 184 |

(*) Hi ha dos exàmens, un de parcial i un de final.

3.- Objectius

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 constitueixen el nucli i la part prioritària del curs. Es presenten també elements de geometria discreta i combinatòria fortament relacionats amb aquesta activitat, on es mostra com l'estructura combinatòria d'un problema geomètric sovint decideix quin mètode algorímic resol el problema amb la màxima eficiència, a més de possibilitar l'anàlisi acurada dels algorismes.

- Copsar que l'emergència de molts problemes de la geometria computacional és deguda a l'expansió accelerada, en exigències i en desenvolupament, del processament d'informació geomètrica i gràfica, present en àrees tan diverses com ara la medicina, el control de robots o el disseny artístic.
- Mantenir clarament 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, els sistemes d'informació geogràfica i la robòtica.

4.- Continguts

1. Preliminars

Revisió de mètodes algorísmics, models de computació, tècniques d'anàlisi i estructures de dades. Representació d'objectes geomètrics bàsics.

2. Descomposicions de l'espai

Subdivisions planars. Triangulacions. Descomposicions trapezoidals. Localització de punts.

3. Envolupant convexa

Polítops i envolupants convexos. Algorismes de construcció. Programació lineal. Fites inferiors: teorema de Ben-Or.

4. Estructures de proximitat

Grafs de proximitat. Diagrama de Voronoi. Triangulació de Delaunay. Relacions amb les envolupants convexes. Aplicacions.

5. Arranjaments

Arranjaments de rectes, hiperplans i segments. Teoremes de zona. Construcció incremental. Complexitat de les envolupants inferiors. Dualitat. Aplicacions.

6. Visibilitat i planificació de moviments

Teoremes de galeries d'art. Grafs de visibilitat. Camins més curts.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Saber representar adequadament objectes i estructures geomètriques.
- Saber crear i utilitzar estructures de dades adequades per al tractament eficient d'objectes i estructures geomètriques.
- Saber crear, utilitzar i analitzar algorismes eficients per a problemes de computació sobre objectes i estructures geomètriques.
- Saber desenvolupar i utilitzar eines combinatories per a l'estudi de la complexitat d'objectes i estructures geomètriques.
- Saber desenvolupar i utilitzar eines de geometria discreta per a l'estudi de les configuracions d'objectes i estructures geomètriques, en particular les que siguin òptimes o extrems.
- Saber utilitzar els teoremes i mètodes de la geometria computacional per poder emprar-los com a eines fonamentals en totes les capacitats esmentades anteriorment.

Capacitats prèvies necessàries

- Conèixer la descripció i les propietats de les entitats geomètriques bàsiques, dels mètodes algorísmics bàsics i dels conceptes inicials sobre grafs.
- No és indispensable però és un gran avantatge el fet d'haver estudiat algorísmica prèviament. L'estudi previ o simultani de la combinatòria i de la teoria de grafs és un ajut.

6.- Metodologia

Classes de teoria i de problemes

- **Sessions de teoria:** S'expliquen de manera sistemàtica els diversos temes del programa i es desenvolupen amb completa nombrosos exemples.
- **Sessions de problemes:** Es fan problemes relacionats amb els temes de teoria amb la participació dels alumnes.
- **Pràctiques:** De manera no presencial es fan exploracions de webs on es poden veure implementacions d'algorismes propis de la matèria.

7.- Avaluació

La qualificació s'articularà al voltant de quatre elements: lectura i exposició d'algorismes, lliurament de problemes i resums, possibles pràctiques de programació i exploració de la xarxa (n'hi podria haver alguna, però no de manera regular) i dues proves escrites.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Berg, M. de, et al.. *Computational geometry, algorithms and applications*, 2a ed.. Springer-Verlag, 2000.
- Boissonnat, J-D.; Yvinec, M.. *Algorithmic geometry*, . Cambridge Univ. Press, 1997.
- Edelsbrunner, H.. *Algorithms in combinatorial geometry*, . Springer-Verlag, 1987.
- O'Rourke, J.. *Computational geometry in C*, 2a ed.. Cambridge Univ. Press, 1998.
- Preparata, F.; Shamos, M.. *Computational geometry: an introduction*, . Springer-Verlag, 1987.

Referències complementàries:

- Du, Ding-zhu.; Hwang, F.. *Computing in euclidean geometry*, 2a ed. . World Scientific, 1995.
- Pach, J.; Agarwal, P.. *Combinatorial geometry*, . Wiley & Sons, 1995.
- O'Rourke, J.. *Art gallery theorems and algorithms*, . Oxford University Press, 1987.
- Matousek, J.. *Lectures on Discrete Geometry*, . Springer-Verlag, 2002.
- Okabe, A., et al. . *Spatial tessellations: concepts and applications of Voronoi diagrams*, 2a ed.. Wiley & Sons, 2000.

Enllaços:

- <http://compgeom.cs.uiuc.edu/~jeffe/compgeom/compgeom.html>
- <http://www.voronoi.com/>
- <http://www.ics.uci.edu/~eppstein/junkyard/>

HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA

1.- Identificació

Codi: 12802

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (7,5 crèdits teòrics + crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: RECASENS GALLART, EDUARDO

Altres professors:

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 4 | 52 |
| Problemes i/o pràctiques | 1 | 13 |
| Realització d'exàmens | | 3 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | | |
| Realització de treballs | | 30 |
| Preparació d'exàmens | | 12 |
| | Total | 149 |

3.- Objectius

Explorant el passat de les matemàtiques volem mostrar com han sorgit i com s'han desenvolupat al llarg del temps els conceptes, teoremes, mètodes i axiomàtiques que avui trobem exposats en els textos sota una concepció pragmàtica, lògica i didàctica que moltes vegades no coincideix amb l'ordre històric en què van ser inventats o descoberts.

- Conèixer les matemàtiques que es feien en el passat.
- Que amb el coneixement del passat l'alumne sigui capaç d'adquirir una visió crítica sobre l'estat actual de les matemàtiques
- Conèixer les concepcions epistemològiques sota les quals es van crear les matemàtiques en el passat.
- Resoldre problemes amb els mètodes amb què van ser resolts per primera vegada.
- Aprendre a saber llegir i interpretar els textos originals.
- Aprendre a contextualitzar històricament.
- Conèixer la biografia dels matemàtics i matemàtiques que ens han precedit.
- Que amb el coneixement del passat l'alumne adquireixi una visió de la matemàtica com una activitat lligada a l'acció humana i que com a tal, les seves parts components neixen i es transformen, algunes moren i algunes, amb el temps, ressusciten.

4.- Continguts

1. Matemàtiques a Babilònia i Egipte

Coneixement dels primers documents matemàtics escrits que avui coneixem. Algunes indicacions sobre l'ús de la matemàtica a les civilitzacions egípcia i babilònica. Els primers sistemes de numeració. El càlcul i la mesura.

2. Matemàtiques a l'antiga Grècia

El problema de les fonts. Els pitagòrics. El problema de la incommensurabilitat. Interseccions entre matemàtica i filosofia. Els elements d'Euclides. Les quadratures d'Arquimedes. Les còniques d'Apol·loni. Els inicis de la trigonometria.

3. Matemàtiques a l'Europa medieval

El Quadríviem. Gerbert d'Orlhac. Abraham Har Hiyya. Leonardo de Pisa (Fibonacci). Les traduccions.

4. Sobre els inicis de l'àlgebra

Els babilònics i el llibre II d'Euclides. El cas de Diofant. Al-Hwarizmi. Les aritmètiques mercantils. La qüestió de les notacions algebraïques. La resolució de les equacions polinòmiques de tercer i quart grau. Bombelli i els imaginaris. Viète i l'art analític. Girard i el teorema fonamental de l'àlgebra.

5. Matemàtiques a l'època renaixentista

Regiomontanus i la trigonometria. Stevin i les fraccions decimals. El naixement dels logaritmes. Geometria i pintura. La cartografia. La recuperació del passat grec.

6. Matemàtiques al segle XVII

Fermat i Descartes: àlgebra i geometria. Cavalieri, Fermat, Roberval, Wallis, Barrow, Newton, Leibniz: Els inicis del càlcul infinitesimal. Pascal, Huygens: els inicis del càlcul de probabilitats.

7. La matematització de la física

L'obra de Copèrnic. L'astrònom Tycho Brahe. Kepler i les òrbites el·líptiques, Galileu i la cinemàtica. Isaac Newton. El problema de la braquistòcrona. El problema de la corda vibrant. Euler i D'Alembert.

8. L'evolució de l'àlgebra al segle XIX

El teorema fonamental de l'àlgebra. Gauss i les congruències. Hamilton: els nombres complexos i els quaternions. Els inicis del càlcul vectorial. L'obra de Grassmann. Kummer, Dedekind i els nombres ideals. La insolubilitat de la quintica. Grups i primeres estructures algebraiques. Resolució de problemes oberts des de l'antiga Grècia.

9. L'aritmèticació de l'anàlisi

Breu estudi de l'obra dels matemàtics que hi van contribuir: Lagrange, Cauchy, Bolzano, Weierstrass, Dedekind i Cantor, entre altres.

10. L'evolució de la geometria al segle XIX

El teorema egregium de Gauss. Geometries no euclidianes. Riemann i les hipòtesis que sostenen els fonaments de la geometria. La geometria projectiva. El programa Erlanger de Klein. Hilbert i l'axiomatització de la geometria.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Adquirir visió crítica entre unes matemàtiques preparades ad hoc per ser ensenyades en un temps determinat (els quatre o cinc anys que sol durar una llicenciatura) i l'autèntic procés de com van ser descobertes o inventades (un recorregut de quatre o cinc mil anys en el temps).
- Aprendre a llegir textos originals d'èpoques no contemporànies.
- Resoldre un mateix problema des de perspectives i mètodes diferents.
- Obtenir nous recursos didàctics per a l'ensenyament de les matemàtiques.
- Capacitar per analitzar les dificultats que històricament ha tingut l'establiment de certs objectes matemàtics i la formulació certs resultats matemàtics
- Capacitar per veure les matemàtiques com una obra de cultura humana

Capacitats prèvies necessàries

- Les ganes de voler conèixer com ha sorgit i com s'ha desenvolupat la Matemàtica, quelcom a què hi dedicarem molt de temps al llarg de la nostra vida.
- Tenir el coneixement de la matemàtica que s'explica durant els dos primers anys de la llicenciatura.

6.- Metodologia

Exposicions orals de temes del programa establert per part del professor, lectures a classe de textos originals i, per part dels alumnes, treballs sobre temes del programa o, si s'escau, de temes proposats pels mateixos alumnes.

7.- Avaluació

Un treball escrit sobre un tema històric (5 punts).

Un examen escrit que es realitzarà en acabar el curs: l'últim dia de classe s'escolliran (per sorteig) cinc temes d'entre tots aquells que s'hagin desenvolupat durant el curs. El dia de l'examen l'alumne haurà de desenvolupar dos dels cinc temes; els dos temes que haurà de desenvolupar també seran escollits per sorteig (5 punts).

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Katz, V. J.. *A history of mathematics*, 2a ed.. Harper Collins, 1998.
- González Urbaneja, P. M.. *Los orígenes de la geometría analítica*, . Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2004.
- Baron, M. E.. *The origins of the infinitesimal calculus*, . Dover, 2003.
- Boyer, C. B.. *Historia de la matemática*, . Alianza Universidad, 1992.
- Grattan-Guinness, I.. *The norton history of the mathematical sciences*, . W:W: Norton and Company, 1998.

Referències complementàries:

- Fowler, D H. *The mathematics of Plato's academia*, 2a ed.. Oxford University Press, 1999.
- Boi, L. *Le problème mathématique de l'espace*, . Springer, 1995.
- Medvedev, F.A.. *Scenes from the history of real functions*, . Basel. Birkhauser., 1993.
- Aveni, A.F.. *Empires of time: calendars, clocks and cultures*, . New York. Basic Books., 1989.

INFERÈNCIA ESTADÍSTICA

1.- Identificació

Codi: 10019

Tipus: Obligatòria

Curs: 2 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (crèdits teòrics + crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: NONELL I TORRENT, RAMON

Altres professors: GRAFFELMAN, JAN

Idioma: català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | 4 | |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2.5 | 32.5 |
| Realització de treballs | 0 | |
| Preparació d'exàmens | 35 | |
| | Total | |

3.- Objectius

- Coneixement de les eines numèriques i gràfiques de descripció de dades.
- Coneixement de l'estructura matemàtica sobre la qual s'hi definiran els estadístics: estructures estadístiques (bàsicament paramètriques).
- Coneixement de la teoria d'estimació clàssica puntual de paràmetres de lleis amb els criteris i els resultats habituals: des del no esbiaixament a l'eficiència tot remarcant les regularitats d'estructura necessàries.
- Coneixement de la formalització d'altres mètodes d'estimació menys troncs: moments, suficiència, bayesià,...
- Coneixement de la teoria de l'estimació clàssica per regions de confiança de paràmetres de lleis a partir de funcions pivotants tot donant els resultats habituals sobre lleis d'estadístics en condicions favorables.
- Coneixement de l'estratègia Neyman-Pearson per a plantejament i solució de proves d'hipòtesis.
- Coneixement de la metodologia de resolució de proves d'hipòtesis per intervals i semiinterval de confiança. Coneixement de la formalització del mètode de la raó de versemblances per a la resolució de proves d'hipòtesis.
- Coneixement, en general, dels requeriments per a la construcció d'un bon test que resolgui una prova d'hipòtesis.
- Coneixement dels fonaments de les proves no paramètriques anomenades d'ajustament: contrast sobre una multinomial i teorema de Glivenko-Cantelli.
- Coneixement de la formalització inicial de problemes de modelització lineal.

4.- Continguts

1. Preliminar. Convergència de Successions de Variables Aleatòries i Teoremes Límit

Convergència quasi-segura, convergència en probabilitat, convergència en llei. Llei dels grans nombres. Teorema Central del Límit.

2. Tot Explorant les Dades

Estadística descriptiva.

3. Estructures Estadístiques

Paràmetres. Mostra. Estadístics. Funció de versemblança. Estudi del cas particular de mostra d'una variable aleatòria Normal.

4. Teoria de l'Estimació de Paràmetres

Informació de Fisher; desigualtat de Cramér-Rao; estimadors eficients. D'altres mètodes estàndard d'estimació puntual. Propietats asimptòtiques. Estadístics suficients. Estimació bayesiana. Mètodes d'estimació per regions de confiança.

5. Proves d'Hipòtesis

Conceptes i elements de les proves d'hipòtesis. Estratègia usual. Metodologia per intervals de confiança. Optimitat: test de Neyman-Pearson. Test de la raó de versemblances.

6. (Alguns) Mètodes No Paramètrics

Test khi-quadrat d'ajustament. Test khi-quadrat 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. Significació de les regressores. Prediccions. Punt de vista de vector aleatori. Coeficients de correlació del model.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Saber usar el teorema central del límit (d'acord amb els coneixements de l'assignatura de Probabilitat i Estadística, coneixemnets que es repassaran).
- Saber llegir correctament les sortides de descripció de dades en un sistema informàtic.
- Saber construir estructures estadístiques paramètriques.
- Saber calcular biaixos i funcions de risc d'estadístics com a estimadors de paràmetres. Saber triar, quan és possible, entre estimadors de paràmetres segons diversos criteris d'optimitat.
- Saber construir intervals de confiança per a paràmetres en condicions favorables i també en condicions menys favorables i en condicions específiques.
- Saber interpretar els intervals de confiança en sortides de sistema informàtic.
- Saber plantejar proves d'hipòtesis i saber resoldre-les amb tests construïts segons diversos mètodes.
- Saber interpretar les sortides dels tests que resolen proves d'hipòtesis habituals i que estan implementats en sistemes informàtics.
- Saber interpretar la sortida habitual en un sistema informàtic del tractament d'un model lineal.

Capacitats prèvies necessàries

- L'assignatura de Probabilitat i Estadística.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Classes de pissarra: explicacions, demostracions, exemples,...
- **Sessions de problemes:** Classes estàndard d'explicació i resolució de problemes amb la possibilitat de presentació de problemes resolts.
- **Pràctiques:** Classes amb l'ajuda d'algun sistema informàtic estadístic (MINITAB, SPSS,...).

7.- Avaluació

Examen final de teoria (menys del 50% de la nota) i de problemes (més del 50% de la nota). En l'avaluació ordinària hi haurà punts afegits que beneficiaran les persones que presentin voluntàriament qüestions resoltes o que tinguin una actitud especialment favorable cap als continguts de l'assignatura.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Bickel, P.J.; Doksum, K.A.. *Mathematical statistics: basic ideas and selected topics*, . Holden-Day, 1977.
- Breiman, L.. *Statistics*, . Houghton and Mifflin, 1973.
- Casella, G.; Berger, R.L.. *Statistical inference*, 2a ed.. Duxbury Press, 1990.
- De Groot, M.H.. *Probabilidad y estadística*, 2a ed.. Addison-Wesley, 1988.
- Kalbfleisch, J.G.. *Probability and statistical inference*, 2a ed.. Springer, 1985.

Referències complementàries:

- Lehmann, E.L.. *Nonparametrics statistical methods on ranks*, . Holden-Day, 1975.
- Lehmann, E.L.. *Testing statistical hypotheses*, 2a ed.. Wadsworth & Brooks, 1991.
- Lehmann, E.L.. *Theory of point estimation*, 2a ed.. Wadsworth & Brooks, 1999.
- Peña, D.. *Estadística: modelos y métodos I,II*, 2a ed.. Alianza, 1991.
- Seber, G.A.F.. *The linear hypothesis: a general theory*, 2a ed.. Charles Griffin, 1980.

INFORMÀTICA 1

1.- Identificació

Codi: 10005

Tipus: Obligatòria

Curs: 1 **Quadrimestre:** 1

Crèdits: 7,5 (3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: SERNA IGLESIAS, MARIA JOSE

Altres professors: BLUM, CHRISTIAN / ROURA FERRET, SALVADOR

Idioma: Castellà, Català (alguns llibres en anglès)

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 |
| Problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització d'exàmens | | 6 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2,5 | 32 |
| Realització de treballs | | 40 |
| Preparació d'exàmens | | 20 |
| | Total | 188 |

Hi ha dos exàmens: parcial i final. El parcial és un examen al laboratori i el final és un examen de teoria i exercicis. A més, es fa un projecte d'implementació durant l'últim mes del curs.

3.- Objectius

Familiaritzar els estudiants amb un entorn informàtic i amb un llenguatge de programació actual, en aquest cas C++. Els estudiants han d'aprendre, d'una banda, a dissenyar i implementar algorismes i d'altra a utilitzar altres eines informàtiques com editors, compiladors i un processador de textos matemàtics, en aquest cas LaTeX.

- Aconseguir que els estudiants se sentin còmodes i siguin fiables en el disseny de programes escrits en un llenguatge imperatiu.
- Adquirir uns coneixements de programació orientada a objectes de nivell d'usuari.
- Conèixer la problemàtica de l'escriptura de textos matemàtics i adquirir coneixements bàsics dels fonaments del sistema TeX.
- Conèixer els algorismes bàsics amb dades elementals i estructurades (nombres primers, mcd, recorreguts, cerques, ordenació, matrius...).
- Aplicar el mètode inductiu per resoldre problemes complexos.
- Utilitzar eines d'edició, compilació i execució per codificar i executar programes.

4.- Continguts

1. L'estructura d'un ordinador. Processos i instruccions

Hardware i software. Estructura bàsica d'un ordinador. Entorn informàtic. Llenguatges de programació. Compiladors i intèrprets. Programació i resolució de problemes. Programes i algorismes. El cicle de vida del software.

2. Variables i instruccions elementals

Tipus de dades: domini i operacions. Tipus d'expressions. Assignació. Composició alternativa. Composició iterativa. Algorismes bàsics. Concepte de *seqüència*. Recorreguts i cerques de seqüències. Exemples.

Terminació i correctesa.

Sintaxi de les instruccions elementals en C++. Traducció de les estructures algorísmiques bàsiques a C++. Escriptura, compilació i execució d'un programa en C++.

3. Accions i funcions.

Concepte de paràmetre. Mecanismes d'implementació del pas de paràmetres. Accions i funcions. Exemples. Introducció a la recursivitat.

Mètodes i funcions en C++. Efectes laterals.

4. Dades no elementals

Taules. Representació de matrius. Algorisme per suma, matriu simètrica, matriu transposada, multiplicació de matrius. Cerca dicotòmica. Tuples i classes. Exemples d'utilització.

Sintaxi en C++. Primeres nocions d'objectes.

5. Disseny descendent

Fonaments. Algorismes d'ordenació per taules. Exemples.

Eficiència.

Implementació de programes no elementals en C++.

6. Objectes i disseny orientat a objectes

Conceptes bàsics. Exemples.

Objectes en C++. Fluxos d'entrada-sortida en C++. La classe String. La classe vector.

7. Límits de la computació

Classificació de problemes amb relació a l'existència de solucions algorísmiques. El problema de l'aturada (terminació). Verificació de programes (correctesa).

8. Elements del sistema operatiu

Ordres bàsiques. Editors de textos.

9. Elements de C++

El compilador de C++. Tractament d'errors.

10. Elements de LaTeX

El sistema TeX. Estructura d'un document LaTeX. Ordres elementals. Components d'estil. Entorns. Paquets.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Dissenyar programes senzills, però fiables, i implementar-los en C++.
- Utilitzar objectes implementats mitjançant classes predefinides de C++.
- Escriure textos matemàtics i informàtics amb LaTeX.
- Integrar tots els coneixements en un treball de nivell mitjà.
- Documentar un treball informàtic no elemental.
- Familiaritzar-se, fins a sentir-s'hi còmode, amb un entorn informàtic amb diferents eines informàtiques.

Capacitats prèvies necessàries

- Capacitat de raonament abstracte.
- Coneixement d'eines informàtiques bàsiques de nivell d'usuari.

6.- Metodologia

El curs es basa en dues parts, una de teòrica i una altra de pràctica, que es van intercalant en el temps. La part teòrica es complementa amb la realització d'exercicis i la part pràctica es desenvolupa a la classe de laboratori.

- **Sessions de teoria:** Es presenta el corpus teòric bàsic necessari per a la construcció de programes senzills.
- **Sessions de problemes:** A les sessions de problemes es resolen exercicis, amb llapis i paper, per consolidar els coneixements teòrics i dissenyar els algorismes necessaris per a la resolució dels enunciats plantejats. Estan pensades com una sèrie de sessions participatives en les quals l'estudiant participa amb les seves idees i presenta les seves solucions.

A les sessions de laboratori, l'estudiant realitza individualment, amb l'ajuda dels professors, exercicis pràctics de programació que mostren l'ús dels conceptes ensenyats a teoria.

- **Pràctiques:** Els estudiants implementen un projecte de programació de nivell no elemental. L'objectiu és integrar tots els coneixements adquirits de programació i complementar-los amb una documentació adequada, per a la qual cosa es fa servir LaTeX.

7.- Avaluació

L'avaluació té tres components: una prova parcial (*PAR*), de programació, que es fa al laboratori; un examen final (*FIN*) escrit, d'exercicis i teoria, i un projecte (*PRO*), que consisteix en un exercici de programació i la seva documentació.

La nota final es calcula d'acord amb la fórmula: $0,7 * \max((0,2 * PAR + 0,8 * FIN), FIN) + 0,3 * PRO$

Per a l'avaluació extraordinària cal fer un examen final (*FINE*) i, si es vol, una pràctica de recuperació (*PRAR*). Els estudiants poden triar si fan o no la pràctica de recuperació. Si no la fan, es manté la nota de la pràctica, és a dir, $PRAR = PRA$, i s'utilitza la fórmula: $0,7 * FINE + 0,3 * PRAR$

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Castro, J., et al.. *Curs de programació*, . McGraw-Hill, 1992.
- Franch, X., et al. . *Informàtica bàsica*, 3a ed.. Edicions UPC, 2002.
- Savitch, W.. *Problem solving with C++: the object of programming*, 3a ed.. Addison Wesley, 2001.
- Beekman, G.. *Introducción a la informática*, 6a ed.. Pearson-Prentice Hall, 2005.
- Cascales, B., et al. . *El libro de Latex*, . Pearson-Prentice Hall, 2003.

Referències complementàries:

- Cohen, E.. *Programming in the 1990s*, . Springer-Verlag, 1990.
- Franch, X., et al. . *Fonaments de programació. Problemes resoltos en C++*, . Edicions UPC, 2006.
- Lammport, L. . *LATEX: A document preparation system*, 2a ed.. Addison Wesley, 1997.
- Xhafa, F., et al. . *Programación en C++ para ingenieros*, . Thomson Paraninfo, 2006.
- Vancells, J.; López, E.. *Programació: introducció a l'algorísmica*, . EUMO, 1996.

Enllaços:

- Pàgina web de l'assignatura: <http://www.lsi.upc.es/~mjserna/docencia/in1/in1.html>

INFORMÀTICA 2

1.- Identificació

Codi: 10009

Tipus: Obligatòria

Curs: 1 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: ROURA FERRET, SALVADOR

Altres professors: GIMENEZ LLACH, OMER

Idioma: Català (amb alguns llibres de referència en anglés)

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 |
| Problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització d'exàmens | | 3 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització de treballs | | 40 |
| Preparació d'exàmens | | 25 |
| | Total | 198 |

3.- Objectius

L'objectiu del curs és donar als alumnes, d'una banda, els coneixements necessaris per dissenyar i analitzar algorismes de dificultat mitjana, i, de l'altra, els mitjans per codificar aquests algorismes en un llenguatge d'alt nivell.

4.- Continguts

1. Eficiència d'algorismes. Notacions asimptòtiques. Resolució de recurrències.
2. Recursivitat com a eina bàsica de disseny d'algorismes.
3. Disseny modular i tipus abstractes de dades (TAD): concepte i utilitat.
4. Els TAD lineals: piles, cues i llistes. Memòria dinàmica i punters. Mergesort
5. El TAD arbre: exemples d'ús i implementacions.
6. El TAD diccionari: implementació amb taules de dispersió.
7. El TAD diccionari: implementació amb arbres de cerca. Quicksort.
8. El TAD cua de prioritats. Implementació amb munts. Heapsort.
9. El TAD graf: implementacions i algorismes bàsics.
10. Límits de la programació: problemes indecidibles i problemes intractables.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Calcular el cost d'un algorisme.
- Dissenyar algorismes recursivament.
- Usar, dissenyar, implementar i avaluar TAD (tipus abstractes de dades).
- Seleccionar el mètode d'ordenació adequat per a propòsits concrets.
- Codificar algorismes de mida mitjana en C++.

Capacitats prèvies necessàries

- Dissenyar algorismes simples en un pseudollenguatge de programació imperatiu.
- Usar amb fluïdesa els esquemes de recorregut i cerca de seqüències.
- Dominar l'ús de procediments i el seu pas de paràmetres.
- Codificar algorismes simples en C++.

6.- Metodologia

El curs està basat en dues parts, teòrica i pràctica, que es van intercalant en el temps. Les classes pràctiques es divideixen en classes de problemes i classes de laboratori.

- **Sessions de teoria:** Les classes de teoria són classes magistrals.
- **Sessions de problemes:** A les classes de problemes es proposen exercicis de disseny o anàlisi d'algorismes, i de manera interactiva se'n cerquen les solucions. En aquestes classes també es podran ampliar alguns continguts teòrics.
- **Pràctiques:** A les classes de laboratori es desenvolupen els conceptes necessaris per poder dur a terme les pràctiques avaluades, mitjançant els coneixements apresos a les classes de teoria i problemes.

7.- Avaluació

Hi haurà un examen final que mesurarà els coneixements adquirits a les classes de teoria i problemes. La nota final serà una mitjana ponderada de la nota de laboratori i de la nota de l'examen, sempre que no hi hagi una diferència excessiva entre ambdues notes.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Cormen, T.; Leiserson, C.; Rivest, R.. *Introduction to algorithms*, 2a ed.. The MIT Press, 2001.
- Ferri, F.J.; Albert, J.V.; Martín, G.. *Introducció a l'anàlisi i disseny d'algorismes*, . Publicacions de la Universitat de València, 1998.
- Sedgewick, R.. *Algorithms in C++: fundamentals, data structures, sorting, searching*, 3a ed.. Addison-Wesley, 1998.
- Stroustrup, B.. *The C++ programming language*, 3a ed.. Addison-Wesley, 2000.
- Weiss, M.A.. *Data structures and algorithm analysis in C++*, 3a ed.. Addison-Wesley, 2006.

Referències complementàries:

- Aho, A.; Hopcroft, J.; Ullman, J.. *The design and analysis of computer algorithms*, 2a ed.. Addison-Wesley, 1983.
- Knuth, D.E.. *The art of computer programming: fundamental algorithms*, 3a ed.. Addison-Wesley, 1998.
- Knuth, D.E.. *The art of computer programming: sorting and searching*, 3a ed.. Addison-Wesley, 1998.
- Skiena, S.; Revilla, M.. *Programming challenges*, . Springer Verlag, 2003.
- Wirth, N.. *Algorithms + data structures = programs*, . Prentice-Hall, 1978.

Enllaços:

- <http://concurs.lsi.upc.edu/>
- <http://acm.uva.es/problemset/>

INTRODUCCIÓ A LES MATEMÀTIQUES DE L'ENGINYERIA

1.- Identificació

Codi: 17515

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: MUÑOZ LECANDA, MIGUEL CARLOS

Altres professors: FABREGA CANUDAS, JOSE / ANDRES YEBRA, JOSE LUIS

Idioma: Castellano, catalán

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 4 | 52 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 5 | 65 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | |
| | Total | 182 |

3.- Objectius

Introduir conceptes matemàtics propis de l'enginyeria de telecomunicació a fi que puguin ser utilitzats directament en les assignatures d'orientació tecnològica. Tots aquests conceptes seran ampliat en altres assignatures posteriors de la llicenciatura.

4.- Continguts

1. EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES (EDO)

A. Introducció

Introducció i exemples. Equació lineal. Problemes de valor inicial. Teorema d'existència i unicitat

de solucions. EDO d'ordre superior. Aplicacions.

B. Equacions lineals

Equacions i sistemes lineals amb coeficients constants. Cas homogeni: matriu fonamental de solucions.

Cas complet: càlcul de solucions particulars. Variació de constants. Aplicacions.

C. Transformada de Laplace

Definició i propietats. Transformada inversa. Aplicació a la resolució d'EDO. Producte de convolució

2. ANÀLISI DE FOURIER

A. Espais de Hilbert i sèries de Fourier

Espais de Hilbert. Sèries de Fourier. Desigualtat de Bessel. Teorema de Parseval. Sèries de Fourier trigonomètriques i exponencials. Teoremes de convergència. Derivació i integració. Fenomen de Gibbs.

B. Transformació de Fourier

Definició i propietats. Fórmula d'inversió. Teorema de convolució. Teorema de Parseval. Delta de Dirac. Fórmula de Poisson. Transformació de Fourier bidimensional.

C. Transformació de Fourier discreta

Definició i propietats. Convolució discreta. Teorema de mostreig. Algorisme de la FFT

3. PROCESSOS ESTOCÀSTICS

A. Introducció als processos estocàstics

Definició i exemples. Funcions de distribució i de densitat. Funcions valor mitjà, d'autocorrelació i

d'autocovariància. Processos estacionaris.

B. Exemples de processos estocàstics

El procés de Poisson. Senyal telegràfic aleatori. Senyal binari aleatori. Processos de Markov. Passejades aleatòries i moviment brownià. Processos gaussians.

C. Processos estacionaris

Integrals estocàstiques. Valors mitjans temporals. Ergodicitat en valor mitjà i en autocorrelació.

Funció d'autocorrelació. Espectre de potència.

5.- Capacitats

6.- Metodologia

7.- Avaluació

Hi haurà un examen parcial de cada una de les tres parts de l'assignatura. D'aquestes tres qualificacions s'extraurà la qualificació final.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Braun, M.. *Differential equations and their applications*, 4a ed.. Springer Verlag, 1993.
- Boyce, W.E.; DiPrima, R.C.. *Ecuaciones diferenciales y problemas con valores en la frontera*, 4a ed.. Limusa, 1998.
- Neff, H.P.. *Continuous and discrete linear systems*, . Harper & Row, 1991.
- Grimmett, G.R.; Stirzaker, D.R.. *Probability and random processes*, 3a ed.. Oxford Univ. Press, 2001.
- Leon-Garcia, A.. *Probability and random processes for electrical engineering*, 2a ed.. Addison Wesley, 1994.

Referències complementàries:

- Fàbrega, J.. *Anàlisi de Fourier: Apuntes*, . CPET , .

INVESTIGACIÓ OPERATIVA

1.- Identificació

Codi: 10016

Tipus: Obligatòria

Curs: 2 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: FERNÁNDEZ AREIZAGA, ELENA

Altres professors:

Idioma: Castellà/Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 10 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 15 |
| | Total | 181 |

3.- Objectius

Proporcionar a l'estudiant els fonaments de la investigació operativa.

- Introduir en la metodologia de la construcció dels models matemàtics propis de la investigació operativa. Captar la utilitat d'aquests models en processos de presa de decisions quantitatives.
- Mostrar algunes de les principals àrees de la investigació operativa, com ara la programació lineal, els problemes de fluxos en xarxes, l'optimització no lineal i la programació sencera.
- Presentar una àmplia panoràmica de les diferents classes de models corresponents a les àrees anteriors i les seves aplicacions.
- Introduir els fonaments teòrics per resoldre problemes de les diferents classes considerades.
- Conèixer els principals procediments algorísmics.
- Il·lustrar la utilització pràctica dels algorismes estudiats mitjançant el software de programació matemàtica disponible a la Facultat.

4.- Continguts

1. Introducció

El concepte d'investigació operativa. El concepte de model matemàtic: el mètode científic i la metodologia de la investigació operativa. Models matemàtics com a ajuda a la presa de decisions quantitatives. El procés de formulació dels models. Models matemàtics i els 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. Solucions bàsiques. Teorema fonamental de la programació lineal. L'algorisme del símplex primal. La geometria de la programació lineal. Formes computacionals de l'algorisme del símplex: símplex revisat en forma de producte de la matriu inversa. Teoremes de dualitat. Teorema de la folga complementària. Interpretacions geomètriques. L'algorisme del símplex dual. Interpretacions econòmiques. Anàlisi de sensibilitat.

3. Problemes de fluxos en xarxes

Fluxos de cost mínim: especialització de l'algorisme del símplex. Problema de flux màxim: teorema de flux maxmin-tall mínim, algorisme de Ford-Fulkerson. Camins mínims: l'algorisme de Dijkstra.

4. Introducció als models de programació entera

Introducció als models de programació entera. La formulació de models sencers. Mètodes enumeratius: separació, relaxació i eliminació. Algorisme de branca i límit. Desigualtats vàlides: mètodes de plans de tall. Els talls de Gomory. Reforç de desigualtats vàlides. Mètodes heurístics: heurístiques constructives i heurístiques de millora. Aplicació a problemes concrets de programació entera com ara el problema del viatjant de comerç i problemes de localització de plantes.

5. Optimització no lineal

Condicions de primer i segon ordre. Mètodes bàsics de cerca lineal: Fibonacci, condicions d'Armijo i Goldstein. Mètodes bàsics de descens: el mètode del gradient i el mètode de Newton. Problemes amb constriccions: condicions de Kuhn i Tucker.

6. Teoria de jocs

Jocs de matrius. Estratègies òptimes. El teorema de minimax. El pòquer simplificat.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Ser capaç de formular models matemàtics per plantejar problemes reals associats a processos de presa de decisions quantitatives com a problemes d'optimització.
- Diferenciar les principals àrees de la investigació operativa, com ara la programació lineal, els problemes de fluxos en xarxes, l'optimització no lineal i la programació sencera.
- Poder resoldre problemes de programació lineal mitjançant l'algorisme del simplex. Ser capaç de respondre qüestions relacionades amb l'anàlisi de sensibilitat tant dels costos com dels termes independents dels problemes.
- Conèixer la teoria de la dualitat en programació lineal, així com les relacions bàsiques entre els problemes primals i duals.
- Conèixer els principals models de fluxos en xarxes. Saber resoldre problemes de flux de cost mínim. Poder resoldre problemes de flux màxim amb l'algorisme de Ford-Fulkerson. Poder resoldre problemes de camins mínims amb l'algorisme de Dijkstra.
- Ser capaç de resoldre problemes de programació sencera amb un algorisme de branca i límit. Saber derivar desigualtats vàlides per a problemes de programació sencera.
- Ser capaç d'aplicar el mètode del gradient i el mètode de Newton per resoldre problemes d'optimització no lineal sense restriccions. Saber aplicar les tècniques bàsiques de cerca lineal per calcular la llargària del pas.
- Saber formular i resoldre les condicions de Khun i Tucker per a problemes d'optimització no lineal amb constriccions.

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixements bàsics d'àlgebra lineal i d'anàlisi real.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Sessions d'1 h on es presenten i es discuteixen els continguts de l'assignatura. En la majoria dels temes, es faran classes tradicionals a la pissarra, encara que en alguns punts concrets es faran servir transparències. S'utilitzarà la intranet docent per fer públic material docent relacionat amb l'assignatura: apunts i transparències dels temes, enunciats de problemes i exàmens resolts.
- **Sessions de problemes:** Sessions d'1 h on es plantegen i es resolen problemes numèrics relacionats amb els temes vistos a classe de teoria. Es dona un cert temps perquè l'estudiant intenti resoldre els problemes i posteriorment els problemes es resolen i es discuteixen.
- Com a complement de les sessions de problemes, cada estudiant té dades numèriques personalitzades corresponents a diferents problemes tipus. La realització d'aquests problemes (fora de l'horari lectiu) és optativa. En cas de realització i entrega, la nota obtinguda pot ajudar a incrementar la nota de l'examen (com s'explica posteriorment)

7.- Avaluació

L'assignatura es divideix en dues meitats amb quantitat de matèria similar. Es realitzarà un examen final amb dues parts corresponents a cada una de les dues meitats. L'examen de cada meitat constarà de preguntes de teoria i problemes.

La nota de l'assignatura és la mitjana ponderada de les notes C1, C2 segons la fórmula:

$$\text{Nota final} = 0,5 * C1 + 0,5 * C2, \text{ sempre que:}$$

1. La nota de la part de teoria de cada meitat sigui almenys 1/3 de la nota màxima de teoria.
2. La nota de cada meitat sigui ≥ 4 .

Si la nota de teoria d'alguna meitat és $< 1/3$ de la nota màxima de teoria o si C1 o C2 són < 4 , la nota final s'obté segons la fórmula:

$$\text{Nota final} = \text{Min}(4, 0,5 * C1 + 0,5 * C2)$$

Opcionalment, els estudiants que ho vulguin poden realitzar una prova parcial corresponent a la primera meitat de l'assignatura. En cas d'avaluació satisfactòria d'aquest parcial, se'ls eximirà de la realització de la part corresponent a l'examen final, de manera que la nota C1 serà la nota del primer parcial (si ha obtingut la corresponent avaluació satisfactòria).

Adicionalment, els estudiants que ho vulguin poden realitzar exercicis numèrics personalitzats al llarg del quadrimestre. El resultat d'aquests exercicis podrà millorar, fins a un punt, la nota final de l'assignatura, quan aquesta sigui més gran o igual a 5.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Ahuja, R.K.; Magnanti, T.L.; Orlin, J.B.. *Network flows: theory, algorithms, applications*, . Prent.-Hall, 1993.
- Padberg, M.. *Linear optimization and extensions*, 2a ed.. Springer-Verlag, 1999.
- Bazaraa, M.S.; Sherali, H.D.; Shetti, C.M.. *Nonlinear programming: theory and algorithms*, 2a ed.. John Wiley and Sons, 1993.
- Vanderbei, R.J. *Linear programming: foundations and extesions*, . Kluwer Academic Publishers, 1996.
- Williams, H.P. . *Model building in mathematical programming*, 3a ed.. Wiley, 1993.

Referències complementàries:

- Nemhauser, G.L.; Wolsey, L. *Integer and combinatorial programming*, . Wiley, 1988.
- Taha, H.A.. *Operations research: an introduction for network programming*, 6a ed.. Mac Millan, 1997.
- Bradley, S.P.; Hax, A.C.. *Applied mathematical programming*, . Addison-Wesley, 1977.
- Nash, S.G.; Sofer, A. *Linear and nonlinear programming*, . McGraw Hill, 1996.
- Hu, T.C. *Integer programming and network flows*, . Addison-Wesley, 1970.

LÒGICA I FONAMENTACIÓ//LÒGICA

1.- Identificació

Codi: 11286

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: FARRÉ CIRERA, RAFAEL

Altres professors:

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4 + 4 = 8 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 4 | 52 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 10 + 15 |
| | Total | 189 |

3.- Objectius

El problema bàsic que s'aborda en aquest curs és un problema complex i actualment controvertit: la possibilitat de mecanitzar les matemàtiques. Aquest problema inclou qüestions que es troben latents en el quefer matemàtic i els seus fonaments; e.g., poden formalitzar-se completament les matemàtiques?, què és una demostració matemàtica?, quines limitacions té la demostrabilitat i el formalisme?, o inclús, què és un model d'una teoria matemàtica?

Durant el curs s'introdueix una noció formal de demostració. El resultat fonamental és el Teorema de Completesa de Gödel, el qual prova precisament que el concepte de demostració que s'introdueix 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). En particular, aquest teorema implica que el problema de la mecanització de les matemàtiques admet una solució parcial positiva, en el sentit que el conjunt de teoremes es pot generar mecànicament. La formalització de la noció de demostració també permet obtenir un dels resultats més impactants de la matemàtica del segle XX, el Teorema d'Incompletesa de Gödel, segons el qual una sentència en la teoria de nombres formal i la seva negació poden ser indemostrables. Aquest resultat i el problema relacionat de la indecidibilitat de la lògica de primer ordre, ambdós al costat negatiu de la solució del nostre problema, es tracten també durant el curs, malgrat que superficialment.

Pel que fa a la vessant aplicada del tema, el curs tractarà d'incloure l'estudi dels aspectes bàsics de la teoria d'Herbrand i el mètode de resolució de Robinson, els quals constitueixen una part dels fonaments teòrics de la demostració automàtica de teoremes i la programació lògica.

4.- Continguts

1. Introducció.

Conceptes de relació de conseqüència i demostració: exemples. Procés de formalització: llenguatges formals. Les qüestions de completeness i decidibilitat. El problema de la mecanització.

2. Sintaxi de primer ordre

Llenguatges de primer ordre: símbols lògics, variables i signatures. Termes i fórmules. Principis d'inducció i recursió. Variables lliures i quantificades.

3. Semàntica de primer ordre

Estructures i interpretacions. Homomorfismes i lema d'isomorfia. La relació de satisfacció. Lema de coincidència. Equivalència lògica. Definibilitat dins una estructura. Teorema de l'homomorfisme. Substitucions. Lema de substitució.

4. Lògica de primer ordre.

Relació de conseqüència. Càlculs deductius (Gentzen, Hilbert, Deducció Natural, taulers o altres). Derivació en un càlcul. Conjunts consistents. Regles del càlcul. Teorema d'adequació. Teorema de Henkin. Teorema de completeness de Gödel.

5. Teoria de Models

Propietats de compacitat i Löwenheim-Skolem. Classes axiomatitzables i finitament axiomatitzables. Teories de primer ordre. Teories completes. Categoricitat i test de Los-Vaught. L'abast de la lògica de primer ordre: introducció a la teoria de conjunts.

6. Limitacions dels mètodes formals.

Decidibilitat i enumerabilitat. Teorema d'indecidibilitat de la lògica de primer ordre. Teoremes d'incompletesa de Gödel. Procediments de semidecisió per a la validesa i satisfactibilitat.

7. Teoria d'Herbrand i resolució.

Univers i estructures d'Herbrand. Formes normals i skolemització. Satisfacció de fórmules universals. Teorema d'Herbrand. Procediment de semidecisió de Gilmore. Mètode de resolució. Unificació. Completesa de la resolució amb unificació.

8. Programació Lògica

Resolució SLD. Generació de resposta. Teorema de Clark. Introducció al PROLOG.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Entendre i dominar la lògica de primer ordre.
- Saber utilitzar-la tant en Matemàtiques com en d'altres dominis, per exemple, la informàtica.

Capacitats prèvies necessàries

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Explicarem la teoria.
- **Sessions de problemes:** Hi farem problemes.

7.- Avaluació

L'avaluació de l'assignatura es fa a partir de tres components: una nota de problemes (pr), la nota obtinguda en un examen parcial (ep) i la nota obtinguda en un examen final (ef). L'entrega dels problemes i el parcial són voluntaris. La nota N de curs es calcularà de la manera següent:

$$N = \max \{0.1pr+0.3ep+0.6ef, 0.1pr+0.9ef\}.$$

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Ebbinghaus, H.D.; Flum, J.; Thomas, W. *Mathematical logic*, 2a ed. . Springer, 1994.
- Schoenfield, R.. *Mathematical logic*, . Addison-Wesley, 196.
- Schönig, U.. *Logic for computer scientists*, . Birkhäuser, 1989.
- Chang, C.L.; Lee, R.C.T.. *Symbolic logic and mechanical theorem proving*, . Academic Press, 1973.
- Bell, J.L.; Machover, M.. *A course in mathematical logic*, . North-Holland, 1977.

Referències complementàries:

- Nerode, A.; Shore, R.A.. *Logic for applications*, . Springer, 1997.
- Cori, R. ; Lascar, D. *Logique mathématique. Cours et exercices*, . Masson, 1993.
- Enderton, H.B. *A Mathematical introduction to logic*, . Academic Press, 1972.
- Fitting, M.C.. *First-order logic and automated theorem proving*, 2a ed.. Springer, 1996.
- Gallier, J.. *Logic for computer science: foundations of automated theorem proving*, . Harper & Row, 1987.

MECÀNICA COMPUTACIONAL

1.- Identificació

Codi: 12815

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (3,5 crèdits teòrics + 4 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: FERNANDEZ MENDEZ, SONIA

Altres professors: RODRIGUEZ FERRAN, ANTONIO / SEVILLA CARDENAS, RUBEN

Idioma: Català i castellà

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | 0 | 3 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 4 | 52 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització de treballs | | 60 |
| Preparació d'exàmens | | 15 |
| | Total | 221 |

3.- Objectius

Proporcionar una visió general dels aspectes computacionals més importants en la simulació numèrica en l'àmbit de la mecànica. Per aconseguir aquesta visió general, es tracta un ampli ventall de problemes: sòlids i fluids; materials lineals i no lineals; problemes estàtics i dinàmics.

4.- Continguts

1. Elasticitat computacional

Conceptes bàsics. Equació constitutiva elàstica. Formulació en desplaçaments: equacions de Navier. Elasticitat bidimensional: tensió plana, deformació plana i axisimetria. Forma feble del problema elàstic. Aspectes computacionals.

2. Mecànica de fluids computacional

Conceptes bàsics. Equació constitutiva per a fluids newtonians. Flux potencial. Equació de Navier-Stokes: forma forta i forma feble.

3. Plasticitat computacional

Plasticitat unidimensional: deformacions elàstiques i plàstiques, equació constitutiva elastoplàstica. Plasticitat tridimensional: invariants de tensions i deformacions, superfície de fluència, vector de flux plàstic. Integració numèrica de l'equació constitutiva: esquemes predictors-correctors, mètodes iteratius per al corrector plàstic.

4. Dinàmica computacional

Equacions de la dinàmica lineal: forma forta i forma feble. Matrius de massa, de rigidesa i d'amortiment. Resolució per integració temporal: esquemes de Newmark. Resolució per descomposició modal: problemes generalitzats d'autovalors.

5. Mètodes computacionals per a problemes d'ones.

Acústica: l'equació d'ones. L'equació de Helmholtz escalar. Vibroacústica: interacció fluid-sòlid. Solució per elements finits. Aplicació: vibroacústica a l'edificació. Electromagnetisme: equacions de Maxwell. Electrocinètica. L'equació de Helmholtz vectorial. Aplicació: secció de radar constant.

6. Mecànica computacional amb grans deformacions.

Grans deformacions elàstiques i plàstiques. Principi d'objectivitat. Integració numèrica de l'equació constitutiva: objectivitat incremental, convergència, estabilitat.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Familiarització amb la modelització matemàtica en la mecànica del medi continu i les seves aplicacions.
- Familiarització amb codis d'elements finits per a la simulació de problemes en la mecànica. Visió general dels aspectes computacionals més importants.
- Criteri per a l'anàlisi de resultats.

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixements bàsics de mètodes numèrics i d'equacions diferencials.

6.- Metodologia

Gran part de les classes es fan a l'aula informàtica. Es combinen les explicacions teòriques amb els exemples pràctics amb ordinador.

7.- Avaluació

Treballs pràctics i examen.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Chorin, A.J.; Marsden, J.E.. *A mathematical introduction to fluid mechanics*, 3a ed.. Springer-Verlag, 1992.
- Clough, R.W.; Penzien, J.. *Dynamics of structures*, 2a ed.. McGraw-Hill, 1993.
- Donea, J.; Huerta, A.. *Finite element methods for flow problems*, . Wiley, 2003.
- Ihlenburg, F.. *Finite element analysis of acoustic scattering*, . Springer-Verlag, 1998.
- Mase, G.E.; Mase, G.T.. *Continuum mechanics for engineers*, 2a ed.. CRC Press, 1999.

Referències complementàries:

- Bathe, K.J.. *Finite element procedures*, . Prentice-Hall, 1996.
- Bonet, J.; Wood, R.D.. *Nonlinear continuum mechanics for finite element*, . Cambridge University Press, 1997.
- Marsden, J.E.; Hughes, T.J.R.. *Mathematical foundations of elasticity*, . Dover, 1994.
- Simo, J.C.; Hughes, T.J.R.. *Computational inelasticity*, . Springer-Verlag, 1998.
- Zienkiewicz O.C.; Taylor, R.L.. *The finite element method. Volume 1,2,3*, 4a ed.. Butterworth Heinemann, 2000.

Enllaços:

- www-lacan.upc.edu

MÈTODES NUMÈRICS 1

1.- Identificació

Codi: 10006

Tipus: Obligatòria

Curs: 2 **Quadrimestre:** 1

Crèdits: 7,5 (3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: OLLE TORNER, MERCEDES

Altres professors: LAZARO OCHOA, JOSE TOMAS / SANCHEZ CASAS, JOSE PABLO

Idioma: Català/Castellà

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|-----------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 |
| Problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització d'exàmens | | $3,5 + 3,5 = 7$ |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | | |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | | |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | |
| | Total | |

El nombre d'hores no presencials (seguiment de classes de teoria i problemes i preparació dels exàmens) dependrà de cada estudiant (segons els seus coneixements, l'habilitat i l'interès per l'assignatura).

3.- Objectius

En els molt diversos camps de la ciència i la tecnologia, es descriuen tot sovint fenòmens reals mitjançant models matemàtics. Buscar i aplicar les eines més adequades per trobar solucions a problemes basats en aquests models constitueix l'objectiu principal de la mecànica aplicada. Malauradament, no sempre es poden resoldre aquests problemes amb els mètodes analítics clàssics. És aleshores que són útils les tècniques numèriques, que mitjançant una tasca 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. Més concretament, els objectius principals són:

- Que l'estudiant obtingui un bon coneixement dels mètodes numèrics existents en els camps de la interpolació de funcions (i aplicacions) i de l'àlgebra lineal (sistemes lineals i valors i vectors propis).
- Que l'estudiant aprengui i practiqui aquests mètodes mitjançant un llenguatge de programació.

4.- Continguts

1. Errors

Conceptes generals. Estimació i fitació d'errors. Propagació d'errors.

2. Interpolació de funcions

Concepte d'interpolació. Interpolació polinòmica, error d'interpolació. Mètodes de càlcul del polinomi interpolador.

3. Aplicacions de la interpolació de funcions

Fòrmules de derivació i integració interpolativa i errors. Extrapolació de Richardson. Mètodes interpolatius iteratius d'aproximació de solucions d'equacions no lineals.

4. Sistemes lineals

Mètodes gaussians. Mètodes d'ortogonalització. Càlcul de determinants i inverses de matrius. Anàlisi de l'error. Sistemes lineals sobredeterminats.

5. Valors i vectors propis

Conceptes bàsics. Deflació de matrius. Mètodes de la potència. Mètodes de Jacobi. Mètodes de reducció: Givens i Householder. Mètodes LR i QR.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Distingir i comparar els diversos tipus de mètodes numèrics per a un mateix problema.
- Aplicar els conceptes apresos a teoria per tal de resoldre problemes tant de tipus teòric com pràctic.
- Utilitzar un llenguatge de programació per tal d'implementar mètodes numèrics en alguns problemes matemàtics.

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixement d'un llenguatge de programació.
- Continguts de Càlcul 1 i 2 i àlgebra lineal.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** A les classes de teoria es presenten els diversos mètodes i les seves propietats.
- **Sessions de problemes:** A les classes de problemes es distingeixen dos tipus de tasques: (i) resolució de problemes (ja sigui aplicació de la teoria o de problemes més pràctics) i (ii) realització de diverses pràctiques.
- **Pràctiques:** Les classes de pràctiques es duran a terme en una aula de PC i consistiran a resoldre problemes pràctics, mitjançant un llenguatge de programació, per part dels alumnes amb l'assessorament del professor.

7.- Avaluació

Hi haurà un examen parcial (teoria i problemes) eliminatori de matèria, i un examen final (teoria, problemes i pràctiques). La nota final serà:

$0,2 * \text{nota pràctiques (entrega i examen)} + 0,8 * \text{nota examen (NE)}$,

on $NE = 0,5 * N_{\text{parcial1}} + 0,5 * N_{\text{parcial2}}$ (per als estudiants que aprovin el primer parcial) o bé $NE = \text{nota examen final}$.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Aubanell, A.; Benseny, A.; Delshams, A.. *Eines bàsiques de càlcul numèric*, . Univ. Autònoma de Barcelona, 1991.
- Bonet, C., et al.. *Càlcul numèric*, . Ed. UPC, 1994.
- Froberg, C. E.. *Introducción al análisis numérico*, . Ed. Vicenc Vives, 1977.
- Demidovich, B.; Maron, I.. *Éléments de calcul numérique*, 2a ed.. Mir, 1979.
- Grau, M.; Noguera, M.. *Càlcul numèric*, . Ed. UPC, 1993.

Referències complementàries:

- Stoer, J.; Bulirsch, R.. *Introduction to numerical analysis*, 3a ed.. Ed. Springer-Verlag, 2002.
- Scheid, F.. *Análisis numérico: teoría y 775 problemas resueltos*, . Ed. McGraw-Hill, 1972.
- Isaacson, E.; Keller, B. K.. *Analysis of numerical methods*, . Ed. Wiley, 1994.
- Golub, G. H.; Van Loan, C. F.. *Matrix computations*, 3a ed.. Ed. Johns Hopkins Univ. Press, 1996.
- Ciarlet, P. G.. *Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation*, 4a ed.. Ed. Masson, 1990.

MÈTODES NUMÈRICS 2

1.- Identificació

Codi: 10011

Tipus: Obligatòria

Curs: 3 **Quadrimestre:** 1

Crèdits: 7,5 (3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: HUERTA CEREZUELA, ANTONIO

Altres professors: ARROYO BALAGUER, MARINO / DIEZ MEJIA, PEDRO

Idioma: Castellà

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 |
| Problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització d'exàmens | 0 | 3 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització de treballs | | 60 |
| Preparació d'exàmens | | 20 |
| | Total | 226 |

3.- Objectius

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

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

4.- Continguts

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 emprats més comuns: C0, C1 i C2. Extensions a corbes de Bezier i B-splines

5. Integració numèrica

Integració de Newton: formulació general i particularització a punts equiespaiats. Integració de Gauss: formulació general i quadratures usals. 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 sobrerelaxació. Sistemes no lineals: mètodes de punt fix, mètode de Newton-Raphson i derivats, mètodes quasi-Newton, mètodes Newton secants, criteris de convergència, acceleracions de convergència, mètodes de continuació

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Coneixement dels algorismes numèrics i capacitat d'anàlisi.
- *Know-how* pràctic de la implementació i l'anàlisi dels mètodes.

6.- Metodologia

Presentació dels mètodes i anàlisi a les sessions teòriques, implementació i anàlisi experimental a les sessions de pràctiques.

- **Sessions de teoria:** Presentació dels mètodes i anàlisi
- **Sessions de problemes:** Desenvolupament de conceptes teòrics
- **Pràctiques:** Implementació i anàlisi experimental a les sessions de pràctiques

7.- Avaluació

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

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Axelsson, O. *Iterative solution methods*, . Cambridge University Press, 1994.
- Dahlquist, G.; Björck, A. *Numerical methods*, . Prentice Hall, 2003.
- Hamming, R.W. *Numerical methods for scientists and engineers*, . Dover, 1986.
- Hildebrand, F.B. *Introduction to numerical analysis*, 2a ed.. Dover, 1987.
- Ralston, A.; Rabinowitz, P. *A first course in numerical analysis*, 2a ed.. Mc Graw-Hill, 1978.

Referències complementàries:

- Ciarlet, P.G. *Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation*, 4a ed.. Masson, 1990.
- Ortega, J.M.; Rheinboldt, W.C. *Iterative solution of nonlinear equations in several variables*, . Academic Press, 1970.
- Press, W.H., et al.. *Numerical recipes: the art of scientific computing*, . Cambridge University Press, 1986.
- Schumaker, L. *Spline functions basic theory*, . Krieger, 1993.
- Stoer, J.; Bulirsch, R. *Introduction to numerical analysis*, . Springer-Verlag, 2002.

Enllaços:

- www-lacan.upc.edu

MÈTODES NUMÈRICS 3

1.- Identificació

Codi: 10021

Tipus: Obligatòria

Curs: 3 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: NOGUERA BATLLE, MIGUEL

Altres professors:

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|----------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 |
| Problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització d'exàmens | | 4 + 4 = 8 * |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització de treballs | | 30 |
| Preparació d'exàmens | | 10 + 15 = 25 * |
| | Total | 193 |

(*) Hi ha dos exàmens: el parcial i el final.

3.- Objectius

Un dels conceptes matemàtics més emprats per diverses branques de la ciència o de la tecnologia són les equacions diferencials, ja que formen part de molts models matemàtics que intenten representar el comportament de fenòmens naturals, com per exemple: el moviment dels cossos sota l'atracció gravitatòria, la concentració de les diverses substàncies participants d'una reacció química, 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 recórrer a les tècniques numèriques. Concretament, els objectius principals de l'assignatura són els següents:

- Que l'alumne obtingui una base sòlida dels mètodes existents per a la resolució numèrica del problema de condicions inicials d'equacions diferencials ordinàries.
- Emprant mètodes vistos en altres assignatures, introduir els mètodes numèrics per a la resolució del problema de condicions de frontera.
- Com que és la darrera assignatura obligatòria de mètodes numèrics, i aprofitant que les equacions diferencials ho permeten, fer que l'alumne obtingui una visió global dels mètodes numèrics vistos durant MN1, MN2 i MN3 i a la vegada posi en pràctica els conceptes bàsics de l'estudi qualitatiu de les equacions diferencials.
- Practicar un llenguatge de programació i diverses eines informàtiques de càlcul matemàtic.
- Que l'alumne s'exerciti en la preparació i presentació oral i escrita d'un treball.

4.- Continguts

1. Llenguatges de programació i software matemàtic.

Introducció al llenguatge de programació Fortran 90/95 i als programaris matemàtics Matlab i Maple.

2. Estudi qualitatiu d'equacions diferencials ordinàries.

Estudi i classificació de punts fixos. Aplicació de Poincaré. Càlcul d'òrbites periòdiques. Mètodes de continuació.

3. Equacions en diferències.

Definicions i conceptes bàsics. Equacions en diferències lineals, solució general.

4. Resolució numèrica del problema de condicions inicials (1).

Introducció als diversos tipus de mètodes numèrics. Errors, convergència, consistència, ordre, estabilitat i estabilitat absoluta.

5. Resolució numèrica del problema de condicions inicials (2).

Mètodes lineals múltiples i teorema de Dahlquist. Mètode predictor-corrector. Mètodes Adams, Bashfort i Moulton.

6. Resolució numèrica del problema de condicions inicials (3).

Mètodes Runge-Kutta i Runge-Kutta-Fehlberg. Equacions stiff.

7. Resolució numèrica del problema de valors frontera.

Mètodes del tir simple i del tir paral·lel. Mètode variacional.

8. Integració simplèctica.

Sistemes hamiltonians i exemples, conservació de l'àrea. Integradors simplèctics, ordre i exemples.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Distingir els diversos tipus de mètodes numèrics per a EDO (problema de condicions inicials).
- Conèixer els avantatges i inconvenients dels diversos tipus de mètodes per a EDO i aplicar-los correctament.
- Calcular correctament les diverses característiques d'un mètode numèric per a EDO (consistència, error local, ordre, estabilitat, estabilitat absoluta, etc.).
- Generar fórmules de mètodes numèrics sota certes condicions donades.
- Aplicar els mètodes del tir simple i tir paral·lel per resoldre un problema de condicions de frontera d'EDO.
- Conèixer les característiques fonamentals del mètode variacional per resoldre el problema de condicions de frontera d'EDO.
- Fer un estudi qualitatiu d'una EDO i utilitzar un llenguatge de programació per a l'estudi numèric d'un problema d'EDO (càlcul d'aplicacions de Poincaré, d'òrbites periòdiques, solucions particulars, existència de caos, etc.).
- Treballar en equip per plantejar estudiar i resoldre diversos problemes d'EDO.
- Confeccionar una memòria sobre l'estudi realitzat en un problema concret d'EDO.
- Presentar oralment el treball realitzat i els resultats obtinguts en l'estudi d'un problema concret d'EDO.

Capacitats prèvies necessàries

- Conèixer i aplicar correctament els mètodes numèrics de resolució de sistemes lineals, interpolació, zeros de funcions, valors i vectors propis i integració.
- Tenir nocions bàsiques de programació i haver utilitzat alguna vegada algun programari matemàtic com Matlab o Maple.
- Conèixer els teoremes bàsics sobre existència i unicitat de solucions del problema de condicions inicials d'una EDO.
- Saber calcular les solucions d'un sistema d'EDO lineals a coeficients constants.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** A les classes de teoria, a més de presentar-hi i exposar-hi els mètodes i les seves propietats, es faran exercicis i problemes sobre el tema i també es donaran exercicis per als alumnes.
- **Sessions de problemes:** Les classes de pràctiques es realitzen en una aula de PC i consisteixen a resoldre exercicis pràctics per part dels alumnes i seguint les indicacions del professor.
- **Pràctiques:** Hi ha una única pràctica, que consisteix a estudiar un problema concret d'EDO, és obligatòria i es realitza en grups de dues o tres persones. El problema que s'estudia s'escull durant la primera quinzena i es presenta oralment durant la darrera quinzena de classes.

Durant tot el quadrimestre es treballen els diversos aspectes que s'han d'estudiar sota la direcció dels professors de l'assignatura. La memòria es lliura, com a màxim, el dia de l'examen final.

7.- Avaluació

Hi haurà un examen parcial no eliminatori de matèria i l'examen final, a més de la pràctica. Els exàmens són de problemes i a la pràctica s'avaluaran el treball realitzat, les iniciatives dels alumnes, així com la presentació pública i la qualitat de les explicacions de la memòria.

La nota final serà:

$$\max((\text{examen parcial} + \text{examen final}) / 2, \text{examen final}) * 0,7 + \text{pràctica} * 0,3$$

Per al cas de l'examen extraordinari la nota es calcularà segons la fórmula següent:

$$\text{examen} * 0,7 + \text{pràctica} * 0,3$$

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Butcher, J.. *The numerical analysis of ordinary differential equations*, . John Wiley, 1987.
- Grau, M.; Noguera, M.. *Càlcul numèric*, . Edicions UPC, 1993.
- Keller, H.B.. *Numerical methods for two-point boundary-value problems*, . Dover, 1992.
- Lambert, J.D. *Numerical methods for ordinary differential systems*, . John Wiley, 1991.
- Sanz-Serna, J.M.; Calvo, M.P.. *Numerical hamiltonian problems*, . Chapman & Hall, 1994.

Referències complementàries:

- Arnold, V.. *Ordinary differential equations*, . Mit Press, 1996.
- García Merayo, F.. *Fortran 90 lenguaje de programación*, . Paraninfo, 1999.
- Henrici, P.. *Discrete variable methods in ordinary differential equations*, . John-Wiley, 1962.
- Parker, J.S.; Chua, L.O.. *Practical numerical algorithms for chaotic systems*, . Springer, 1989.
- Wiggins, S.. *Introduction to applied nonlinear dynamical systems and chaos*, 2a ed.. Springer, 2003.

MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA // MODELITZACIÓ NUMÈRICA

1.- Identificació

Codi: 11871

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: DIEZ MEJIA, PEDRO

Altres professors: PEREZ FOGUET, AGUSTIN

Idioma: Català i castellà

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 1,5 | 19,5 |
| Problemes i/o pràctiques | 2,5 | 32,5 |
| Realització d'exàmens | 0 | 3 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització de treballs | | 75 |
| Preparació d'exàmens | | 15 |
| | Total | 223 |

3.- Objectius

El curs té un doble objectiu. El primer objectiu és tractar dos temes avançats en el camp dels mètodes numèrics en enginyeria: els sistemes no lineals d'equacions i la dinàmica de fluids.

El segon objectiu, de caire més general, és il·lustrar, a partir de casos pràctics, el paper cada cop més important de l'enginyeria computacional en les diverses branques de l'enginyeria i de les ciències.

- Sistemes no lineals
- Es dona una perspectiva general de les tècniques numèriques de resolució de sistemes d'equacions algebraïques no lineals, associats a la discretització d'EDP no lineals.
- Mètodes numèrics per fluids
- Es dona una perspectiva general dels mètodes d'elements finits que s'utilitzen en problemes de fluids.
- Aplicacions en enginyeria computacional
- Es treballarà amb una gran varietat de problemes: mecànica lineal i no lineal de sòlids, dinàmica de fluids, fenòmens de convecció-difusió, ones, electromagnetisme, etc.
- Les sessions pràctiques se centraran en discutir les possibilitats dels mètodes numèrics en aplicacions reals –fent servir programes comercials– i, sobretot, en l'anàlisi dels resultats, més que no pas en aspectes de programació.

4.- Continguts

1. Introducció als sistemes no lineals d'equacions

2. Solució de sistemes no lineals d'equacions

Introducció i orígens dels problemes no lineals. Mètodes de punt fix: existència i unicitat de solució, mètode de Picard. Mètode de Newton-Raphson. Plantejament incremental/iteratiu. Variants del mètode de Newton-Raphson: Newton-Raphson modificat, Whittaker. Mètodes quasi-Newton, introducció i classificació, mètode de Broyden directe i invers, altres mètodes de rang 1, mètodes de rang 2: DFP i BFGS, anàlisi comparativa. Mètodes quasi-Newton per a problemes amb estructura especial. Estudi de la convergència dels mètodes de Newton-Raphson i quasi-Newton. Mètodes Newton-secant, motivació i definició, mètodes més utilitzats. Criteris de convergència. Acceleracions de convergència. Mètodes de continuació.

3. Mètodes d'elements finits per dinàmica de fluids

Problemes de transport estacionaris i transitoris. Problemes de flux compressible. Problemes de convecció-difusió transitoris. Flux viscos incompressible.

4. Aplicacions en enginyeria computacional

Mecànica de sòlids: anàlisi estàtica/dinàmica; anàlisi lineal/no lineal. Dinàmica de fluids. Problemes d'ones. Electromagnetisme.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Visió de conjunt de tècniques numèriques per sistemes no lineals d'equacions
- Criteri per a l'elecció de la tècnica més adequada
- Visió de conjunt de tècniques numèriques per problemes de fluids
- Coneixement del rang d'aplicació de l'enginyeria computacional i de les possibilitats de la modelització numèrica
- Anàlisi crítica dels resultats d'una simulació numèrica

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixements bàsics de mètodes numèrics
- Coneixements bàsics d'equacions en derivades parcials

6.- Metodologia

Es combinen classes teòriques a l'aula convencional i classes pràctiques a l'aula informàtica.

- **Sessions de teoria:** Presentació i discussió dels aspectes fonamentals de cada tema. Material de classe (apunts i/o transparències) disponible a la intranet de l'assignatura.
- **Sessions de problemes:**
- **Pràctiques:** Treballs dirigits de modelització numèrica. Anàlisi crítica dels resultats.

7.- Avaluació

A partir dels treballs pràctics i l'examen

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Crisfield, M.A.. *Non-linear finite element analysis of solids and structures. Vol. 1 : essentials*, . Wiley, 1991.
- Dennis, J.E.; Schnabel, R.B.. *Numerical methods for unconstrained optimization and nonlinear equations*, . Prentice-Hall, 1996.
- Donea, J.; Huerta, A.. *Finite element methods for flow problems*, . Wiley, 2003.
- Kelley, C.T.. *Iterative methods for linear and nonlinear equations*, . SIAM, 1995.
- Morton, K.W.. *Numerical solution of convection-diffusion problems*, . Chapman & Hall, 1996.

Referències complementàries:

- Bathe, K.J.. *Finite element procedures*, . Prentice-Hall, 1996.
- Belytschko, T.; Liu, W.K.; Moran, B.. *Nonlinear finite elements for continua and structures*, . Wiley, 2000.
- Ortega, J.M.; Rheinboldt, W.. *Iterative solution of nonlinear equations in several variables*, . Academic Press, 1970.
- Trefethen, L.N.; Bau III, D.. *Numerical linear algebra*, . SIAM, 1997.

- Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L.. *The finite element method (3 volumes)*, 4a ed.. Butterworth Heinemann, 2000.

Enllaços:

- www-lacan.upc.edu

MODEL LINEAL GENERAL

1.- Identificació

Codi: 11287

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: MONTERO MERCADÉ, LIDIA

Altres professors:

Idioma: Català (apunts castellà, material laboratori català i referències anglès)

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 2x3=6 (a) |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | 0 | 0 |
| Preparació d'exàmens | | 16+32=48 (b) |
| | Total | 210 |

(a) 3 hores per examen, parcial i final.

(b) 16 hores de preparació examen parcial, 32 hores examen final.

3.- Objectius

El curs de Models Lineals Generalitzats té un caràcter eminentment aplicat. El seu objectiu fonamental és que els alumnes adquireixin els coneixements i les habilitats necessaris per poder resoldre els problemes pràctics d'associació estadística entre una variable de resposta de la família exponencial i un conjunt de variables explicatives (contínues o categòriques) que puguin sorgir en la seva pràctica professional.

El model lineal general clàssic pressuposa una distribució normal de la variable de resposta. En l'apartat dedicat al model lineal general clàssic, l'alumne adquirirà coneixement unificat de tres grans grups de models. El primer està format per aquells models en els quals les variables explicatives són quantitatives, és a dir, l'anàlisi de la regressió; en un segon grup s'estudien els casos en els quals les variables explicatives són qualitatives, és a dir, l'anàlisi de la variància, i finalment es tracten aquells models en els quals les variables explicatives inclouen variables qualitatives i quantitatives, és a dir, l'anàlisi de la covariància. L'alumne aprendrà a usar l'anàlisi dels residus, en l'estudi de les violacions dels supòsits bàsics del model i en la selecció del millor model.

La llei normal constitueix un membre particular de la família exponencial, com ho són a la vegada les lleis binomial, de Poisson, etc. L'extensió del model general clàssic al tractament de variables de resposta pertanyents a la família exponencial constitueix l'objectiu bàsic del curs de models lineals generalitzats. L'alumne aprendrà el rol dels components dels models lineals generalitzats, els quals resulten essencials per comprendre els mètodes d'estimació dels paràmetres.

Els models lineals generalitzats particulars que l'alumne aprèn a analitzar detalladament són:

- Models de variable de resposta binària.
- Models de variable de resposta multinomial.
- Models log-lineals. Relació amb els models de resposta multinomial.

L'estratègia per assolir aquests objectius generals s'estructura a través de quatre subobjectius bàsics.

- L'alumne coneix i entén la unitat de les diverses tècniques de modelització estadística presentades.
- L'alumne té coneixement de les propietats estadístiques dels estimadors proposats.
- L'alumne té coneixement dels indicadors estadístics de bondat de l'ajust i de la seva validesa per a la diagnosi i validació dels models lineals proposats.
- L'alumne té coneixement de programes estadístics per a l'estimació dels models proposats, tot sent capaç d'interpretar correctament els resultats proporcionats pel paquet estadístic i d'analitzar les diverses possibilitats i informació que li subministra el programa per tal de poder extreure conclusions d'utilitat en el procés de modelització.
- L'alumne té coneixements de les extensions possibles als models analitzats detalladament al llarg del curs: models d'efectes aleatoris.

4.- Continguts

1. Introducció

Introducció. Relació entre variables. Introducció a la modelització de fenòmens aleatoris. El model lineal general i els models lineals generalitzats.

2. La família exponencial

La família exponencial. Estudi de casos. Estimació dels paràmetres dels models lineals generalitzats. Distribució dels estimadors, càlcul d'interval de confiança. Mesura de bondat de l'ajust.

3. Model de regressió múltiple

Model de regressió múltiple. Hipòtesis. Interpretació geomètrica del model de regressió. Propietats dels estimadors. Teorema de Gauss-Markov. Mesura de l'ajust.

4. Diagnosi i validació del model de regressió múltiple

Diagnosi i validació del model de regressió múltiple. La multicolinealitat i els seus efectes. Anàlisi dels residus, influència d'una observació i distància de Cook. Tractament de l'heterocedasticitat. Transformacions. Selecció de la millor equació de regressió.

5. Anàlisi de la variància i de la covariància

Anàlisi de la variància i de la covariància. Construcció de matrius de dissenys de rang complet segons diverses reparametrizacions. Interpretació dels estimadors de les variables mudes.

6. Models de resposta binària

Models de resposta binària. Funcions de link. Estimació dels paràmetres. Funció *deviance*. Regressió logística.

7. Models de resposta politòmica

Models de resposta politòmica. Resposta multinomial. Funcions de link per a respostes nominals i ordinals. Models jeràrquics. Estimació dels paràmetres. Funció *deviance*.

8. Models log-lineals

Models log-lineals. Distribució de Poisson i funció de link. Relació entre els models log-lineals i els models de resposta multinomial. Anàlisi de taules de contingència.

9. Introducció als models de supervivència

Particularitats dels models de supervivència.
Models lineals generalitzats i models de supervivència: models de vida accelerada, models de riscos proporcionals, model general de taxa de risc.
Model fitting: model de Poisson equivalent.
Exemples.

10. Introducció als models d'efectes aleatoris

Extensió del model ANOVA d'efectes fixos. Exemples. Extensió del model lògit multinomial als efectes aleatoris: el model lògit mixt. Exemples en models discrets de selecció d'alternatives.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Conèixer i entendre alguns dels models més importants de relació lineal entre variables de la família exponencial.
- Davant de la descripció d'un joc de dades, ser capaç de formular correctament el model estadístic associat adequat.
- Davant de la formulació d'un model lineal amb resposta de la família exponencial d'un paràmetre, estimar els paràmetres del model mitjançant l'ús del paquet estadístic adequat.
- Davant dels resultats de l'estimació d'un model lineal amb resposta de la família exponencial d'un paràmetre mitjançant un paquet estadístic adequat, valorar la bondat del model, tot interpretant la informació facilitada pel programa estadístic.
- Davant dels resultats de l'estimació d'un model lineal amb resposta de la família exponencial d'un paràmetre mitjançant un paquet estadístic adequat, saber interpretar els seus estimadors en termes de la funció de link emprada.
- Davant dels resultats de l'estimació d'un model lineal amb resposta de la família exponencial d'un paràmetre mitjançant un paquet estadístic adequat, valorar gràficament la bondat del model sempre que el nombre de paràmetres sigui reduït (fins a tres covariables).
- Davant de diversos models lineals generalitzats per un conjunt de dades fixat, apuntar cap a la selecció del millor model: ús de variables com a factors o com a covariables, introducció de termes d'ordre superior al lineal en les covariables.
- Conèixer i entendre les limitacions de les propietats asimptòtiques dels estadístics implicats en l'estimació i validació dels models lineals generalitzats.
- Conèixer i entendre el mètode dels scores per a l'estimació dels models lineals generalitzats.
- Conèixer els indicadors estadístics de bondat del model: *deviance*, estadístic de Pearson, AIC, BIC.

Capacitats prèvies necessàries

- Habilitats bàsiques d'àlgebra lineal: conceptes de rang d'una matriu, idempotència, projecció, saber invertir matrius, saber resoldre sistemes d'equacions lineals.
- Habilitats bàsiques d'anàlisi matemàtica: comprendre i saber identificar oberts, tancats, saber representar gràficament funcions d'una i dues variables; conèixer el vector gradient i la matriu hessiana d'una funció escalar de variable vectorial, saber calcular-lo i relacionar-lo amb les propietats de la funció.
- És recomanable tenir nocions bàsiques d'anàlisi descriptiva de dades.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Són 2 sessions d'1,5 h setmanalment on es presenten i es discuteixen els continguts de l'assignatura amb l'ajut de transparències. El professor presenta tant els continguts en termes de nous conceptes com l'estudi de casos on es detalla la interpretació, validació i selecció del millor model (tots els jocs de dades usats pel professor són públics a la pàgina web de l'assignatura). Per ajudar al seguiment de l'assignatura per part de l'alumne, la distribució entre classes expositives clàssiques i estudi de casos és del 50-50.
- **Pràctiques:** Sessions de 2 h setmanals. Durant els primers 20 minuts, el professor presenta els objectius de l'exercici que s'ha de desenvolupar dins del tema concret. Els alumnes han de capturar l'arxiu de dades sobre el qual tracta l'exercici de la pàgina web de l'assignatura i seguir el guió detallat que el professor ha penjat per a la sessió de laboratori.

7.- Avaluació

Hi haurà un examen parcial no eliminatori de matèria i l'examen final. Els exàmens són problemes i casos pràctics.

La nota final (NF) serà:

$$NF = \text{Max}(\text{nota examen final}, \text{nota examen final} * 0,65 + \text{nota examen parcial} * 0,35)$$

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- McCullagh, P.; Nelder, J.A.. *Generalized linear models*, 2a ed.. Chapman and Hall, 1989.
- Dobson, A. J.. *An introduction to generalized linear models*, . Chapman and Hall, 1990.
- Fahrmeir, L.; Tutz, G.. *Multivariate statistical modeling based on generalized linear models*, 2a ed.. Springer-Verlag, 2001.
- Lee, Y.; Nelder, J.; Pawitan, Y.. *Generalized linear models with random effects*, . Chapman and Hall, 2006.
- Train, K.E.. *Discrete Choice Methods with Simulation*, . Cambridge University Press, 2003.

Referències complementàries:

- Christensen, R.. *Log-linear models and logistic regression*, 2a ed.. Springer-Verlag, 1997.
- Fox, J.. *Applied regression analysis, linear models, and related methods*, . Sage, 1997.
- Seber, G.A.F.. *Linear regression analysis*, 2a ed.. Wiley and Sons, 2003.
- Bishop, I.; Fienber, S.; Holland, P.. *Discrete multivariate analysis: theory and practice*, . MIT Press, 1991.
- Agresti, A.. *Categorical data analysis*, 2a ed.. Wiley Interscience, 2002.

Enllaços:

- http://www-eio.upc.es/seccio_fme/teaching/mlgz/

MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA

1.- Identificació

Codi: 10024

Tipus: Obligatòria

Curs: 3 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: XAMBO DESCAMPS, SEBASTIAN

Altres professors: MORALES RUIZ, JUAN JOSÉ / VILLANUEVA CASTELLTORT, JORDI

Idioma: Català (i alguns materials en anglès)

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització de treballs | | 25 |
| Preparació d'exàmens | | 10+14=24 (*) |
| Total | | 183 |

(*) S'inclouen les hores de preparació de les proves fetes en hores de classe.

3.- Objectius

Cenyint-nos als camps de la mecànica, l'electromagnetisme i la relativitat especial, es tracta d'analitzar algunes de les interrelacions més fructíferes entre matemàtiques i física. Aquesta tasca ha d'afavorir 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.

- Comprensió del paper fonamental que fa la modelització matemàtica en la resolució de problemes físics i en la formulació de teories.
- Assimilació i utilització de la noció de sistema mecànic i del seu tractament, teòric i pràctic, mitjançant els mètodes de Lagrange i de Hamilton.
- Assimilació i utilització del concepte de camp en física, fonamentalment en el cas de l'electromagnetisme.
- Comprensió del contingut físic de les equacions de Maxwell i de les seves conseqüències.
- Comprensió de la influència que els sistemes de referència tenen en la descripció dels fenòmens físics i de la contribució de la teoria de la relativitat especial a la resolució d'aquesta arbitriietat tant pel que fa a la mecànica com pel que fa a l'electromagnetisme.
- Exercitació de l'alumne en la preparació i presentació oral i escrita d'un treball.

4.- Continguts

1. Mecànica clàssica

Espai de configuracions i espai d'estats. Formulació lagrangiana i hamiltoniana de la mecànica de Newton. Lleis de conservació. Teorema de Noether. Sistemes conservatius amb un grau de llibertat. Sòlid rígid.

2. Camps electromagnètics

Càrregues, corrents i equació de continuïtat de la càrrega. Camps electrostàtics. Teoria del potencial. Camps magnetostàtics. Materials magnètics. Inducció electromagnètica. Equacions de Maxwell. Ones electromagnètiques en el buit. Energia d'un camp electromagnètic. Potencial vector i potencial escalar. Fenòmens elèctrics i magnètics en medis materials.

3. Relativitat restringida

Història de l'èter lumínic. El grup de Lorentz-Poincaré. Retard dels rellotges i contracció de Fitzgerald. Dinàmica relativista. Formulació relativista del camp electromagnètic. Òptica relativista.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Comprendre el formalisme lagrangia, la seva necessitat, els seus avantatges respecte a la formulació newtoniana, i saber-lo usar per resoldre problemes de mecànica.
- Comprendre aspectes estructurals de la mecànica com ara les equacions de Hamilton, la relació entre simetries i quantitats conservades (teorema de Noether i aplicacions) i l'anàlisi de les petites oscil·lacions (freqüències i modes fonamentals).

- Conèixer els elements fonamentals per a la descripció del moviment d'un sòlid rígid, les equacions que descriuen la seva dinàmica i els exemples més bàsics.
- Saber calcular, tant directament com usant la llei de Gauss i la llei d'Ampère, el camp elèctric de distribucions senzilles de càrregues i el camp magnètic de configuracions senzilles de corrents.
- Entendre el fenomen de la inducció electromagnètica i la seva formulació matemàtica, la noció de corrent de desplaçament, el seu paper en la formulació de llei de Maxwell-Ampère i en la unificació de l'electromagnetisme i l'òptica.
- Conèixer la formulació de l'electrodinàmica en termes dels potencials vector i escalar.
- Entendre la necessitat de la relativitat restringida, la seva relació amb la mecànica i l'electromagnetisme clàssics, les transformacions de Lorentz i les seves conseqüències més importants.
- Conèixer la noció de quadrivector i la reformulació relativista de la mecànica clàssica.
- Comprendre la natura relativista de la separació del camp electromagnètic en camp elèctric i camp magnètic, i les conseqüències bàsiques d'aquest fet.

Capacitats prèvies necessàries

- Càlcul 3
- EDO
- Geometria Diferencial

6.- Metodologia

Classes de teoria, sessions de resolució de problemes i realització d'un treball.

- **Sessions de teoria:** S'expliquen d'una manera sistemàtica els diversos temes del programa i s'il·lustren amb exemples escollits.
- **Sessions de problemes:** Es fan problemes relacionats amb els temes de teoria amb la participació dels alumnes.
- **Pràctiques:** De manera individual o per grups reduïts, s'assignen temes per a treballs complementaris del material treballat a les classes de teoria i de problemes, el qual han d'exposar oralment d'una manera resumida i han d'entregar per escrit el dia de l'examen final.

7.- Avaluació

Teoria: dos exàmens, un a mitjan quadrimestre i l'altre l'examen final, cada un basat en dotze temes.

Problemes Curs: dues sessions de problemes puntuables, la primera per resoldre un problema de mecànica i la segona un d'electromagnetisme.

Problemes Examen Final: un problema de mecànica, un d'electromagnetisme i un de relativitat especial.

Treball: es valora el resum escrit, la seva presentació oral i el treball escrit final.

La nota final es calcula com segueix:

$$0,889 * (0,3 * Teoria + 0,2 * ProblemesCurs + 0,4 * ProblemesExamenFinal) + 0,2 * Treball$$

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Goldstein, H. *Classical mechanics*, 3a ed.. Addison-Wesley, 2003.
- Chow, T.L.. *Classical mechanics*, . John Wiley, 1995.
- Lorrain, P.; Corson, D.R.; Lorrain, F.. *Fundamentals of electromagnetic phenomena*, . Freeman and Co., 2000.
- Cook, D.M.. *The theory of the electromagnetic field*, . Dover, 2002.
- Rindler, W.. *Relativity: special, general and cosmological* . Oxford University Press, 2001.

Referències complementàries:

- Jackson, J.D.. *Classical electrodynamics*, 3a ed.. John Wiley, 1999.
- Girbau, J.. *Geometria diferencial i relativitat*, . Edicions UAb, 1993.
- Rañada, A.. *Dinámica clásica*, . Alianza Universidad, 1990.
- Misner, G.W.; Thorne, K.S.; Wheeler, J.A.. *Gravitation*, . Freeman and Co., 1973.
- Griffiths, D.J.. *Introduction to electrodynamics*, 3a ed.. Prentice and Hall, 1999.

OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1

1.- Identificació

Codi: 11879

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: NABONA FRANCISCO, NARCÍS

Altres professors: PAGÈS BERNAUS, ADELA

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4 * |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 1,5 | 19,5 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 72 |
| | Total | 199,5 |

(*) Hi ha dos parcials alliberadors.

LA RESTA DE CONTINGUTS SÓN COM ELS DE L'ASSIGNATURA 26307

3.- Objectius

Formar en els principis i l'aplicació de l'optimització contínua a resoldre problemes reals.

- Presentar les bases teòriques dels principals algorismes d'optimització contínua i les seves eines de resolució de problemes de mida gran.
- Justificar l'eficiència computacional dels algorismes que es presenten.
- Comprendre una part de les propietats dels algorismes mitjançant l'experimentació computacional amb programes preparats.
- Adquirir pràctica en l'ús de les eines professionals de l'optimització contínua.
- Entrar en contacte amb problemes reals d'optimització contínua.

4.- Continguts

1. Conceptes bàsics

Convergència local i global d'algorismes. Direcció de descens. Ordre i taxa de convergència. Fita superior a la taxa de convergència del mètode del gradient. Esparsitat de matrius i vectors. Producte espars de matriu per vector. Graf equivalent a una matriu esparsa simètrica. Factorització de matrius esparses i reordenacions simètriques.

2. Optimització sense constriccions que no utilitza derivades

Procediment de Nelder-Mead. Generació de símplexs. Reflexions, expansions, contraccions i reduccions. Criteris per usar-les. Criteris d'acabament.

3. Mètodes de direccions conjugades per a optimització sense constriccions

Direccions Q-conjugades. Minimització d'una funció quadràtica. Algorisme del gradient conjugat. Convergència i relació amb els valors propis. Solució de sistemes lineals simètrics a través del gradient conjugat. Aplicació a funcions qualsevol. El mètode del gradient conjugat parcial.

4. Mètode de Newton per a optimització sense constriccions

Convergència local i global. Modificacions definides positives. Factorització de Gill-Murray. Modificació de Dennis-Schnabel. Direccions de curvatura negativa.

5. Factoritzacions ortogonals i mínims quadrats

Matrius de Householder. Factoritzacions QR i LQ amb rang complet i incomplet. Subespai de rang i subespai nul. Matriu Z. Mínims quadrats lineals. Resolució amb i sense factorització QR. Factorització ortogonal completa de matrius amb rang deficient i mínims quadrats de norma mínima. Mínims quadrats qualsevol. Algorisme de Gauss-Newton.

6. Minimització amb constriccions lineals d'igualtat

Obtenció d'un punt inicial factible i de la matriu Z per factorització LQ i pel mètode de reducció de variables. Algorisme general usant el gradient i la hessiana projectats. Problema lineal. Resolució directa del cas amb funció objectiu quadràtica. Estimacions de multiplicadors de Lagrange de $1r$ i $2n$ ordre.

7. Minimització amb constriccions lineals de desigualtat

Mètode del conjunt actiu. Heurística crash-start per obtenir un punt factible. Especialització de Murtagh-Saunders quan hi ha constriccions lineals d'igualtat i fites simples. Variables superbàsiques. El mètode del símplex de programació lineal com a cas particular de l'algorisme. Minimització subjecta a fites simples.

8. Procediments de punt interior per escalat afí per a programació lineal

Concepte de punt interior. Direccions factibles de descens. Escalat afí primal. Criteri d'acabament. Algorisme de l'escalat afí primal. Punt interior del problema dual. Algorisme de l'escalat afí dual.

9. Minimització amb constriccions qualssevol pel gradient reduït generalitzat

Aplicació a un problema amb constriccions lineals d'igualtat i variables fitades. Variables dependents i independents. Aplicació a problemes amb constriccions qualssevol. Retorn a la hipersuperfície de les constriccions.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Saber classificar els distints tipus de problema d'optimització segons la funció objectiu i, si n'hi ha, el tipus de constriccions presents.
- Conèixer quins són els principals algorismes adequats per resoldre cada tipus de problema d'optimització.
- Conèixer les propietats principals dels algorismes considerats i la seva eficiència computacional donada la implementació realitzada dels algorismes.
- Saber com es poden implementar els algorismes considerats i quin programari existeix de domini públic o de pagament per fer aplicacions.
- Experimentar amb programari existent per resoldre un problema real i poder comparar l'eficiència de distintes solucions.
- Usar modelitzadors i resolutors professionals de domini públic o de pagament.

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixement d'operacions bàsiques amb matrius i vectors i de diferenciació multivariant. Determinació d'òptims a partir de les condicions d'optimalitat.
- Coneixement de l'exploració lineal per aproximar l'òptim d'una funció multivariant des d'un punt al llarg d'una direcció. Coneixement de l'algorisme del símplex de programació lineal.
- Saber compilar i muntar un programa a partir d'un programa principal i de distintes subrutines pròpies o subministrades. Experiència en programació.
- Experiència en l'ús de Matlab.

6.- Metodologia

S'exposa la teoria a classe i s'usa programari existent i d'altre que, en part, s'ha de desenvolupar per aplicar els algorismes estudiats a diversos tipus de problema d'optimització.

- **Sessions de teoria:** Exposicions dels problemes d'optimització i dels algorismes que els resolen eficientment i les seves propietats.

- **Sessions de problemes:** Hi ha una col·lecció de problemes resolts, alguns dels quals s'exposaran a classe. És recomanable que l'alumne els resolgui pel seu compte amb l'ajut de Matlab per realitzar les operacions.
- **Pràctiques:** Amb programari existent i amb programes i rutines preparades pels alumnes s'han de resoldre problemes d'optimització de diferents tipus.

7.- Avaluació

Ordinària:

Hi ha dos parcials alliberadors de la 1a i 2a meitat del curs. Cadascun pesa un 35% sobre la nota, i cal una nota mínima de 2 per aprovar l'assignatura.

Hi ha pràctiques obligatòries i altres d'optatives. La nota pesa un 30% i per aprovar l'assignatura cal tenir aprovades les pràctiques.

Extraordinària:

Hi ha un examen que pesa un 70%, i cal tenir les pràctiques aprovades, les quals pesen un 30%.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Bertsekas, D.P.. *Nonlinear programming*, 2a ed.. Athena Scientific, 1999.
- Dennis, J.E.; Schnabel, R.B.. *Numerical methods for unconstrained optimization and nonlinear equations*, . Prentice-Hall, 1996.
- Duff, I.; Erisman, A.M.; Reid, J.K.. *Direct methods for sparse matrices*, . Oxford Clarendon Press, 1989.
- Gill, P.E.; Murray, W.; Wright, M.H.. *Practical optimization*, . Academic Press, 1981.
- Luenberger, D.G.. *Linear and nonlinear programming*, 2a ed.. Addison-Wesley, 2004.

Referències complementàries:

- Wright, S.J.. *Primal-dual interior-point methods*, . SIAM, 1997.
- Gill, P.E.; Murray, W.; Wright, M.H.. *Numerical linear algebra and optimization*, . Addison-Wesley, 1991.
- Nabona, N.. *Notes de classe d'optimització contínua 1*, . Servei Publicacions FME, 2004.
- Nabona, N.; Heredia, F.J.. *Optimització contínua 1: problemes*, . Servei Publicacions FME, 2004.
- Nabona, N.. *Optimització contínua 1: pràctiques*, . Servei Publicacions FME, 2004.

PROBABILITAT I ESTADÍSTICA

1.- Identificació

Codi: 10015

Tipus: Obligatòria

Curs: 2 **Quadrimestre:** 1

Crèdits: 7,5 (crèdits teòrics + crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: NONELL I TORRENT, RAMON

Altres professors: DELICADO USEROS, PEDRO FRANCISCO

Idioma: català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | 4 | |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2.5 | 32.5 |
| Realització de treballs | 0 | |
| Preparació d'exàmens | 35 | |
| | Total | |

3.- Objectius

- Coneixement de l'estructura matemàtica sobre la qual s'hi definirà la probabilitat: conjunt de resultats d'una experiència aleatòria i conjunt de successos (sigma-àlgebra de Boole) d'una experiència aleatòria. Coneixement de la sigma-àlgebra dels borelians. Coneixement de la funció probabilitat axiomàticament i en les seves propietats.
- Coneixement de les propietats de la funció probabilitat per tal de plantejar problemes i d'estructurar-ne solucions en fenòmens susceptibles de formalitzar-se amb un espai de probabilitat.
- Coneixement de la formalització de les característiques numèriques associades a fenòmens aleatoris: variables aleatòries reals. Coneixement de l'estructura algebraica de les variables aleatòries reals definides en un espai probabilitzable. Formalització del coneixement de la llei d'una variable aleatòria real: lleis discretes i lleis absolutament contínues amb les corresponents funcions definidores.
- Coneixement de les definicions formals dels elements característics de les lleis de les variables aleatòries reals: esperança, variància, mediana,... Coneixement de les desigualtats bàsiques amb els elements característics de les lleis de les variables aleatòries reals. Coneixement de les funcions que generen moments i que en definitiva ens aporten informació per a la determinació de lleis. Coneixement del grau d'exhaustivitat d'aquesta aportació d'informació.
- Coneixement de la generalització al concepte de vector aleatori real i conseqüentment a les eines pròpies dels vectors aleatoris reals. Coneixement de la generalització al concepte de successió de variables aleatòries reals. Coneixement de les convergències més habituals i de les relacions que entre elles s'estableixen.

4.- Continguts

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. Variables aleatòries absolutament contínues: funció de densitat; models més habituals. 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. Introducció a les cadenes de Markov.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Saber construir espais de probabilitat. Saber demostrar que una funció és una probabilitat.
- Saber resoldre problemes de probabilitat amb les metodologies usuals d'acord amb l'axiomàtica i les propietats.
- Saber demostrar que una funció és una variable aleatòria real.
- Saber identificar i tractar les lleis usuals, tant les discretes com les absolutament contínues.
- Saber calcular els elements característics de les lleis usuals.
- Saber calcular i usar les funcions generadores com a portadores d'informació d'una llei.
- Saber tractar transformacions de variables aleatòries reals i de vectors aleatoris reals. Saber trobar les funcions identificadores de les lleis associades a la llei Normal.
- Saber demostrar convergències usuals de variables aleatòries reals.

Capacitats prèvies necessàries

- Haver adquirit el raonament matemàtic.
- Saber les assignatures del primer curs.
- Saber teoria de conjunts. Tenir nocions de cardinalitat.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Classes de pissarra: explicacions, demostracions, exemples,...
- **Sessions de problemes:** Classes estàndard d'explicació i resolució de problemes amb la possibilitat de presentació de problemes resolts.

7.- Avaluació

Examen final de teoria (menys del 50% de la nota) i de problemes (més del 50% de la nota). En l'avaluació ordinària hi ha punts afegits que beneficiaran les persones que presentin voluntàriament qüestions resoltes o que tinguin una actitud especialment favorable cap als continguts l'assignatura.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Ash, R.B.. *Basic probability theory*, . Wiley, 1970.
- Baldi, P.. *Calcolo delle probabilità e statistica*, 2a ed.. McGraw-Hill Libri, 1993.
- Chung, K.L.. *Elementary probability theory with stochastic processes*, 3a ed.. Springer-Verlag, 1979.
- Rohatgi, V.K.. *An introduction to probability theory and mathematical statistics*, . Wiley, 1976.
- Sanz, M.. *Probabilitats*, . UB, 1999.

Referències complementàries:

- Ash, R.B.. *Real analysis and probability*, . Academic Press, 1972.
- Breiman, L.. *Probability*, . SIAP, 1992.
- Chung, K.L.. *A course in probability theory*, . Academic Press, 1974.
- DeGroot, M.H.. *Probabilidad y estadística*, 2a ed.. Addison-Wesley, 1988.
- Neveu, J.. *Bases mathématiques du calcul des probabilités*, . Masson, 1980.

PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA

1.- Identificació

Codi: 11861

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (4 crèdits teòrics + 3,5 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: FERNÁNDEZ AREIZAGA, ELENA

Altres professors:

Idioma: Català/Castellà

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 8 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització de treballs | | 10 |
| Preparació d'exàmens | | 15 |
| | Total | 163 |

3.- Objectius

Donar un complement de formació bàsica en investigació operativa i familiaritzar l'estudiant amb mètodes que permeten resoldre algunes aplicacions pràctiques de problemes de grans dimensions. Conèixer la utilitat d'alguns dels principals models matemàtics de la investigació operativa, especialment en l'àrea de l'estadística.

- Aprofundir en l'estudi de les propietats de les famílies de models matemàtics típics de la investigació operativa.
- Introduir els problemes d'optimització combinatoria i les seves aplicacions. Estudiar la relació entre aquests problemes i els de programació lineal sencera.
- Generalitzar els resultats de la teoria de la dualitat i les seves implicacions. Explotar les propietats de la dualitat i les característiques inherents a l'estructura del model matemàtic per a la resolució dels problemes.
- Conèixer les aplicacions de les tècniques d'optimització en els diferents àmbits de l'estadística.
- Conèixer els mètodes heurístics bàsics.

4.- Continguts

1. Models enters i combinatoris

Problemes d'optimització combinatoria. Relació entre els problemes d'optimització combinatoria i els problemes de programació lineal sencera. La caracterització dels políedres dels problemes combinatoris: cares i facetes d'un políedre convex. El problema de Knapsack: heurístiques per al problema de Knapsack, la caracterització del polítop de Knapsack. Algorismes de pla secant per als problemes enters: talls de Gomory. Procediments d'identificació de constriccions. El cas del polítop de Knapsack: teoremes de desprojcció.

2. Dualitat

Dualitat en programació matemàtica i dualitat lagrangiana: generalització de la dualitat en programació matemàtica. Dualització i relaxació. Equivalència entre convexificació i dualització. Condicions globals d'optimalitat. Revisió de les condicions de Karush-Kuhn-Tucker. Relaxació lagrangiana i dualitat. Introducció a l'optimització no diferenciable. L'optimització subgradient.

3. Estudi de problemes tipus de programació matemàtica

El problema del viatjant de comerç: heurístiques, caracterització de facetes, identificació de constriccions, relaxacions lagrangianes. Problemes discrets de localització de plantes: problemes sense capacitats, heurístiques duals, problemes amb capacitats, mètodes lagrangians. Problemes de rutes de vehicles. Tractament per heurístiques aleatòries: simulated annealing.

4. Aplicacions de la Programació matemàtica a problemes estadístics.

Aplicacions de la programació matemàtica a l'estadística: problemes de regressió, estimació paramètrica i no paramètrica, test d'hipòtesi, disseny d'experiments, etc.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Ser capaç de formular i resoldre numèricament problemes reals de programació matemàtica. Conèixer les característiques de les famílies de problemes típics de la investigació operativa.
- Identificar els elements que intervenen en un problema d'optimització combinatoria. Ser capaç de modelar-lo com a problema de programació lineal sencera.
- Ser capaç d'identificar desigualtats vàlides per a problemes típics de programació sencera, com ara el problema de la motxilla i el problema del viatjant de comerç.
- Ser capaç de formular una relaxació lagrangiana per a un problema d'optimització amb constriccions. Poder determinar l'existència o no de gap dual (o de punts de sella) per a un problema d'optimització concret. Saber aplicar la tècnica d'optimització subgradient per a la resolució del dual lagrangiana.
- Conèixer les tècniques d'optimització apropiades per a diferents problemes estadístics, com ara la regressió, el disseny d'experiments, etc.

Capacitats prèvies necessàries

- Conèixer els models i les tècniques bàsiques d'investigació operativa, i en concret les relacionades amb la programació lineal. Ser capaç de modelar problemes lineals i ser capaç de resoldre'ls fent servir l'algorisme del símplex.
- Conèixer les tècniques bàsiques de programació no lineal: exploració lineal, mètode del gradient, condicions de Karush-Kuhn-Tucker.
- Tenir coneixements bàsics de programació i ser capaç d'implementar un algorisme senzill en un llenguatge de programació.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Sessions d'1.30 h on es presenten i es discuteixen els continguts de l'assignatura. En alguns dels temes es faran servir transparències. En altres temes es faran classes tradicionals a la pissarra. Es farà servir la intranet docent per fer públic material docent relacionat amb l'assignatura: apunts d'alguns dels temes, enunciats de problemes i exàmens resolts.
- **Sessions de problemes:** Sessions de 2 h on es plantegen i es resolen problemes numèrics relacionats amb els temes vistos a classe de teoria. Es dona un cert temps perquè l'estudiant intenti resoldre els problemes i posteriorment els problemes es resolen i es discuteixen.
- **Pràctiques:** Hi ha una pràctica que es realitza o bé individualment o bé en parella. Per introduir l'estudiant a la pràctica es faran un parell de sessions a l'aula de PC.
- La pràctica consta de tres parts. En la primera l'estudiant fa un programa que implementa un mètode d'optimització subgradient per a la resolució del dual lagrangiana d'un problema del viatjant de comerç. En la segona part, l'estudiant obté una nova fita inferior per al mateix problema mitjançant un mètode iteratiu de resolució de la relaxació lineal + identificació de desigualtats violades. Aquesta segona part es resol fent servir un paquet estàndard de software, com ara el Lindo. La tercera part consisteix en la programació d'un mètode heurístic per obtenir una solució factible per al problema.

7.- Avaluació

Convocatòria ordinària:

Teoria: un examen parcial alliberatori a partir de 5 i un examen final.

Pràctica: realització d'una pràctica, bé individualment o bé en parelles.

Nota final: per aprovar l'assignatura cal obtenir una nota mínima de 4 tant a la part de teoria com a la de pràctica. La nota final s'obté de la ponderació:

$$2/3 * \text{nota de teoria} + 1/3 * \text{nota de pràctica}$$

Si s'obté una nota inferior a 4 en una de les parts (teoria o pràctica) la nota final serà:

$$\min\{4, 2/3 * \text{nota de teoria} + 1/3 * \text{nota de pràctica}\}$$

Convocatòria extraordinària:

Hi haurà un examen de tota la matèria i s'haurà de presentar una pràctica. Amb les notes de teoria i pràctiques es calcularà la nota final de la convocatòria extraordinària igual que a l'ordinària. Es guarda la nota de pràctiques a partir de nota de pràctica = 7.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Ahuja, R.K.; Magnanti, T.L.; Orlin J.B.. *Network flows: theory, algorithms and applications*, . Prentice Hall, 1993.
- Bazaraa, M.S.; Sherali, H.D.; Shetti, C.M.. *Nonlinear programming: theory and algorithms*, 2a ed.. John Wiley and Sons, 1993.
- Boyd, S.; Vandenberghe, L.. *Convex optimization*, . Cambridge University Press, 2004.
- Nemhauser, G.L.; Wolsey, L.A.. *Integer and combinatorial optimization*, . John Wiley and Sons, 1988.
- Wolsey, L. A.. *Integer programming*, . John Wiley-Interscience, 1998.

Referències complementàries:

- Arthanari, T.S.; Dodge, Y.. *Mathematical programming in statistics*, . John Wiley, 1993.
- Padberg, M.. *Linear optimization and extensions*, 2a ed.. Springer-Verlag, 1999.
- Schrage, L.. *Optimization modeling with LINGO*, 5a ed.. Lindo Systems Inc, 2002.
- Fourer, R.; Gay, D. M.; Kernighan, B.W.. *AMPL: a modeling language for mathematical programming*, 2a ed.. Boyd & Fraser, 2003.

SIMULACIÓ

1.- Identificació

Codi: 11873

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 1,5 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: BARCELÓ BUGEDA, JAIME

Altres professors:

Idioma: Castellà

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 1 | 13 |
| Realització d'exàmens | 0 | 0 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 1 | 13 |
| Realització de treballs | 2 | 26 |
| Preparació d'exàmens | | |
| | Total | 117 |

Els problemes es fan integrats com a part de la teoria. Es fan dos exàmens parcials dintre de l'horari lectiu. Al llarg del curs l'alumne ha de fer dos treball pràctics que complementen l'aprenentatge de l'assignatura.

3.- Objectius

Introduir l'alumne en les tècniques d'anàlisi de sistemes mitjançant models de simulació, i en particular en l'anàlisi de sistemes discrets, en presència d'aleatorietat. Introducció als sistemes de cues com a cas paradigmàtic de sistema discret aleatori.

- Familiaritzar l'alumne amb el concepte de model de simulació i les metodologies de la construcció de models de simulació.
- Familiaritzar l'alumne amb els enfocaments metodològics de la simulació de sistemes discrets: *event-scheduling*, *process-interaction*, *activity-scanning*...
- Introduir l'alumne en els aspectes computacionals de la implementació de models de simulació i els llenguatges de simulació.
- Formar l'alumne en la metodologia i les tècniques per analitzar els resultats proporcionats pels models de simulació.
- Proporcionar una panoràmica de les aplicacions tecnològiques de la simulació de sistemes discrets.
- Proporcionar un coneixement aprofundit sobre el tractament de l'aleatorietat en la simulació, la generació de nombres aleatoris i mostres de variables aleatòries.

4.- Continguts

1. Introducció als sistemes discrets: sistemes de cues

Sistemes i models. El concepte de model com a representació formal d'un sistema. Sistemes discrets amb successos aleatoris: introducció als sistemes de cues. Processos de naixement i mort. Cues poissonianes. Cues generalitzades. Xarxes de cues.

2. Introducció a la simulació de sistemes discrets

Els models de simulació. Simulació discreta i simulació contínua. La simulació de sistemes discrets. L'anàlisi del sistema: identificació de les entitats, els atributs i les relacions. La formulació d'hipòtesis de modelització. Formalització del model de simulació.

3. L'anàlisi de l'aleatorietat de l'input d'un model de simulació

L'anàlisi del sistema: processos de recollida de dades i adquisició de coneixement. L'anàlisi de l'aleatorietat dels processos del sistema: formulació d'hipòtesis probabilístiques, ajustament i verificació de models de probabilitat. Tècniques d'estadística descriptiva, anàlisi de dades, etc.

4. L'enfocament

Un enfocament metodològic per a la simulació de sistemes discrets: estat del sistema, canvi d'estat del sistema, els esdeveniments com a agents del canvi d'estat del sistema. L'enfocament *event-scheduling*. Exemples d'aplicacions en sistemes industrials: la simulació de sistemes de cues i els processos de manufactura, de xarxes de comunicacions, de gestió d'inventaris, etc.

5. Simulació i aleatorietat: la generació de nombres pseudoaleatoris

El concepte d'*aleatoriaetat*. La reproducció de l'aleatorietat en un ordinador digital: els nombres pseudoaleatoris. Generadors congruents lineals, congruents múltiples, híbrids, no

lineals, etc. Les propietats teòriques desitjables d'un generador de nombres pseudoaleatoris: propietats estructurals. La verificació de la qualitat d'un generador: tests estadístics i tests estructurals. Els tests de Diehard.

6. Introducció a la simulació pels mètodes de Montecarlo

Introducció als mètodes de Montecarlo. Càlcul de superfícies i volums pels mètodes de Montecarlo. Aplicacions del mètode de rebuig.

7. Generació de mostres de variables aleatòries no uniformes

El mètode de la transformada inversa. El mètode del rebot generalitzat. Generació de distribucions contínues: exponencial, d'Erlang, de Weibull, gamma, etc. Generació de distribucions discretes: geomètrica, de Poisson, etc. El mètode Alias.

8. Altres enfocaments de simulació de sistemes discrets

Enfocaments *process-interaction* i *activity-scanning*. Els llenguatges de simulació. Introducció al GPSS. Tendències actuals de la simulació: l'ARENA.

9. Validació i anàlisi dels resultats de la simulació.

Simulacions amb horitzó finit. Simulacions amb horitzó infinit: tècniques de *batch-means*, mètodes regeneratius, etc. Tècniques de reducció de variància. Disseny d'experiments de simulació. Simulació i anàlisi de resultats. Comparació de dissenys alternatius.

10. Aplicacions de la simulació.

Exemples d'aplicacions de la simulació en processos industrials, transport, comunicacions, etc.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Construir models de simulació
- Identificar l'aleatorietat dels processos dels sistemes que s'han de simular
- Dissenyar i construir generadors de nombres pseudoaleatoris i verificar-ne la qualitat
- Generar mostres de variables aleatòries no uniformes, contínues i discretes
- Aplicar les metodologies de la simulació: *event-scheduling*, *process-interaction*.
- Analitzar els resultats de la simulació, extreure'n conclusions, fonamentar-les i presentar-les

Capacitats prèvies necessàries

- Àlgebra lineal
- Anàlisi
- Probabilitats
- Inferència estadística
- Introducció a la investigació operativa

6.- Metodologia

L'assignatura es desenvoluparà en sessions de teoria que integrin la resolució de problemes i exemples il·lustratius procedents d'una col·lecció que es posarà a la disposició dels alumnes a principi de curs.

- **Sessions de teoria:** Es desenvolupa en una exposició amb l'ajut de projeccions de diapositives de Power Point i execucions interactives de diferents programaris de simulació, anàlisi estadística, matemàtica, etc. per il·lustrar els diferents conceptes i l'aplicació dels diversos mètodes.
- **Sessions de problemes:** El caràcter de l'assignatura no aconsella classes de problemes en el sentit clàssic. Els problemes, especialment els de la col·lecció que es distribueix als alumnes al principi del curs, es van resolent a mesura que s'aborden els conceptes corresponents en el desenvolupament de la teoria. Eventualment hi ha sessions exclusivament dedicades a problemes, en les quals es demana als alumnes que hi intervinguin, ja que el material està a les seves disposició.
- **Pràctiques:** Els alumnes han de realitzar dos treballs pràctics obligatoris. En el primer se'ls proporciona una mostra de dades, han d'identificar els models de probabilitat que se'ls explica i justificar-lo. A continuació han de dissenyar, implementar i verificar el seu propi generador de nombres aleatoris i utilitzar-lo per generar una mostra de la distribució de probabilitat que han identificat en la primera part.

A la segona part se'ls proposa un cas d'un sistema el model de simulació del qual han de dissenyar, implementar i executar. Han d'analitzar els resultats i comparar els dissenys alternatius que corresponen a les preguntes que els formulen els resultats. L'alumne ha de redactar un informe metodològicament correcte segons el que s'ha exposat durant el curs.

7.- Avaluació

Un examen parcial sobre la teoria, que si s'ha aprovat allibera de l'examen final. En cas contrari, s'ha d'aprovar l'examen final de teoria. Dues pràctiques. La qualificació final és la mitjana de la teoria i les pràctiques. No hi ha compensacions per a casos extrems.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Law A.M.; Kelton W.D.. *Simulation modeling & analysis*, 2^a. McGraw-Hill, 1991.
- Banks J.; Carson J.S.; Nelson B.L.; Nicol D.M.. *Discrete-Event system simulation*, 4th ed. Prentice-Hall, 2005.
- Fishman G.S.. *Discrete-Event simulation*, . Springer, 2001.
- Ross S. M.. *Simulation*, . Academic Press, 2002.
- Gross D.; Harris C.M.;. *Fundamentals of queueing theory*, . Wiley Series in Probability and Statistics, 1998.

Referències complementàries:

- Banks J. (Editor). *Handbook of simulation*, . Wiley Interscience, 1998.
- Robert C.P.; Casella G.;. *Monte Carlo statistical methods*, 2^a. Springer, 2004.
- Kelton W.D.; Sadowski R.P.; Sturrock D.T.. *Simulation with ARENA*, 3^a. Mc Graw-Hill, 2004.

Enllaços:

- <http://stat.fsu.edu/pub/diehard>

TEORIA DE CODIS

1.- Identificació

Codi: 11864

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: XAMBO DESCAMPS, SEBASTIAN

Altres professors:

Idioma: Català, castellà, anglès

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 (*) |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 1.5 | 19.5 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2.5 | 32.5 |
| Realització de treballs | 2 | 26 (*) |
| Preparació d'exàmens | | 6+10=16 |
| | Total | 150 |

(*) Una hora per setmana es comptabilitza com a no reglada per a la realització del treball.

3.- Objectius

Familiaritzar-se amb la teoria i la pràctica dels esquemes usats actualment per a la codificació i descodificació orientats a la correcció dels errors produïts en la transmissió d'informació per un canal digital.

- Conèixer els trets bàsics de la teoria de la informació de Shannon (codificació de font, codificació de canal, esquemes de descodificació) i comprendre per què s'ha de considerar com l'origen de l'era digital.
- Propietats fonamentals, exemples més rellevants i aplicacions més importants dels codis de blocs. Això inclou un tractament directe i detallat dels codis alternants, i, en particular, dels codis de Reed-Solomon, dels codis BCH i dels codis de Goppa clàssics.
- Introducció als codis geomètrics de Goppa.
- Propietats fonamentals, exemples més rellevants i aplicacions més importants dels codis convolucionals i dels codis de gelosia. Descodificació de Viterbi i les seves aplicacions.
- Codis compostos en sèrie i en paral·lel. Turbodescodificadors. Descodificadors iteratius.
- Tractament computacional dels codis autocorrectors.

4.- Continguts

1. Teoria de la informació

Sistemes de comunicació i teoria de la informació. El problema de la detecció i la correcció d'errors. Codificadors. Criteris de descodificació. El límit de Shannon. Preliminars sobre els esquemes de codificació/descodificació més usats en la pràctica.

2. Codis de blocs

Codis de blocs. Codis perfectes. Exemples de codis. Operacions amb codis. Fitació de paràmetres. Problema fonamental de la codificació per blocs.

3. Codis lineals

Codificació i descodificació de codis lineals. Distribució de pesos, identitats de MacWilliams. 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 Goppa clàssics. Codis de residus quadràtics. Codis alternants.

4. Descodificació

Descodificadors de Berlekamp-Massey-Sugiyama i de Peterson-Gorenstein-Zierler per a codis alternants. Descodificador de Meggitt per a codis cíclics. Codis de gelosia i descodificador de Viterbi.

5. Codis convolucionals i turbocodis

Codificadors convolucionals (estructura i propietats). Concatenació de codis (en sèrie i en paral·lel). Entrellaçadors. Turbodescodificació.

6. Aplicacions

Presentació dels codis usats en diverses aplicacions tecnològiques (mòdems, sistemes d'enregistrament de dades, telefonia mòbil, televisió digital, comunicació submarina, comunicació interplanetària...).

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Conèixer els fonaments de la teoria de la informació de Shannon i els límits de les possibilitats pel que fa a la correcció d'errors.
- Saber analitzar quin és l'esquema de correcció d'errors que convé a una demanda donada.
- Comprendre les relacions que hi ha entre diversos dominis de les matemàtiques, particularment de l'àlgebra, i la teoria dels codis autocorrectors.
- Conèixer quins codis s'usen avui en els diversos sistemes digitals i comprendre'n el funcionament.
- Conèixer alguns dels problemes no resolts que es plantegen en la teoria i en la pràctica de la codificació enfocada a la correcció d'errors.

Capacitats prèvies necessàries

- Àlgebra lineal
- Probabilitat i estadística bàsiques.

6.- Metodologia

Classes de teoria, sessions de resolució de problemes i realització d'un treball.

- **Sessions de teoria:** S'expliquen d'una manera sistemàtica els diversos temes del programa i s'il·lustren amb exemples escollits.
- **Sessions de problemes:** Regularment es proposen problemes relacionats amb la teoria, s'assigna la resolució als alumnes (individualment o en grups petits), els quals finalment l'expliquen a les classes de problemes.
- **Pràctiques:** Treball amb webs interactives, particularment [/www.wiris.com/cc/](http://www.wiris.com/cc/), en l'hora no reglada.

7.- Avaluació

Un examen de teoria, avaluat sobre 3 punts (dos temes de teoria, un a mitjan curs i l'altre al final, d'una llista de quinze temes extrets de les unitats didàctiques treballades en el curs).

Un examen de problemes, avaluat sobre 4 punts.

Un treball, avaluat sobre 2 punts (1 punt pel treball escrit entregat el dia de l'examen final i un punt pel resum oral fet en acabar les classes).

Es podrà obtenir fins a 1 punt pel treball fet a la classe de problemes (es tindran en compte les solucions i l'exposició).

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Justesen, J.; Hoeholdt, T.. *A course in error-correcting codes*, . European Math. Soc., 2004.
- Xambó, S.. *Block error-correcting codes: a computational primer*, . Springer-Verlag, 2003.
- Heegard, C.; Wicker, S.B.. *Turbo coding*, . Kluwer Academic Publishers, 1999.
- Schlegel, C.. *Trellis Coding*, . IEEE Press, 1997.
- Lin, S.; Costello, D.J.. *Error control coding: fundamentals and applications*, 2a ed.. Prentice-Hall, 2004.

Referències complementàries:

- Proakis, J.G.; Salehi, M.. *Communication systems engineering*, 2a ed.. Prentice-Hall, 2002.
- Brunat, J. M.; Ventura, E.. *Informació i codis*, . Edicions UPC, 2001.
- Lint Van, J.H.. *Introduction to coding theory*, 3a ed.. Springer Verlag, 1999.
- Pretzel, O.. *Error-correcting codes and finite fields student edition*, . Clarendon Press, 1996.
- MacWilliams, F.; Sloane, N.. *The theory of error correcting codes*, . North-Holland, 1977.

Enllaços:

- <http://www.wiris.com/cc/>
- www.etsi.org, www.ccsds.org
- www331.jpl.nasa.gov/public/JPLtcodes.html

TEORIA DE GRAFS

1.- Identificació

Codi: 11863

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (4 crèdits teòrics + 3,5 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: LLADO SANCHEZ, ANNA

Altres professors:

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 3+3=6* |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | - | |
| Preparació d'exàmens | | 10+16=26* |
| | Total | 188 |

(*) Hi ha dos exàmens: un de parcial i un de final.

3.- Objectius

L'objectiu d'aquest curs és introduir la teoria de grafs com l'estudi estructural de les relacions binàries. Està, per tant, en el cor del que avui dia es coneix amb el nom de *matemàtica discreta*. La teoria de grafs té els orígens a començaments del segle XX i des d'aleshores ha viscut un creixement ràpid, a causa en gran part del món dels ordinadors i les noves tecnologies.

- Que l'alumne conegui els diferents problemes que van originar aquesta nova branca de la matemàtica discreta.
- Que l'alumne conegui els resultats clàssics més importants respecte a aquest tema.
- Que l'alumne aprengui a tractar petits problemes associats a cada part de l'assignatura.
- Que l'alumne conegui alguns dels problemes oberts relacionats amb cada problema.
- Despertar en l'alumne l'interès i la fascinació per la matemàtica viva i moderna.

4.- Continguts

1. Conceptes bàsics

En aquesta part introduïrem els primers conceptes d'aquest nou llenguatge, que farem servir i desenvoluparem al llarg del curs.

Operacions amb grafs i subgrafs.

Isomorfismes de grafs.

Camins i cicles.

Connectivitat.

Planarietat.

2. Subgrafs generadors

Arbres.

Cicles.

Circuits.

3. Fluxos i Connectivitat

Xarxes i fluxos.

Teorema de Ford i Fulkerson.

Teorema de Menger.

4. Aparellaments

Independència i recobriments.

Aparellaments en grafs bipartits.

Teorema de Tutte.

5. Factors i Descomposicions

Factors.

Factoritzacions.

Descomposicions.

6. Acoloriments

Acoloriment de vèrtexs.

Acoloriment de branques.
Acoloriments totals.

7. Teoria Extremal

Grafs extremals.
Teorema de Turàn.
Alguns resultats extremals.

8. Problemes resolts

Els problemes proposats en exàmens de cursos anteriors donaran una idea del nivell de maduresa que s'espera d'aquest curs.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Control dels conceptes bàsics introduïts en el primer tema de l'assignatura.
- Tenir consciència de la dificultat intrínseca d'alguns problemes clàssics de la teoria de grafs, com per exemple l'existència de cicles i camins hamiltonians.
- Conèixer i dominar la noció de flux en una xarxa.
- Saber tractar alguns problemes de vèrtex-connectivitat i branca-connectivitat.
- Conèixer les eines necessàries per determinar l'existència d'aparellaments, tant en grafs bipartits com en grafs en general.
- Factoritzar un graf o bé descompondre'l en subgrafs és un dels problemes encara oberts i pretenem conèixer les eines i fronteres de la seva anàlisi.
- Els problemes d'acoloriments de vèrtexs i branques d'un graf constitueixen una de les parts importants en aquest curs.
- La teoria extremal de grafs és potser una de les formes més elegants per tractar l'existència de certs subgrafs o certes propietats que volem que es compleixin en determinades famílies de grafs i d'aquestes trobar, en general, la densitat límit d'aquestes famílies.

Capacitats prèvies necessàries

- Àlgebra lineal
- Càlcul infinitesimal

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** S'exposaran a la pissarra les nocions i els resultats teòrics de cada part del curs, i es donaran la majoria de les demostracions.

Els alumnes disposaran d'unes notes de l'assignatura.

- **Sessions de problemes:** Es proposaran i es resoldran problemes relacionats amb cada tema. Els alumnes disposaran d'exercicis i problemes proposats que s'inclouen en les notes de classe. També s'inclou una llista de problemes resolts corresponents a examens d'anys anteriors.
- **Pràctiques:** No n'hi ha.

7.- Avaluació

Hi haurà un examen parcial no eliminatori i un examen final.

La nota final serà: 0,4 (nota parcial) + 0,6 (nota final).

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Bollobás, B.. *Modern graph theory*, . Springer-Verlag, 1998.
- Biggs, N.; Lloyd, E.K.; Wilson, R.J.. *Graph theory 1736-1936*, . Oxford Clarendon Press, 1986.
- Diestel, R.. *Graph Theory*, 2nd ed.. Springer-Verlag, 2000.
- Matousek, J.; Nešetřil, I. *Invitation to discrete mathematics*, . Oxford Univ. Press, 1998.
- Comellas, F., et al.. *Matemàtica discreta*, . Edicions UPC, 2001.

Referències complementàries:

- Beineke, L.W.; Wilson, R.J.. *Graph connections*, . Clarendon Press, 1997.
- Bollobás, B.. *Extremal graph theory*, . Dover, 2004.
- Lovasz, L.. *Matching theory*, . Annals of Discrete Mat., 1986.
- Tutte, W.. *Graph theory as I have known it*, . Oxford Clarendon Press, 1998.
- Wallis, W.D.. *One-factorizations*, . Kluwer Academic Publishers, 1997.

TEORIA DE NOMBRES

1.- Identificació

Codi: 11874

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: LARIO LOYO, JOAN CARLES

Altres professors:

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4 + 4 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització de treballs | | 20 |
| Preparació d'exàmens | | 20 |
| | Total | 92 |

3.- Objectius

Que l'estudiant vegi la resolució d'un problema clàssic de la teoria de nombres que requereix emprar tècniques d'àlgebra, de geometria i d'anàlisi: el principi de Hasse, que assegura la resolubilitat de determinades equacions diofàntiques sobre els enters sempre que siguin resolubles les congruències corresponents per a tot mòdul.

4.- Continguts

1. Congruències

Grup multiplicatiu, residus quadràtics, símbols de Legendre i de Jacobi. Llei de reciprocitat quadràtica de Gauss.

2. Els nombres p -àdics

Construcció de l'anell dels enters p -àdics i del cos dels nombres p -àdics. Estructura. Quadrats. Lema de Hensel.

3. Valors absoluts

Valors absoluts a un cos. Equivalència. Completació.

4. Símbol de Hilbert

Símbol de Hilbert. Propietats locals i globals. Fórmules. Propietats locals i globals.

5. Formes quadràtiques

Formes quadràtiques sobre un anell. Ortogonalitat. Isotropia. Bases ortogonals. Teorema de Witt.

6. Formes quadràtiques sobre els p -àdics

Invariant de Witt. Representació de zero per rangs 1, 2, 3, 4 i >4 . Equivalència. Classificació de formes quadràtiques sobre cossos p -àdics.

7. Formes quadràtiques sobre els racionals

Formes quadràtiques sobre el cos dels nombres racionals. Representació de zero. Teorema de Legendre. Formes de rang 4 i de rang >4 . Invariants locals. Equivalència. Teorema de Hasse-Minkowski.

8. Teorema de la progressió aritmètica de Dirichlet

Sèries de Dirichlet. Convergència i propietats analítiques. Productes d'Euler. Funció zeta i L-sèries de caràcters. Teorema de la progressió aritmètica.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Dominar l'estructura del grup multiplicatiu amb mòdul arbitrari.
- Entendre i saber demostrar la llei de reciprocitat quadràtica de Gauss. Saber calcular símbols de Legendre i de Jacobi i conèixer-ne les propietats bàsiques.
- Conèixer els nombres p-àdics i les seves propietats. Entendre el concepte de valor absolut a un cos i la idea de completació que generalitza la completació habitual de \mathbb{Q} a \mathbb{R} .
- Saber calcular símbols de Hilbert i la seva aplicació a l'estudi i classificació de formes quadràtiques sobre cossos p-àdics.
- Ser capaç de distingir quan una forma quadràtica sobre \mathbb{Q} representa un nombre racional donat, i caracteritzar els nombres representats. Ser capaç de dir si dues formes quadràtiques sobre \mathbb{Q} són o no equivalents.
- Conèixer el teorema de la progressió aritmètica de Dirichlet i tenir una idea general de les tècniques analítiques emprades per demostrar-lo, en particular propietats bàsiques de sèries de Dirichlet.

6.- Metodologia

El professor explica la teoria i els estudiants resolen pel seu compte problemes de les llistes que se'ls proposen. En alguns casos la resolució del problema pot comportar haver de buscar informació addicional a la que es dona a la classe de teoria en algun dels textos recomanats per seguir l'assignatura.

- **Sessions de teoria:** Classes magistrals tradicionals.
- **Sessions de problemes:** Els estudiants explicaran la resolució dels problemes proposats als seus companys. En alguns casos aquesta resolució l'explicarà el professor.

7.- Avaluació

Examen parcial no alliberatori cap a mitjan curs i examen final.

Nota = $\max(\text{parcial} \cdot 0.5 + \text{final} \cdot 0.5, \text{final})$.

Si cal es podrà tenir en compte per a la nota de l'assignatura el fet que l'estudiant hagi participat molt activament en les classes de problemes.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Borevitch, Z.I.; Chafarevitch, I.R.. *Number Theory*, . Academic Press, 1993.
- Cox, D.A.. *Primes of the form x^2+ny^2* , . Wiley, 1989.
- Ireland, K.; Rosen, M.. *A classical introduction to modern number theory*, 2a ed.. Springer-Verlag, 1990.
- Serre, J.P.. *Cours d'arithmétique*, . Presses universitaires de France, 1970.
- Gauss, C.F.. *Disquisitiones arithmeticae (trad. català)*, . Soc. Cat. Matemàtiques, 1996.

TEORIA DE SISTEMES LINEALS//SISTEMES DE CONTROL LINEAL

1.- Identificació

Codi: 11862

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 1

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: PUERTA COLL, FRANCESC XAVIER

Altres professors: PEÑA CARRERA, MARTA // FRANCH BULLICH, JAIME

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2 | 26 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 4 |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | | 15 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | | 30 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 10 |
| | Total | 111 |

3.- Objectius

En aquest curs es pretén donar una visió global de la teoria de sistemes lineals com a estudi qualitatiu dels models matemàtics dels sistemes físics, d'una manera especial de les propietats d'estabilitat, controlabilitat i observabilitat, així com de la possibilitat de variar alguna d'aquestes propietats mitjançant realimentacions adequades.

Aquest estudi pot enfocar-se des de dos possibles punts de vista: l'extern (entrada/sortida) i l'intern (variables d'estat). S'estudien aquí ambdues descripcions. S'abordarà el problema de la realització de sistemes lineals a partir d'una relació coneguda entre l'entrada i la sortida, així com l'estudi freqüencial.

Finalment s'estudiarà el disseny de controladors en ambdós dominis.

4.- Continguts

1. CARACTERITZACIÓ DE SISTEMES

Sistemes dinàmics. Equilibri i linealització. Sistemes lineals continus. Sistemes discrets. Aplicacions.

2. CONTROLABILITAT I OBSERVABILITAT

Sistemes controlables. Sistemes observables. Sistemes no controlables: subsistema controlable. Sistemes no observables: subsistema observable. Descomposició de Kalman. Dualitat. Aplicacions.

3. REALITZACIÓ

Realització controlable canònica. Realització observable canònica. Grau de MacMillan. Realització minimal.

4. ESTUDI EN EL DOMINI FREQUÈNCIAL

Funció de transferència. Formulació de problemes en el domini freqüencial. Criteri de Nyquist. Diagrames de Bode. Disseny de controladors en els dominis temporal i freqüencial.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Habilitat en construir un model matemàtic d'un sistema físic i de linealitzar-lo al voltant d'un punt d'equilibri
- Estudiar la controlabilitat i observabilitat d'un model. Construir observadors
- Entendre la dualitat entre el sistema vist des del domini temporal o des del domini de freqüències. Realitzar un sistema lineal.
- Saber estudiar les propietats dels sistemes de control lineals des del punt de vista temporal i des del punt de vista freqüencial.

Capacitats prèvies necessàries

- Àlgebra lineal
- Equacions diferencials lineals

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Classes magistrals .
- **Sessions de problemes:** Es repartirà previament una llista de problemes i el professor els resoldrà posteriorment a classe.

7.- Avaluació

Hi haurà un examen final i també s'avaluaran problemes lliurats a classe al llarg del curs.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Brockett, R.W.. *Finite dimensional linear systems*, . John Wiley & Sons, 1970.
- Chen, C.T.. *Linear systems theory and design*, . Holt, Rinehart and Winston, 1984.
- Delchamps, D.F. *State space and input-output linear systems*, . Springer-Verlag, 1988.
- Kailath, T.. *Linear systems*, . Prentice Hall, 1980.
- Ogata, K.. *Ingeniería de control moderna*, 4a. ed.. Madrid Pearson education, 2003.

Referències complementàries:

- Luenberger, D.G.. *Introduction to dynamic systems theory, models and applications*, . John Wiley & Sons, 1979.
- Wonham, M.W.. *Linear multivariable control: a geometric approach*, 3a.ed.. Springer-Verlag, 1985.
- Puerta, F.. *Teoría de sistemas lineales*, . Publicacions d'abast-ETSEIB, 2001.

TEORIA MATEMÀTICA DELS MERCATS FINANCERS

1.- Identificació

Codi: 17503

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (3,75 crèdits teòrics + 3,75 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: MASDEMONT SOLER, JOSEP JOAQUIM

Altres professors: PLANAS VILANOVA, FRANCESC D'ASSIS

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2.5 | 32.5 |
| Problemes i/o pràctiques | 2.5 | 32.5 |
| Realització d'exàmens | | 4+4=8 * |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 3 | 39 |
| Realització de treballs | | 20 |
| Preparació d'exàmens | | 10+15=25 * |
| | Total | 196 |

(*) Comptant examen parcial i final.

3.- Objectius

L'objectiu del curs és introduir els mètodes matemàtics per a la valoració de productes financers moderns. El curs consta de tres parts diferenciades. La primera part està dedicada a descriure els productes financers i la seva valoració usant arbitratge. En la segona part es dona la fonamentació matemàtica per als processos discrets. Finalment, en la tercera part, es tracten els processos continus, per acabar presentant l'entorn de Black-Scholes. Per això cal també introduir nocions bàsiques de càlcul diferencial estocàstic.

- Que l'alumne compregui la base matemàtica de la modelització dels mercats financers.
- Tenir coneixement de les limitacions dels models.
- Aprendre el concepte d'arbitratge i les seves aplicacions.
- Adquirir nocions de càlcul diferencial estocàstic.
- Entendre la fonamentació i la deducció de la fórmula de Black-Scholes.
- Que l'alumne sàpiga valorar productes financers senzills.

4.- Continguts

1. Productes financers i arbitratge

Introducció als futurs i les opcions. Concepte d'arbitratge i el seu ús. Cobertura amb futurs i opcions. Preus forward i futurs. Futurs sobre tipus d'interès. *Swaps*. Propietats dels preus de les opcions sobre accions.

2. Models discrets

El model d'arbre binomial. La probabilitat risc neutral. Formalisme per als mercats discrets. Informació, mesurabilitat i filtracions. Estratègia de carteres i autofinançament. Esperança condicional. Teorema de Kolmogorov. Martingales.

3. Models continus

Passeig aleatori i obertura cap als mercats continus. Moviment brownà. Integral i càlcul d'Itô. Equacions diferencials estocàstiques. Teoremes de canvis de mesura. Estratègies contínues autofinançades. Model i fórmula de Black-Scholes.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Saber obtenir els preus teòrics de productes financers senzills com per exemple opcions europees de compra.
- Saber l'ús d'opcions financeres per a cobertura i especulació.
- Saber resoldre equacions diferencials estocàstiques senzilles.
- Capacitat de fer servir diferents mesures de probabilitat i fer simulacions en arbres binomials.
- Estar en disposició de poder començar a treballar en entitats financeres.

Capacitats prèvies necessàries

- Coneixements de càlcul infinitesimal.
- Coneixements de probabilitat general.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** A les sessions de teoria es desenvoluparà el programa amb exemples.
- **Sessions de problemes:** A les sessions de problemes els alumnes treballaran la llista d'exercicis i els resoldran i presentaran de manera personal o per grups.
- **Pràctiques:** Durant el curs hi haurà la possibilitat de desenvolupar una pràctica de curta durada

7.- Avaluació

Hi haurà un examen parcial no eliminatori de matèria i un examen final amb continguts teòrics i pràctics. La nota final serà:

$A = \max((\text{examen parcial}) * 0,4 + (\text{examen final}) * 0,6, \text{examen final})$ en cas de no haver realitzat cap pràctica, o bé: $\max(A, A * 0,8 + \text{practica} * 0,2)$ en cas d'haver realitzat una pràctica.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Baxter, M.; Rennie, A.. *Financial calculus*, . Cambridge University Press, 1996.
- Dothan, M.. *Prices in financial markets*, . Oxford University Press, 1990.
- Hull, J.. *Options, futures and other derivative securities*, 4th ed.. Prentice Hall, 1993.
- Lamberton, D.; Lapeyre, B.. *Introduction to stochastic calculus applied to*, . Chapman & Hall, 1997.
- Wilmott, P.; Dewynne, J.; Howison, S.. *Option pricing*, . Oxford Financial Press, 1997.

Referències complementàries:

- Ikeda, N.; Watanabe, S.. *Stochastic differential equations and diffusion*, . Noth Holland, 1989.
- Kloeden, P.E.; Platen, E.; Schurz, H.. *Numerical solution of SDE through computer*, . Springer Verlag, 1994.
- Rogers, L. C. G.; Williams, D.. *Diffusions markov processes and martingales*., 2a ed.. Cambridge University Press, 2000.
- Williams, D.. *Probability with martingales*, . Cambridge University Press, 1997.
- Wilmott, P.; Howison, S.; Dewynne, J.. *The mathematics of financial derivatives*, . Cambridge University Press, 1997.

Enllaços:

- <http://www.defaultrisk.com/>

TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES // SISTEMES DINÀMICS

1.- Identificació

Codi: 11285

Tipus: Optativa

Quadrimestre: 2

Crèdits: 7,5 (3,75 crèdits teòrics + 3,75 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: DELSHAMS VALDES, AMADEU

Altres professors: GUILLAMON GRABOLOSE, ANTONI

Idioma: català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 2.5 | 32.5 |
| Problemes i/o pràctiques | 2.5 | 32.5 |
| Realització d'exàmens | | 3+7=10 (*) |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2.5 | 32.5 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2.5 | 32.5 |
| Realització de treballs | | 30 |
| Preparació d'exàmens | | 25 |
| | Total | 195 |

(*) 3 hores per a l'examen final i aproximadament 7 hores per a la presentació de treballs.

3.- Objectius

La dinàmica de molts sistemes està modelitzada per equacions diferencials ordinàries (EDO). Dissortadament, el club de les EDO 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 llargs està afectada per molts errors, el sistema considerat és caòtic, etc.). La teoria qualitativa d'EDO 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 de les iteracions successives d'aplicacions (sistemes dinàmics discrets). Pel tipus de problemes que estudia, aquesta assignatura està relacionada amb diverses matèries de ciència no lineal, com l'astrodinàmica, la mecànica celeste, la neurociència computacional, etc.

- Estudiar les bifurcacions més elementals a través de models matemàtics d'activitat neuronal.
- Aplicar la teoria qualitativa al pla (Poincaré-Bendixson...) a problemes de dinàmica de poblacions.
- Treballar el concepte de caos i relacionar-lo amb altres fenòmens presents als sistemes dinàmics (tangències homoclíniques, autosimilaritat, dimensions fraccionàries).
- Estimular, mitjançant els treballs, la recerca de bibliografia especialitzada, essencialment escrita en anglès.
- Exposar en públic tant exercicis en el període lectiu ordinari com els treballs de curs.
- Implementació d'algorismes d'experimentació i simulació dels diferents models que els seran presentats.

4.- Continguts

1. Equacions diferencials ordinàries i sistemes dinàmics

Flux associat a un camp vectorial sobre R^n o una varietat. Sistemes dinàmics. Funcions de Liapunov. Teorema de Poincaré-Bendixson sobre el pla i l'esfera. Exemples en dinàmica de poblacions.

2. Aplicació de Poincaré i sistemes dinàmics discrets.

Sistemes lineals $x' = A(t)x$, fórmula de Liouville, teoria de Floquet. Estructura local dels elements hiperbòlics. Estabilitat estructural de sistemes lineals hiperbòlics $x' = Ax$ en R^n , i automorfismes lineals hiperbòlics $x \rightarrow Lx$ en R^n . Teoremes de Hartman. Varietats invariants d'elements hiperbòlics. Introducció al teorema de la varietat central.

3. 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.

4. Formes normals i teoria de bifurcacions.

Reducció formal a forma normal lineal teoremes de Poincaré i Poincaré-Dulac. Convergència: dominis de Poincaré i Siegel. Cas de sistemes hamiltonians. Bifurcacions locals generals: sella-node, transcítica, forca, Hopf. Exemples en models de l'activitat neuronal.

5. Sistemes discrets unidimensionals.

Homeomorfismes i difeomorfismes del cercle, nombre de rotació. Teorema de Denjoy. Propietats genèriques. Estabilitat. Aplicació: EDO sobre el tor. Aplicacions unidimensionals de l'interval: aplicació logística, teorema de Sarkovskii.

6. Conjunts hiperbòlics i fenòmens caòtics.

El shift de Bernoulli, la ferradura d'Smale. Sistemes amb dinàmica hiperbòlica caòtica. Teorema del punt homoclínic d'Smale. No integrabilitat de difeomorfismes amb punts homoclínic transversals. Fenomen de Newhouse. Transicions al caos.

7. Dinàmica complexa.

Fractals, dimensió fraccionària i autosimilaritat.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Conèixer els conceptes bàsics de sistemes dinàmics i, en particular, de teoria qualitativa d'equacions diferencials ordinàries.
- Reforçar la formació i la interpretació de models i detectar-ne els problemes analítics subjacents.
- Millorar la recerca de bibliografia especialitzada, essencialment escrita en anglès.
- Exercitar-se en l'ús de programari específic d'equacions diferencials i sistemes dinàmics. En particular, els programes XPP (Bard Ermentrout) i Dynamics Solver (Juan M. Aguirregabiria).
- Millorar l'exposició en públic.

Capacitats prèvies necessàries

- Habilitat per al càlcul numèric d'equacions diferencials (desenvolupada a l'assignatura de Mètodes Numèrics III).
- Utilització de programari de càlcul simbòlic.
- Coneixement de les equacions diferencials lineals (desenvolupat a Equacions Diferencials I).
- Curiositat per les matèries pluridisciplinàries.

6.- Metodologia

El fil conductor de les sessions presencials consta d'una llista de problemes que creen la necessitat de conèixer els conceptes teòrics. El professor desenvolupa a classe els problemes que susciten les definicions bàsiques i assigna individualment als estudiants la resta de problemes. Aquests disposen d'una o dues setmanes per resoldre'ls (amb consultes al professor quan calgui). S'entreguen per escrit i es presenten a classe.

En la part de treballs, es proporciona una llista de 24 treballs, que els estudiants han de triar. De cada treball es facilita un resum dels objectius que es persegueixen i una bibliografia que cobreix tot el treball. El desenvolupament d'alguns treballs pot dependre també dels interessos de l'estudiant, cas en el qual es fa un seguiment de la nova bibliografia entre l'alumne i el professor.

- **Sessions de teoria:** La metodologia és comuna a teoria i problemes. A les classes de teoria es fa més èmfasi en aspectes analítics bàsics de la teoria qualitativa d'EDO.

- **Sessions de problemes:** La metodologia és comuna a teoria i problemes. A les classes de problemes es fa més èmfasi en models matemàtics que presenten els comportaments dinàmics d'interès en el curs.
- **Pràctiques:** Es fan 2 o 3 sessions pràctiques a l'aula d'informàtica per donar a conèixer programari útil per a l'estudi i la representació d'equacions diferencials i les seves bifurcacions. Les classes consisteixen en el desenvolupament d'alguns exemples. En l'execució dels treballs de curs i problemes assignats, els estudiants han de potenciar les habilitats en l'ús d'aquest programari, consultant el professor sempre que sigui necessari.

7.- Avaluació

Els treballs de curs suposen un 40 % de la nota de l'assignatura. Es plantegen durant la tercera setmana del curs i s'entreguen per escrit dues setmanes abans d'acabar-lo. Es pacta amb els estudiants una sessió d'exposició de treballs, on cadascú disposa d'uns 20 minuts. Els professors valoren com s'han superat les dificultats del treball, la profunditat amb què s'han tractat i la claredat de l'exposició.

Es fa una prova escrita a final de curs, que suposa un 30 % de la nota final.

El 30 % restant s'avalua a partir de les entregues i exposicions de problemes realitzades durant el curs.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Devaney, R.L.. *A first course in chaotic dynamical systems*, . Addison-Wesley, 1992.
- Blanchard, P.; Devaney, R.L. *Differential equations*, 2a ed.. Brooks/Cole, 2002.
- Nusse, H.E.. *Dynamics: numerical explorations*, 2a ed.. Springer-Verlag, 1998.
- Strogatz, S.H.. *Nonlinear dynamics and chaos (with applications to physics, biology, chemistry a*, . Perseus Publishing, 1994.
- Guckenheimer, J.; Holmes, J.. *Nonlinear oscillations, dynamical systems, and bifurcations*, . Springer-Verlag, 1983.

Referències complementàries:

- Robinson, C.. *Dinamical systems: stability, symbolic dynamics and chaos*, 2a ed.. CRC Press, 1999.
- Katok, A.. *Introduction to the modern theory of dynamical systems*, . Cambridge Univ. Press, 1995.
- Chicone, C.. *Ordinary differential equations with applications*, . Springer-Verlag, 1999.
- Dayan, P.. *Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural syst*, . MIT Press, 2001.
- Sparrow, C.. *The Lorenz equations : bifurcations, chaos, and strange attractors*, . Springer-Verlag, 1982.

Enllaços:

- <http://www-ma1.upc.es/~tqedos>

TOPOLOGIA

1.- Identificació

Codi: 10014

Tipus: Obligatòria

Curs: 2 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: ROIG MARTI, AGUSTIN

Altres professors: FERNANDEZ SANCHEZ, JESUS / LAHOZ VILALTA, MARTI

Idioma: Castellà-Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 8 (4+4) |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 2 | 26 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 4 | 52 |
| Realització de treballs | | 9 |
| Preparació d'exàmens | | 40 |
| | Total | 200 |

3.- Objectius

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

Quant a la topologia general, l'objectiu és que els estudiants assoleixin els conceptes generals de continuïtat, compacitat, connexió, etc. Començant per un capítol dedicat als espais mètrics, aquests ens serviran de fil conductor, per motivar exemples, contrastar nocions, i es finalitzarà, en el tema 6, amb un resultat de metritzabilitat d'espais topològics.

L'objectiu de la segona part és l'estudi de la topologia del pla, mitjançant la introducció del concepte bàsic d'homotopia d'aplicacions, grau d'una aplicació de la circumferència en ella mateixa i índex d'una corba tancada respecte a un punt.

4.- Continguts

1. Espais mètrics

Boles obertes i tancades. Conjunts oberts. Aplicacions contínues. Distàncies equivalents.

2. Espais topològics

Oberts i tancats. Bases, subbases, entorns. El segon axioma de numerabilitat. Aplicacions contínues, homeomorfismes. El primer axioma de numerabilitat: caracterització de propietats topològiques mitjançant límit de successions.

3. Construcció d'espais topològics

Subespais. Productes d'espais topològics. Espais quocient i identificacions. Exemples: superfícies topològiques. Adjunció.

4. Compacitat

Espais compactes. Productes i quocients d'espais compactes. Teorema de Heine-Borel. Teorema de Tkhonov i aplicacions. Espais localment compactes. Compactificació d'Alexandroff. Compacitat en espais mètrics: caracterització per successions.

5. Connexió

Espais connexos. Components connexos. Continuïtat i connexió. Teorema del valor mitjà. Espais arconnexos. Components arconnexos. Espais localment connexos i localment arconnexos.

6. Separació

Axiomes de separació en espais topològics: espais de Fréchet, de Hausdorff, regulars i normals. Lema d'Urysohn. Teorema d'extensió de Tietze. Teorema de metritzabilitat d'Urysohn. Metritzabilitat de les varietats topològiques.

7. Homotopia d'aplicacions contínues

Introducció a l'homotopia d'aplicacions contínues. Tipus d'homotopia d'un espai. Espais contràctils. Retractes de deformació. El conjunt de les classes d'homotopia $\pi_n(X, I)$. Functorialitat.

8. Aplicacions a la topologia del pla

Índex d'una corba tancada. Teoremes de Poincaré-Böhl i Rouché. Teoremes de Bozen i del punt fix de Brouwer. El teorema fonamental de l'àlgebra. El teorema de Borsuk-Ulam. Invariància de la dimensió. Criteri de separabilitat d'Eilenberg. El teorema de la corba de Jordan.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Comprendre l'objecte abstracte d'espai topològic. Ús dels conceptes de base, *subbase* i *entorn*. Saber comparar topologies.
- Comprendre els conceptes de connexió (connexió, arconnexió, definicions locals, components), compacitat (compactificacions) i separació en espais topològics. Capacitat de comprovació d'aquests conceptes en exemples concrets.
- Interioritzar el concepte d'*homeomorfisme*. Capacitat explícita per calcular-lo quan sigui possible. Capacitat de raonament topològic per argumentar quan dos espais topològics no poden ser homeomorfs.
- Capacitar per a la utilització de topologies induïdes, producte i quocient des d'un punt de vista abstracte. Especialment, identificació d'espais quocients via homeomorfismes i propietats functorials i capacitat de treball amb aplicacions definides en espais quocient.
- Entendre les caracteritzacions alternatives dels conceptes topològics en els espais mètrics. Conèixer els criteris suficients per poder metritzar un espai topològic.
- Entendre els conceptes bàsics d'homotopia entre aplicacions contínues i la construcció de l'espai $\%[X, I]$. Entendre la construcció del grup d'homotopia d'aplicacions de la circumferència. Entendre el concepte d'elevació *i de grau*.
- Comprendre el concepte d'índex d'una corba tancada del pla respecte al punt i la seva relació amb els conceptes de grau i d'homotopia. Capacitat de càlcul del mateix concepte: homotopia, Poincaré-Böhl, Rouché, fórmules integrals...
- Entendre com el concepte d'índex permet demostrar els teoremes bàsics de la topologia del pla i l'esfera: Bozen, Brouwer, Borsuk-Ulam, Jordan... Capacitat d'aplicar-los a diferents situacions.

Capacitats prèvies necessàries

- Càlcul 1 i 2
- Àlgebra
- Geometria

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Classes magistrals en les quals es construeix tot el cos teòric de l'assignatura. Demostració de tots els resultats, amb alguna excepció molt concreta. Motivació prèvia en cada tema i inserció constant d'exemples i exercicis senzills.
- **Sessions de problemes:** Classes de resolució de problemes d'una selecció d'una llista d'exercicis proposats a l'alumne prèviament.

7.- Avaluació

Examen parcial no eliminadori de matèria.

Examen final que inclourà una pregunta de teoria i una part de resolució de problemes.

La nota final serà el resultat d'un màxim entre únicament la nota de l'examen final i el resultat de considerar també la nota de l'examen parcial (20 %).

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Armstrong, M.A.. *Topología básica*, . Reverté, 1987.
- Kosniowski, C.. *Topología algebraica*, . Reverté, 1986.
- Munkres, J.R.. *Topología*, 2a ed. . Prentice-Hall, 2002.
- Pascual, P.; Roig, A. . *Topología*, . UPC, 2004.
- Sieradski, A.. *An introduction to topology and homotopy*, . PWS-KENT, 1992.

Referències complementàries:

- Batle, N.; Rosselló, F.. *Topología general* . U.I.B., 2000.
- Hocking, J.; Young, G.. *Topology*, . Dover, 1988.
- Jänich, K.. *Topology*, . Springer, 1984.
- Singer, I.M.; Thorpe, J.A.. *Lecture notes on elementary topology and geometry*, . Springer, 1976.
- Wall, C.T.C.. *A geometric introduction to topology*, . Dover, 1993.

TOPOLOGIA ALGEBRAICA

1.- Identificació

Codi: 10027

Tipus: Obligatòria

Curs: 4 **Quadrimestre:** 2

Crèdits: 7,5 (4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics)

Professor/a coordinador/a: CASANELLAS RIUS, MARTA

Altres professors: PASCUAL GAINZA, PEDRO

Idioma: Català

2.- Volum de Treball

| | Hores setmanals | Hores totals |
|--|-----------------|--------------|
| Presencials | | |
| Teòriques | 3 | 39 |
| Problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització d'exàmens | | 3+4=7* |
| No presencials | | |
| Seguiment de classes de teoria | 3 | 39 |
| Seguiment de classes de problemes i/o pràctiques | 2 | 26 |
| Realització de treballs | | |
| Preparació d'exàmens | | 10+15=25 |
| | Total | 162 |

(*) Hi ha un examen parcial i un examen final.

3.- Objectius

L'objectiu principal és mostrar com la introducció de diferents tècniques algebraiques permet resoldre alguns problemes clàssics de la topologia que amb les eines de la topologia general són molt difícils de resoldre, com ara el teorema d'invariància de la dimensió. El desenvolupament d'aquesta mena de tècniques permet també estudiar altres situacions, com la classificació de superfícies compactes.:

- Que l'alumne percebi quins problemes topològics són susceptibles d'estudiar-se mitjançant tècniques algebraiques.
- Que, mitjançant els complexos simplicials i els políedres, l'estudiant desenvolupi la intuïció bàsica subjacent als mètodes homològics.
- Que s'adquireixi desimboltura en la utilització de la successió de Mayer-Vietoris, i la consegüent resolució de problemes "per peces", com a tècnica eficient de càlcul de l'homologia dels espais topològics.
- Resoldre problemes clàssics que, en part, van justificar l'aparició de l'homologia i que l'estudiant percebi l'abast i la generalitat d'aquests resultats.
- Presentar el teorema de classificació de superfícies compactes, que és un dels resultats més complets que els estudiants veuran al llarg dels estudis.
- Mostrar la unitat de les matemàtiques mitjançant la comparació entre l'homologia i la cohomologia de De Rham i analitzant, des d'aquesta perspectiva, alguns dels resultats que han estudiat en altres assignatures, especialment Càlcul 3 i Geometria Diferencial 2.

4.- Continguts

1. Homologia simplicial

Introducció dels mètodes homològics fonamentals per als políedres i els espais triangulats. Característica d'Euler.

2. Introducció a l'àlgebra homològica

Complexos de cadenes de R-mòduls. Successions exactes i morfisme de connexió. Aplicacions a l'homologia simplicial.

3. Homologia singular

Complex de cadenes singulars. Invariància homotòpica de l'homologia singular.

4. Successió de Mayer-Vietoris

Successions exactes en homologia singular. Els teoremes de les cadenes petites i d'escissió. La successió de Mayer-Vietoris: primeres aplicacions.

5. Aplicacions a la topologia de l'espai ordinari

Invariància de la dimensió. El teorema de Jordan-Brower. Grau d'aplicacions entre esferes.

6. Classificació de superfícies

Superfícies triangulables. Superfícies estàndard. Suma connexa. Homologia de les superfícies i teorema de classificació.

5.- Capacitats

Capacitats que es pretén adquirir

- Distingir els problemes topològics que es poden resoldre mitjançant l'homologia.
- Calcular correctament l'homologia d'alguns espais topològics, especialment els triangulats.
- Usar correctament la successió exacta de Mayer-Vietoris.
- Conèixer les situacions en les quals la característica d'Euler permet distingir entre espais topològics.

Capacitats prèvies necessàries

- Tenir ben assolides les nocions bàsiques de la topologia general, especialment les nocions de connexió i compacitat.
- Conèixer la classificació dels grups abelians finitament generats.
- Conèixer les nocions bàsiques de geometria afí.
- Tenir adquirides les nocions bàsiques de la geometria de varietats.

6.- Metodologia

- **Sessions de teoria:** Es presenten els mètodes i els resultats principals de la matèria, analitzant diversos exemples que mostren l'interès de les hipòtesis efectuades.
- **Sessions de problemes:** Es resolen diferents problemes que desenvolupen aspectes pràctics i teòrics de la presentació de teoria, i que en alguns casos es complementen amb nous resultats.

7.- Avaluació

Hi ha un examen parcial, un examen final i es comptabilitza també la resolució de diversos problemes al llarg del curs, que es presenten per escrit. La nota final serà:

$0,7 \text{ Ex.Final} + 0,2 \text{ Ex.Parcial} + 0,1 \text{ Probl.}$

A l'examen parcial no hi entra la teoria, mentre que al final té un pes del 20 %.

8.- Bibliografia

Referències bàsiques:

- Greenberg, M.; Harper, J.. *Algebraic topology*, . Benjamin, 1981.
- Hatcher, A.. *Algebraic topology*, . Cambridge UP, 2002.
- Munkres, J.. *Elements of algebraic topology*, . Addison-Wesley, 1984.
- Navarro, V; Pascual, P.. *Topologia algebraica*, . Edicions UB, 1999.
- Vick, J. W.. *Homology theory an introduction to algebraic topology*, 2n ed.. Springer Verlag, 1994.

Referències complementàries:

- Bott, R.; Tu, L.. *Differential forms in algebraic topology*, . Springer Verlag, 1982.
- Massey, W.. *Singular homology theory*, . Springer Verlag, 1980.

2.1.4

Dobles titulacions

Dobles titulacions

Un dels objectius principals de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) és el d'oferir una formació de qualitat orientada a les necessitats del seu entorn. Els darrers anys la UPC ha realitzat un considerable esforç per incentivar aquesta qualitat, actualitzant els plans d'estudi, promovent la innovació docent i millorant els recursos destinats a donar suport als ensenyaments.

Una necessitat creixent que ha de cobrir una formació de qualitat correspon a un enfocament interdisciplinari específic en les disciplines pròpies de la UPC. A tal efecte el curs 2003-04 es va crear el **Centre de Formació Interdisciplinària Superior (CFIS)** que és l'encarregat d'augmentar l'oferta d'aquest tipus de titulacions. Aquest centre està ubicat en el mateix edifici que la Facultat de Matemàtiques i Estadística.

L'experiència de la doble titulació d'Enginyeria de Telecomunicació-**Llicenciatura de Matemàtiques** de la UPC, iniciada el curs 1999-2000, demostra per un costat que hi ha una demanda per part d'estudiants d'elevat rendiment acadèmic disposats a seguir-la i, de l'altra, que hi ha molt bones expectatives per als estudiants d'aquesta doble titulació en el sentit de que poden satisfer demandes laborals específiques que exigeixen una alta formació.

La UPC, com ha evidenciat aquesta experiència, ofereix un context molt adequat per organitzar i desenvolupar estudis científico-tecnològics de caràcter interdisciplinari.

Es tracta de captar i acollir estudiants d'elevada capacitat i motivació pels estudis de la UPC, provinents d'arreu de l'Estat espanyol, amb una oferta de formació nova (plans personalitzats) que inclogui un o més dels títols oficials de les carreres que actualment ofereix la UPC, i que a més atorgui un títol propi de la Universitat que acrediti aquests estudiants.

Perfils acadèmics

Els diversos perfils acadèmics que pot oferir el CFIS es basen essencialment en els de les Escoles i Facultats docents actualment implicades en el projecte:

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins Canals i Ports de Barcelona,
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona,
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona,
Facultat d'Informàtica de Barcelona,
Facultat de Matemàtiques i Estadística.

Seguint l'exemple de la doble titulació Enginyeria de Telecomunicació-**Llicenciatura de Matemàtiques**, a partir d'aquest curs s'ofereixen també dobles titulacions entre la Llicenciatura de Matemàtiques i una de les enginyeries següents: Enginyeria de Camins i Enginyeria Industrial, Enginyeria de Telecomunicacions i Enginyeria Informàtica, Enginyeria Informàtica i Llicenciatura de Matemàtiques, etc.

S'ofereixen també estudis basats essencialment en un títol oficial, però que estiguin complementats amb coneixements d'altres disciplines. Per exemple, Llicenciatura de Matemàtiques amb intensificació en temes d'informàtica, o d'altres.

A més dels títols oficials, i per tant homologats, corresponents als estudis completats, concedits pel centre corresponent, el CFIS atorgarà un títol propi de la UPC que acrediti els complements cursats i la pertinença al propi Centre.

2.1.5

Horaris de classe i
calendari d'exàmens

1r Curs – 1r Quadrimestre

| Horaris | Dilluns | Dimarts | Dimecres | Dijous | Divendres |
|---------|-------------------|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|----------------|
| 8 – 9 | | * Informàtica 1 (a) | | | |
| 9 – 10 | CÀLCUL 1 | * Informàtica 1 (b) | CÀLCUL 1 | INFORMÀTICA 1 | CÀLCUL 1 |
| 10 – 11 | ÀLGEBRA LINEAL | Càlcul 1 (a) Àlgebra Lineal (b) | ÀLGEBRA LINEAL | Càlcul 1 (a) Àlgebra Lineal (b) | ÀLGEBRA LINEAL |
| 11 – 12 | | | INFORMÀTICA 1 | | |
| | | Àlgebra Lineal (a) | | Àlgebra Lineal (a) | |
| 12 – 13 | Informàtica 1 (a) | Càlcul 1 (b) | | Càlcul 1 (b) | |
| | | | FRANJA | | |
| 13 – 14 | Informàtica 1 (b) | | CULTURAL | | |

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

(*) L'horari de problemes d'Informàtica 1 dels dimarts alternarà els grups cada quinze dies.

2n Curs – 1r Quadrimestre

| Horaris | Dilluns | Dimarts | Dimecres | Dijous | Divendres |
|---------|--|--|--|--|----------------------------|
| 8 – 9 | | INTRODUCCIÓ A LES MATEMÀTIQUES DE L'ENGINYERIA (1) | INTRODUCCIÓ A LES MATEMÀTIQUES DE L'ENGINYERIA (1) | | |
| 9 – 10 | GEOMETRIA | Geometria (a) Càlcul 3 (b) | GEOMETRIA | Geometria (a) Càlcul 3 (b) | GEOMETRIA |
| 10 – 11 | CÀLCUL 3 | Mètodes Numèrics 1 (a) Geometria (b) | CÀLCUL 3 | Mètodes Numèrics 1 (a) Geometria (b) | CÀLCUL 3 |
| 11 – 12 | | Mètodes Numèrics 1 (a) Mètodes Numèrics 1 (b) | PROBABILITAT I ESTADÍSTICA | Mètodes Numèrics 1 (a) Mètodes Numèrics 1 (b) | |
| 12 – 13 | MÈTODES NUMÈRICS 1 | Probabilitat i Estadística (a) Mètodes Numèrics 1 (b) | FRANJA CULTURAL | Probabilitat i Estadística (a) Mètodes Numèrics 1 (b) | MÈTODES NUMÈRICS 1 |
| 13 – 14 | PROBABILITAT I ESTADÍSTICA | Càlcul 3 (a) Probabilitat i Estadística (b) | | Càlcul 3 (a) Probabilitat i Estadística (b) | PROBABILITAT I ESTADÍSTICA |
| 14 – 15 | | | | | |
| 15 – 16 | | | | | |
| 16 – 17 | INTRODUCCIÓ A LES MATEMÀTIQUES DE L'ENGINYERIA (1) | | | INTRODUCCIÓ A LES MATEMÀTIQUES DE L'ENGINYERIA (1) | |

(1) Assignatura optativa pels estudiants de la doble titulació de Teleco-Mates i de lliure elecció pels demés.

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

3r Curs – 1r Quadrimestre

| Horaris | Dilluns | Dimarts | Dimecres | Dijous | Divendres |
|---------|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|
| 9 – 10 | | MÈTODES NUMÈRICS 2 | | MÈTODES NUMÈRICS 2 | |
| 10 – 11 | GEOMETRIA DIFERENCIAL 1 | Mètodes Numèrics 2 (a) Equacions Diferencials 1 (b) | GEOMETRIA DIFERENCIAL 1 | Mètodes Numèrics 2 (a) Equacions Diferencials 1 (b) | GEOMETRIA DIFERENCIAL 1 |
| 11 – 12 | EQUACIONS DIFERENCIALS 1 | Mètodes Numèrics 2 (a) Mètodes Numèrics 2 (b) | EQUACIONS DIFERENCIALS 1 | Mètodes Numèrics 2 (a) Mètodes Numèrics 2 (b) | EQUACIONS DIFERENCIALS 1 |
| 12 – 13 | | Geometria Diferencial 1 (a) Mètodes Numèrics 2 (b) | FRANJA CULTURAL | Geometria Diferencial 1 (a) Mètodes Numèrics 2 (b) | |
| 13 – 14 | | Equacions Diferencials 1 (a) Geometria Diferencial 1 (b) | | Equacions Diferencials 1 (a) Geometria Diferencial 1 (b) | |

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

4t Curs – 1r Quadrimestre

| Horaris | Dilluns | Dimarts | Dimecres | Dijous | Divendres |
|---------|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|
| 8 - 9 | ANÀLISI COMPLEXA | Anàlisi Complexa (a) Àlgebra Abstracta (b) | ANÀLISI COMPLEXA | Anàlisi Complexa (a) Àlgebra Abstracta (b) | ANÀLISI COMPLEXA |
| 9 – 10 | ÀLGEBRA ABSTRACTA | Àlgebra Abstracta (a) Anàlisi Complexa (b) | ÀLGEBRA ABSTRACTA | Àlgebra Abstracta (a) Anàlisi Complexa (b) | ÀLGEBRA ABSTRACTA |
| 10 – 11 | | | | | |
| 11 – 12 | | | | | |
| 12 – 13 | | | FRANJA CULTURAL | | |
| 13 – 14 | | | | | |

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

Optatives – 1r Quadrimestre

| Horaris | Dilluns | Dimarts | Dimecres | Dijous | Divendres |
|---------|---|---|--------------------------------|---|---|
| 8 – 9 | | TEORIA DE NOMBRES | | | |
| 9 – 10 | | ANÀLISI NUMÈRICA | | | |
| 10 – 11 | TEORIA DE CODIS | COMBINATÒRIA | COMBINATÒRIA | TEORIA DE NOMBRES | TEORIA DE CODIS |
| 11 – 12 | DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA ALGORÍSMICA | EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS | EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS | ANÀLISI NUMÈRICA | DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA ALGORÍSMICA |
| 12 – 13 | GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL | AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA | FRANJA CULTURAL | GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL | AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA |
| 13 – 14 | MECÀNICA COMPUTACIONAL LÒGICA MATEMÀTICA | TEORIA DE SISTEMES LINEALS | | MECÀNICA COMPUTACIONAL LÒGICA MATEMÀTICA | TEORIA DE SISTEMES LINEALS |
| 14 – 15 | | | | | |
| 15 – 16 | | | | | |
| 16 – 17 | MODEL LINEAL GENERAL (1) | | | SIMULACIÓ (1) | |
| 17 – 18 | | | | | |
| 18 – 19 | OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1 (1) | SIMULACIÓ (1) | | OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1 (1) | MODEL LINEAL GENERAL (1) |
| 19 – 20 | | | | | |

(1) Docència compartida amb la Llicenciatura en Ciències i Tècniques Estadístiques

1r Curs – 2n Quadrimestre

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

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

2n Curs – 2n Quadrimestre

| Horaris | Dilluns | Dimarts | Dimecres | Dijous | Divendres |
|---------|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|
| 9 – 10 | INVESTIGACIÓ OPERATIVA | Topologia (a) Investigació Operativa (b) | INVESTIGACIÓ OPERATIVA | Topologia (a) Investigació Operativa (b) | INVESTIGACIÓ OPERATIVA |
| 10 – 11 | ANÀLISI REAL | Topologia (b) Investigació Operativa (a) | ANÀLISI REAL | Topologia (b) Investigació Operativa (a) | ANÀLISI REAL |
| 11 – 12 | | | TOPOLOGIA | | |
| | TOPOLOGIA | | | TOPOLOGIA | |
| 12 – 13 | | Inferència Estadística (a) Anàlisi Real (b) | FRANJA CULTURAL | Inferència Estadística (a) Anàlisi Real (b) | TOPOLOGIA |
| | INFERÈNCIA ESTADÍSTICA | Inferència Estadística (b) Anàlisi Real (a) | | Inferència Estadística (b) Anàlisi Real (a) | INFERÈNCIA ESTADÍSTICA |
| 13 – 14 | | | | | |

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

3r Curs – 2n Quadrimestre

| Horaris | Dilluns | Dimarts | Dimecres | Dijous | Divendres |
|---------|--------------------------------|--|--------------------------------|--|--------------------------------|
| 9 – 10 | MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA | Equacions Diferencials 2 (a) Geometria Diferencial 2 (b) | MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA | Equacions Diferencials 2 (a) Geometria Diferencial 2 (b) | MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA |
| 10 – 11 | EQUACIONS DIFERENCIALS 2 | Geometria Diferencial 2 (a) Mètodes Numèrics 3 (b) | EQUACIONS DIFERENCIALS 2 | Geometria Diferencial 2 (a) Mètodes Numèrics 3 (b) | EQUACIONS DIFERENCIALS 2 |
| 11 – 12 | | Mètodes Numèrics 3 (b) Mètodes Numèrics 3 (a) | GEOMETRIA DIFERENCIAL 2 | Mètodes Numèrics 3 (b) Mètodes Numèrics 3 (a) | |
| 12 – 13 | GEOMETRIA DIFERENCIAL 2 | Mètodes Numèrics 3 (a) Models Matemàtics de la Física (b) | FRANJA CULTURAL | Mètodes Numèrics 3 (a) Models Matemàtics de la Física (b) | GEOMETRIA DIFERENCIAL 2 |
| 13 – 14 | MÈTODES NUMÈRICS 3 | Equacions Diferencials 2 (b) Models Matemàtics de la Física (a) | | Equacions Diferencials 2 (b) Models Matemàtics de la Física (a) | MÈTODES NUMÈRICS 3 |

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

4t Curs – 2n Quadrimestre

| Horaris | Dilluns | Dimarts | Dimecres | Dijous | Divendres |
|---------|-------------------------|---|-------------------------|---|-------------------------|
| 8 – 9 | ANÀLISI FUNCIONAL | Topologia Algebraica (b) Anàlisi Funcional (a) | ANÀLISI FUNCIONAL | Topologia Algebraica (b) Anàlisi Funcional (a) | ANÀLISI FUNCIONAL |
| 9 – 10 | TOPOLOGIA ALGEBRAICA | Anàlisi Funcional (b) Topologia Algebraica (a) | TOPOLOGIA ALGEBRAICA | Anàlisi Funcional (b) Topologia Algebraica (a) | TOPOLOGIA ALGEBRAICA |
| 10 – 11 | | | | | |
| 11 – 12 | | | | | |
| 12 - 13 | | | FRANJA CULTURAL | | |
| 13 – 14 | | | | | |

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

Optatives – 2n Quadrimestre

| Horaris | Dilluns | Dimarts | Dimecres | Dijous | Divendres |
|---------|--|--|--|---------------------------------|--|
| 8 – 9 | | | MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA | | |
| 9 – 10 | AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA | AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA | ÀLGEBRA COMPUTACIONAL | AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA | AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA |
| 10 – 11 | MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA | TEORIA DE GRAFS | TEORIA QUAL. D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES | CALCULABILITAT | TEORIA QUAL. D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES |
| 11 – 12 | ÀLGEBRA COMPUTACIONAL | TEORIA MATEMÀTICA DELS MERCATS FINANCERS (1) | CRIPTOGRAFIA | ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST | CRIPTOGRAFIA |
| 12-13 | CALCULABILITAT | AMPLIACIÓ D'ANÀLISI | FRANJA CULTURAL | AMPLIACIÓ D'ANÀLISI | TEORIA DE GRAFS |
| 13 – 14 | ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST | HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA | | HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA | TEORIA MATEMÀTICA DELS MERCATS FINANCERS (1) |
| 14 – 15 | | | | | |
| 15 – 16 | ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ (1) | | | | ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ (1) |
| 16 – 17 | | | | | |
| 17 – 18 | PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA (1) | | PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA (1) | | |
| 18-19 | | | | | |

(1) docència compartida amb la Llicenciatura de Ciències i Tècniques Estadístiques.

Calendari d'exàmens

Convocatòria ordinària del 1r quadrimestre

Fase selectiva

| 1r | 07-01-08 | 08-01-08 | 09-01-08 | 10-01-08 | 11-01-08 |
|------------------|---------------|----------|----------|-------------------|----------|
| M A T Í | INFORMÀTICA 1 | | | ÀLGEBRA LINEAL | |

| 1r | 14-01-08 | 15-01-08 | 16-01-08 | 17-01-08 | 18-01-08 |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| M A T Í | | | CÀLCUL 1 | | |

Fase no selectiva – obligatòries

| | 07-01-08 | 08-01-08 | 09-01-08 | 10-01-08 | 11-01-08 |
|------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|----------|
| M A T Í | EQUACIONS DIFERENCIALS 1 | MÈTODES NUMÈRICS 1 | ANÀLISI COMPLEXA | GEOMETRIA DIFERENCIAL 1 | CÀLCUL 3 |

| | 14-01-08 | 15-01-08 | 16-01-08 | 17-01-08 | 18-01-08 |
|------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------|----------|
| M A T Í | PROBABILITAT I ESTADÍSTICA | ÀLGEBRA ABSTRACTA | MÈTODES NUMÈRICS 2 | GEOMETRIA | |

Fase no selectiva – optatives

| | 07-01-08 | 08-01-08 | 09-01-08 | 10-01-08 | 11-01-08 |
|-----------------------|-----------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------|
| M A T Í | | TEORIA DELS SISTEMES LINEALS | | | TEORIA DE NOMBRES |
| T A R D A | TEORIA DE CODIS | MODEL LINEAL GENERAL | ALGORÍSMICA | SIMULACIÓ | OPTIMITZACIÓ CONTINUA 1 |

| | 14-01-08 | 15-01-08 | 16-01-08 | 17-01-08 | 18-01-08 |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------|--------------|
| M A T Í | MECÀNICA COMPUTACIONAL | | | ANÀLISI NUMÈRICA | COMBINATÒRIA |
| T A R D A | | LÒGICA I FONAMENTACIÓ | GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL | | |

| | 21-01-08 | 22-01-08 | 23-01-08 | 24-01-08 | 25-01-08 |
|------------------|---|--------------------------------|----------------------------|----------|----------|
| M A T Í | AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA | EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS | DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA | | |

L'examen de l'assignatura específica de doble titulació es farà

| | 14-01-08 | 15-01-08 | 16-01-08 | 17-01-08 | 18-01-08 |
|------------------|----------|----------|----------|----------|--|
| M A T Í | | | | | INTRODUCCIÓ A LES MATEMÀTIQUES DE L'ENGINYERIA |

Convocatòria ordinària del 2n quadrimestre

Fase selectiva

| 1r | 19-05-08 | 20-05-08 | 21-05-08 | 22-05-08 | 23-05-08 |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| M A T Í | | | CÀLCUL 2 | | |

| 1r | 26-05-08 | 27-05-08 | 28-05-08 | 29-05-08 | 30-05-08 |
|------------------|----------|--------------------------|----------|----------|-------------------|
| M A T Í | | COMPUTACIÓ ALGEBRAICA | | | FÍSICA GENERAL |

| 1r | 02-06-08 | 03-06-08 | 04-06-08 | 05-06-08 | 06-06-08 |
|------------------|----------|----------|---------------|----------|----------|
| M A T Í | | | INFORMÀTICA 2 | | |

Fase no selectiva – obligatòries

| | 19-05-08 | 20-05-08 | 21-05-08 | 22-05-08 | 23-05-08 |
|------------------|----------|----------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|
| M A T Í | | | MÈTODES NUMÈRICS 3 | INFERÈNCIA ESTADÍSTICA | TOPOLOGIA ALGEBRAICA |

| | 26-05-08 | 27-05-08 | 28-05-08 | 29-05-08 | 30-05-08 |
|------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------|----------------------------|
| M A T Í | INVESTIGACIÓ OPERATIVA | EQUACIONS DIFERENCIALS 2 | ANÀLISI FUNCIONAL | TOPOLOGIA | GEOMETRIA DIFERENCIAL 2 |

| | 02-06-08 | 03-06-08 | 04-06-08 | 05-06-08 | 06-06-08 |
|------------------|--------------------------------------|-----------------|----------|----------|----------|
| M A T Í | MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA | ANÀLISI REAL | | | |

Fase no selectiva – optatives

| | 19-05-08 | 20-05-08 | 21-05-08 | 22-05-08 | 23-05-08 |
|-----------------------|----------|----------|----------|---------------------------|----------|
| T A R D A | | | | PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA | |

| | 26-05-08 | 27-05-08 | 28-05-08 | 29-05-08 | 30-05-08 |
|-----------------------|--|----------|---|----------|----------|
| T A R D A | TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES | | ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ | | |

| | 02-06-08 | 03-06-08 | 04-06-08 | 05-06-08 | 06-06-08 |
|------------------|---|--------------|--------------------|--------------------------|------------------------------|
| M A T Í | TEORIA MATEMÀTICA DELS MERCATS FINANCERS | CRIPTOGRAFIA | TEORIA DE GRAFS | ÀLGEBRA COMPUTACIONAL | HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA |

| | 09-06-08 | 10-06-08 | 11-06-08 | 12-06-08 | 13-06-08 |
|------------------|---------------------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------------|----------------|
| M A T Í | ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST | AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA | AMPLIACIÓ D'ANÀLISI | MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA | CALCULABILITAT |

Convocatòria d'exàmens parcials de les assignatures del 1r quadrimestre

1r Curs

| | 29-10-07 | 30-10-07 | 31-10-07 | 01-11-07 | 02-11-07 |
|------------------|---------------|-------------------|----------|----------|----------|
| M A T I | INFORMÀTICA 1 | ÀLGEBRA LINEAL | | | |

| | 05-11-07 | 06-11-07 | 07-11-07 | 08-11-07 | 09-11-07 |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| M A T I | | CÀLCUL 1 | | | |

Els dies **29 i 30 d'octubre i 6 de novembre** seran no lectius per les assignatures de **1r Curs**: Àlgebra Lineal, Càlcul 1 i Informàtica 1.

2n Curs

| | 29-10-07 | 30-10-07 | 31-10-07 | 01-11-07 | 02-11-07 |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| M A T I | CÀLCUL 3 | | | | |

| | 05-11-07 | 06-11-07 | 07-11-07 | 08-11-07 | 09-11-07 |
|------------------|-------------------------------|----------|----------|-----------|-----------------------|
| M A T I | PROBABILITAT I ESTADÍSTICA | | | GEOMETRIA | MÈTODES NUMÈRICS 1 |

Els dies **29 d'octubre i 5,8 i 9 de novembre**, seran no lectius per les assignatures de **2n Curs**: Càlcul 3, Geometria, Mètodes Numèrics 1 i Probabilitat i Estadística.

3r Curs

| | 29-10-07 | 30-10-07 | 31-10-07 | 01-11-07 | 02-11-07 |
|------------------|----------|-----------------------------|----------|----------|----------|
| M A T I | | EQUACIONS DIFERENCIALS 1 | | | |

| | 05-11-07 | 06-11-07 | 07-11-07 | 08-11-07 | 09-11-07 |
|------------------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| M A T I | GEOMETRIA DIFERENCIAL 1 | | | | |

Els dies **30 d'octubre i 5 de novembre** seran no lectius per les assignatures de **3r Curs**: Equacions Diferencials 1, Geometria Diferencial 1 i Mètodes Numèrics 2.

4t Curs

| | 05-11-07 | 06-11-07 | 07-11-07 | 08-11-07 | 09-11-07 |
|------------------|----------|---------------------|----------|----------|----------------------|
| M A T I | | ANÀLISI COMPLEXA | | | ÀLGEBRA ABSTRACTA |

Els dies **6 i 9 de novembre** seran no lectius per les assignatures obligatòries de **4t.Curs**: Àlgebra Abstracta, Anàlisi Complexa.

I per les optatives:

Algorísmica,
Ampliació de Models Matemàtics de la Física
Anàlisi Numèrica
Combinatòria
Didàctica de la Matemàtica
El Mètode dels Elements Finites
Geometria Discreta i computacional
Lògica Matemàtica
Mecànica Computacional
Model Lineal General
Optimització Contínua 1
Simulació
Teoria de Codis
Teoria de Nombres
Teoria de Sistemes Lineals.

Convocatòria d'exàmens parcials de les assignatures del 2n quadrimestre

| 1r | 24-03-08 | 25-03-08 | 26-03-08 | 27-03-08 | 28-03-08 |
|------------------|----------|----------|----------|--------------------------|----------|
| M A T Í | | | | COMPUTACIÓ ALGEBRAICA | CÀLCUL 2 |

| 1r | 31-03-08 | 01-04-08 | 02-04-08 | 03-04-08 | 04-04-08 |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| M A T Í | | | | | FÍSICA |

Els dies **27 i 28 de març i 4 d'abril**, seran no lectius per les assignatures de **1r Curs**: Càlcul 2, Computació Algebraica, Física General i Informàtica 2.

| 2n | 24-03-08 | 25-03-08 | 26-03-08 | 27-03-08 | 28-03-08 |
|------------------|----------|-----------------|-----------|----------|----------|
| M A T Í | | ANÀLISI REAL | TOPOLOGIA | | |

| 2n | 31-03-08 | 01-04-08 | 02-04-08 | 03-04-08 | 04-04-08 |
|------------------|---------------------------|----------|----------|---------------------------|----------|
| M A T Í | INVESTIGACIÓ OPERATIVA | | | INFERÈNCIA ESTADÍSTICA | |

Els dies **25, 26 i 31 de març i 3 d'abril**, seran no lectius per les assignatures de **2n Curs**: Anàlisi Real, Inferència Estadística, Investigació Operativa i Topologia.

| 3r | 24-03-08 | 25-03-08 | 26-03-08 | 27-03-08 | 28-03-08 |
|------------------|----------|----------|----------|-----------------------------|-----------------------|
| M A T Í | | | | EQUACIONS DIFERENCIALS 2 | MÈTODES NUMÈRICS 3 |

| 3r | 31-03-08 | 01-04-08 | 02-04-08 | 03-04-08 | 04-04-08 |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------------------------|
| M A T Í | | | | | GEOMETRIA DIFERENCIAL 2 |

Els dies **27 i 28 de març i 4 d'abril**, seran no lectius per les assignatures de **3r Curs**: Equacions Diferencials 2, Geometria Diferencial 2, Mètodes Numèrics 3 i Models Matemàtics de la Física.

| 4r | 31-03-08 | 01-04-08 | 02-04-08 | 03-04-08 | 04-04-08 |
|------------------|-------------------------|----------|----------|----------------------|----------|
| M A T Í | TOPOLOGIA ALGEBRAICA | | | ANÀLISI FUNCIONAL | |

Els dies **31 de març i 3 d'abril**, seran no lectius per les assignatures obligatòries de **4t Curs**: Anàlisi Funcional i Topologia Algebraica.

I per les optatives:

- Àlgebra Computacional
- Ampliació d'Anàlisi
- Ampliació de Geometria
- Anàlisi de Sèries Temporals i Previsió
- Astrodinàmica i Mecànica Celest
- Calculabilitat
- Criptografia
- Història de la Matemàtica
- Mètodes Numèrics en Enginyeria
- Programació Matemàtica
- Teoria de Grafs
- Teoria Matemàtica dels Mercats Financers
- Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries