

Disciplinas Mestrado em Matemática

Álgebra Comutativa (M444)

Conteúdo Programático: O objectivo desta disciplina é fornecer ao aluno conhecimento aprofundado da teoria de anéis comutativos com ênfase nas estruturas dos ideais primos dos mesmos. O tópico Álgebra Comutativa será desenvolvido usando motivações geométricas.

Álgebra Linear Numérica

Conteúdo Programático: Factorização QR. Mínimos quadrados. Condicionamento e Estabilidade. Métodos para a resolução de sistemas de equações: métodos directos e iterativos. Métodos para o cálculo de valores próprios.

Bibliografia:

Numerical Linear Algebra

Lloyd N. Trefethen, David Bau, III., Siam 1997

Análise Estatística (M468)

Conteúdo Programático: Pode variar de ano para ano. Disciplina oferecida, tendo em conta o interesse dos alunos e a disponibilidade docente.

Análise Funcional (M421)

Conteúdo Programático: Definições e exemplos de espaços: métricos, completos, completado, espaços normados, de Banach, euclidianos, de Hilbert, espaços vectoriais topológicos. Espaços de aplicações lineares contínuas, dual, aplicação adjunta. Resultados: teoremas de Banach do ponto fixo, das bolas encaixadas, de Baire, de Arzela-Ascoli. Desigualdade de Cauchy-Schwarz. Lei do paralelogramo. Ortogonalização. Desigualdade de Bessel. Igualdade de Parseval. Teorema de Riesz-Fisher. Séries de Fourier: Lema de Riemann. Convergência pontual. Funções contínuas cujas séries de Fourier divergem em um ponto. Convexidade: Lema de Zorn. Teorema de Hahn-Banach. Função de Minkowski. Teoremas de separação. Forma geral de funcionais lineares. Teorema de Riesz. Convergência fraca. Teoremas de Banach-Steinhaus e de Mazur. Teorema de Banach de aplicação inversa. Aplicações compactas simétricas: Teorema de Hilbert. Aplicações: Existência e unicidade da solução do problema de Cauchy. Teorema de Peano. Convergência de métodos iterativos. Teorema da função inversa. Teorema da função implícita. Existência e unicidade da solução do problema de Cauchy para uma equação parabólica (pelo método de Galerkin).

Análise Numérica de Equações Diferenciais (M438)

Conteúdo Programático: Métodos espectrais, resíduos ponderados. Aproximação de uma função. Equações diferenciais: método de Galerkin, Tau e de colocação. Problemas periódicos. Transformada de Fourier (real e complexa) completa, truncada, discreta multidimensional. Eliminação do aliasing. Espaço físico. Espaço de Fourier. Derivação no espaço de Fourier. Polinómios ortogonais. Polinómios de Chebyshev e sua derivada de ordem p . Série de Chebyshev truncada e discreta. Matrizes de derivação. Transformada de Chebyshev discreta. Espaço de Chebyshev. Derivação no espaço de Chebyshev. Equações diferenciais com coeficientes constantes e variáveis. Equações de

evolução. Discretização explícita e implícita. Convergência, consistência e estabilidade. Esquemas numéricos de Lax-Wendroff, leapfrog, Crank-Nicholson, Runge-Kutta, Euler, Adams- Bashforth. Métodos numéricos espectrais para as equações de Navier-Stokes (casos periódico e não-periódico).

Anéis e Módulos (M442)

Conteúdo Programático: Nesta disciplina pretende-se introduzir e estudar o conceito de módulo e algumas classes importantes de anéis não comutativos como por exemplo: anéis de operadores diferenciais, álgebras de grupo, álgebras envolventes, entre outras. Serão apresentados teoremas clássicos de estrutura (por exemplo o Teorema de Artin-Wedderburn) e resultados recentes.

Autómatos

Conteúdo Programático: O objectivo é estudar diversos aspectos combinatórios e algébricos associados a diversos modelos de computação, com ênfase nos autómatos e transdutores finitos. Serão também estudados os autómatos de pilha e será feita referência à hierarquia de Chomsky. Poderão ser também analisados modelos de computação mais gerais ou correspondentes a concepções não sequenciais da computação.

Bibliografia:

John Howie, Automata and Languages, Clarendon Press 1991.

Bifurcação e Simetria (M422)

Conteúdo Programático: Estudo qualitativo de equações diferenciais e sistemas dinâmicos, bifurcação e estabilidade. Bifurcação estacionária com e sem simetria, bifurcação de Hopf. Grupos de Lie; representações e acções; integração invariante, irreduzibilidade; Funções invariantes equivariantes, teorema de Hilbert-Weyl. Perda de simetria em bifurcações de pontos de equilíbrio: órbitas e subgrupos de isotropia; subespaços de pontos fixos; lema equivariante dos ramos; estabilidade assintótica orbital.

Classificação Automática e Reconhecimento de Formas (M475)

Conteúdo Programático: Introdução e formulação de um problema de reconhecimento de formas; alguns exemplos de aplicação. Vectores aleatórios e suas propriedades: distribuições de probabilidade, estimação de parâmetros, transformações lineares, componentes principais. Teoria da decisão estatística. Métodos paramétricos de Análise Discriminante: modelos gaussianos lineares e quadráticos. Métodos não paramétricos de Análise Discriminante: método do núcleo e K-NN. Redes neuronais, árvores de decisão e de regressão, máquinas de suporte vectorial. Classificação Automática não Supervisionada; classificação hierárquica e não hierárquica.

Combinatória (M482)

Conteúdo Programático: Esta disciplina pretende fazer uma primeira abordagem à Combinatória Enumerativa ou de contagem, incluindo temas como Análise Combinatória (contagem de subconjuntos de um conjunto ou de "multiconjuntos"), métodos de "filtragem" e Funções Geradoras.

Curvas Algébricas (M455)

Conteúdo Programático: Variedades algébricas afins e projectivas complexas. Curvas algébricas complexas não singulares e superfícies de Riemann. Teoria de intersecção e Teorema de Bezoué para curvas algébricas planas. Curvas cúbicas planas. Divisores e fibrados em linhas. Secções holomorfas e meromorfas de fibrados em linhas. Formas diferenciais holomorfas e meromorfas. Revestimentos de superfícies de Riemann. Pontos de ramificação e índice de ramificação. Curvas algébricas planas como revestimentos ramificados da recta projectiva. A fórmula do género para uma curva plana. A fórmula de Riemann-Hurwitz. Sistemas lineares e mergulho de superfícies de Riemann no espaço projectivo. Variedade Jacobiana e aplicação de Abel-Jacobi. Teorema de Abel.

Bibliografia:

F. Kirwan, Complex algebraic curves, London Mathematical Society Student Texts, vol. 23, Cambridge University Press, Cambridge, 1992.

R. Miranda, Algebraic curves and Riemann surfaces, Graduate Studies in Mathematics, vol. 5, American Mathematical Society, Providence, RI, 1995.

M. Reid, Undergraduate algebraic geometry, London Mathematical Society Student Texts, vol. 12, Cambridge University Press, Cambridge, 1988.

Dinâmica

Conteúdo Programático: Unimodal maps: combinatorics; The Pullback of Space: the Koebe/Contraction Principle; The Non-Existence of Wandering Intervals; Finiteness of Attractors; Ergodicity, Attractors and Bowen-Ruelle-Sinai Measures; Jakobson's Theorem; Renormalization; The Real Bounds; Renormalization is Contracting Hyperbolic dynamics: stable and unstable leaves; basic holonomies; foliated atlas; HR Orthogonal atlas; Solenoid functions; Self-renormalizable structures; Rigidity; Gibbs measures; Measure scaling functions; Hausdorff realizations; Livsic-Sinai eigenvalue formula; Golden tilings;

Bibliografia:

Welington de Melo and Sebastien van Strien, One-Dimensional Dynamics, Springer 1996

A A Pinto, D. A. Rand and F. Ferreira, Fine Structures of Hyperbolic Diffeomorphisms, Springer 2010

Equações Diferenciais Estocásticas

Conteúdo Programático:

Stochastic Analogs of Classical Differential Equations; Stochastic Approach to Deterministic Boundary Value Problems; Optimal Stopping; Brownian Motion; Itô Integrals; Construction of the Itô Integral; The Itô Formula and the Martingale Representation Theorem; Stochastic Differential Equations; Weak and Strong Solutions; Filtering Problem; The Markov Property; The Dynkin Formula; Kolmogorov's Backward Equation; Feynman-Kac Formula; Applications to Boundary Value Problems and Uniqueness of Solution; Application to Optimal Stopping.

Bibliografia:

Bernt Åksendal, Stochastic Differential Equations, Springer-Verlag 2000.

Equações em Derivadas Parciais (M424)

Conteúdo Programático: Teoria geométrica das equações de primeira ordem: classificação, características, problema de Cauchy, teoremas de existência e unicidade locais, integral completo. Equações de segunda ordem: classificação, características e forma normal. Construção de soluções de equações lineares a partir das características, propagação de singularidades. Equações e sistemas hiperbólicos: características, propagação de descontinuidades, unicidade local de solução. Sistemas quasi-lineares: problema de Cauchy, hipersuperfícies características, teorema de Cauchy-Kowalevski. Leis de conservação: soluções fracas; soluções seccionalmente regulares. Ondas de choque: condições de Hugoniot-Rankine e de entropia. Problema de Riemann: existência e unicidade de solução; construção de soluções.

Geometria Simplética (M425)

Conteúdo Programático: Geometria Simplética Linear: Espaços vectoriais simpléticos. Subespaços isotrópicos, coisotrópicos, simpléticos e Lagrangianos. Grupo dos simplectomorfismos lineares. Propriedades. Existência de uma base simplética. Redução simplética linear. Teorema da não contração de Gromov (caso afim). Largura simplética linear. Forma normal para uma forma quadrática positiva definida por acção de um simplectomorfismo. Elipsóides. Geometria Simplética em Variedades: Cálculo diferencial em variedades: cálculo diferencial segundo Cartan e cohomologia de De Rham, operador de homotopia e lema de Poincaré. Variedades simpléticas: simplectomorfismos, parêntesis de Poisson, versão Hamiltoniana do Teorema de Noether. Método de Moser e teorema de Darboux-Weinstein. Subvariedades (mergulhadas) isotrópicas, coisotrópicas, simpléticas e Lagrangianas. Invariantes Simpléticos: Teorema de Dacorogna-Moser para difeomorfismos preservando volume. Mergulhos simpléticos. Teorema da não contração de Gromov. Capacidades simpléticas como invariantes simpléticos. Largura de Gromov e capacidade de Hofer & Zehnder.

Grupos e álgebras de Lie

Conteúdo Programático: Álgebras de Lie. Representações de álgebras de Lie. Grupo de Weyl. Forma de Killing. Classificação de álgebras de Lie simples complexas. Grupos de Lie e as suas álgebras de Lie. Aplicação exponencial. Espaços homogêneos. Grupos de Lie compactos e integração. Subgrupo maximal compacto. Grupos de Lie complexos e complexificação de grupos de Lie compactos.

Bibliografia:

R. Carter, G. Segal and I. Macdonald, Lectures on Lie groups and Lie algebras, London Mathematical Society Student Texts 32, Cambridge University Press, Cambridge, 1995.
W. Fulton and J. Harris, Representation theory - a first course, Graduate Texts in Mathematics 129, Readings in Mathematics, Springer-Verlag, New York, 1991.

Inferência Estatística

Conteúdo Programático: Modelos estatísticos. Famílias exponenciais. Exaustividade. Verosimilhança. Construção e comparação de estimadores paramétricos. Regiões de confiança. Testes de hipóteses paramétricas e critérios de optimalidade. Estimação e testes em modelos não-paramétricos.

Bibliografia

G. Casella and R. Berger, Statistical Inference, Duxbury Press, 2nd Edition, 2001.
E.J. Dudewicz and S.N. Mishra, Modern Mathematical Statistics, Wiley, 1988.

M. Hollander and D. A. Wolfe, Nonparametric Statistical Methods, 2nd Edition, J. Wiley, 1999

Integração e Probabilidade (M471)

Conteúdo Programático: Funções mensuráveis. Medidas. Espaços de probabilidades, variáveis aleatórias. Integração em espaços de medida. Teoremas da convergência monótona e da convergência dominada. Integrais de Lebesgue-Stieltjes. Valor esperado de uma variável aleatória. Função característica. Medidas com sinal. Decomposições de Hahn-Jordan e de Lebesgue. Derivada de Radon-Nikodym. Espaços produto. Espaços L_p . Representação de Riesz. Independência. Probabilidade condicional. Esperança condicional. Leis fortes e fracas dos grandes números. Teorema do limite central.

Lógica (M483)

Conteúdo Programático: Nesta disciplina introduzem-se os conceitos e resultados básicos de algumas das áreas fundamentais da Lógica matemática, incluindo: Lógica de primeira ordem (completude e indecidibilidade), Lógica monádica de segunda ordem, Teoria de modelos, Teoria da recursividade, formalização da Aritmética e Teoremas de incompletude de Godel.

Mecânica Hamiltoniana (M426)

Conteúdo Programático: Estudo de formas exteriores: Formas algébricas exteriores em espaços vectoriais. Formas diferenciais exteriores em variedades. Caso de variedades Riemannianas. Cadeias em variedades diferenciáveis e seu bordo. Integração de formas diferenciais ao longo de cadeias. Derivação exterior. Teorema de Stokes. Formalismo canónico: Lema multidimensional de Stokes. Equações de Hamilton. Transformações canónicas. Problemas do cálculo de variações, princípio da acção mínima e princípio da acção mínima de Maupertuis; caso de variedades Riemannianas. Equação de Hamilton-Jacobi. Função geratriz de uma transformação canónica livre. Método de Hamilton-Jacobi para integração das equações de Hamilton: teorema de Jacobi. Equações completamente separáveis. Teorema de Liouville: Derivações e campos de vectores, parêntesis de Lie. Variedades simplécticas: teorema de Darboux-Weinstein, parêntesis de Poisson, teorema de Poisson. Teorema de Liouville. Existência de variáveis acçãoângulo.

Métodos Probabilísticos em Dinâmica (M412)

Conteúdo Programático: Medidas invariantes. Recorrência. Ergodicidade e mistura. Entropia. Deslocamentos de Markov e Bernoulli.

Modelos Matemáticos da Física (M484)

Conteúdo Programático: Nesta disciplina pretende-se ilustrar a forma como métodos matemáticos de carácter geométrico, analítico ou algébrico intervêm na modelação de algumas áreas da Física Moderna. Eis alguns exemplos de temas a desenvolver: métodos geométricos (fibrados, conexões, teorias de gauge, gravitação clássica), métodos variacionais (teoria do campo), simetrias e leis de conservação (teorema de Noether, simetrias de gauge), métodos algébricos (teorias topológicas do campo, invariantes), métodos combinatórios (diagramas de Feynman, teoria perturbativa do campo).

Processos Estocásticos (M478)

Conteúdo Programático: Processos estocásticos: definição e propriedades gerais. Passeio aleatório. Cadeias de Markov em tempo contínuo. Processo de Poisson. Filas de espera em tempo contínuo. Movimento Browniano. Ponte Browniana. Martingalas em tempo contínuo e discreto. Introdução ao cálculo estocástico. Integral estocástico relativamente ao processo de Wiener e aplicações.

Semigrupos

Conteúdo Programático: A primeira parte do programa consiste numa introdução aos conceitos básicos da Teoria de Semigrupos, incluindo algumas das subclasses mais importantes como semigrupos livres, regulares e inversos. A segunda parte do programa, e a mais extensa, é dedicada à teoria dos semigrupos finitos, incluindo as relações com a teoria de linguagens e autómatos. Será apresentado o programa de classificação em pseudovariedades e o papel desempenhado pelos semigrupos profinitos relativamente livres.

Bibliografia:

Jean-Eric Pin, Varieties of Formal Languages, Plenum Publishing Corp. 1986.

Sistemas Dinâmicos (M427)

Conteúdo Programático: Propriedades genéricas de sistemas dinâmicos. Não transversalidade e bifurcação. Dinâmica complexa. Dimensões fraccionárias.

Teoria da Aproximação (M432)

Conteúdo Programático: O problema fundamental da teoria da aproximação em diferentes espaços: métricos; normados; euclidianos, de Hilbert. Bases ortogonais. Algoritmo de Gram-Schmidt. Série de Fourier. Convexidade. Solução minimax de sistemas inconsistentes de equações algébricas Lineares. Existência e algoritmos. Aproximação uniforme de funções: polinómios de Chebyshev. Operadores lineares monótonos. Aproximação em média quadrática com sistemas de Chebyshev. Aproximação uniforme de funções contínuas por polinómios generalizados de grau limitado, Existência e caracterização de aproximações óptimas: Teorema da Alternância e Aplicações. Problemas de aproximação polinomial uniforme com solução explícita. Unicidade e cálculo da melhor aproximação. Algoritmos de Remez. Método de Newton. Enquadramento do erro: Teorema de La Vallé Poussin. Breve introdução a várias áreas de investigação em Teoria da Aproximação: polinómios ortogonais; aproximação racional; aceleração da convergência.

Teoria de Jogos com incerteza

Conteúdo Programático: Static and Dynamic Games of Complete and incomplete Information; Bayesian Games and Mechanism Design; Mechanism Design and the Revelation Principle; Perfect Bayesian Equilibrium in Multi-Stage Games of Incomplete Information; Reputation Effects; A Single Player against Many Simultaneous Long-Lived Opponents; Equilibrium Refinements: Stability, Forward Induction and Iterated Weak Dominance; Strategic Stability; Signaling Games; Existence of Nash Equilibrium in Games with Continuous Action Spaces and Discontinuous Payoffs; Payoff-Relevant Strategies and Markov Equilibrium; Stochastic Games; Existence of Markov Perfect Equilibrium in General Games; Differential Games; Common Knowledge and Games; Evolutionary dynamics

Bibliografia:

Drew Fudenberg and Jean Tirole, Game Theory, MIT Press 1991.

Teoria de Singularidades (M452)

Conteúdo Programático: Introdução: variedades e aplicações; pontos críticos e valores críticos; relações de equivalência e definição de germe. Espaço dos jactos e a sua topologia: topologias fraca e fina, relações de equivalência: contacto num ponto; topologia do espaço das aplicações; aplicações contínuas em topologias forte. Transversalidade: definição e corolários; teorema de transversalidade de Thom. Classificações locais de singularidades: noções algébricas, álgebra local de uma aplicação num ponto; teorema da preparação de Weierstrass; teorema de Tougeron e corolários; singularidades simples de funções (potenciais); deformações versais de singularidades locais. Estabilidade de germes de aplicações: definição e exemplos; estabilidade infinitesimal; singularidades locais LR-estáveis em baixas dimensões.

Teoria Matemática de Sistemas**Conteúdo Programático:**

1. Linear state space models. Solutions. Transition matrix properties. Periodic systems. Matrix exponential.
2. Discrete-time state space models. Special cases: time-invariant systems, periodic systems. Internal stability.
3. Lyapunov stability. Additional stability results. Stability for discrete-time systems.
4. Controllability, observability, reachability.
5. Realizability. Minimal realizations.
6. Discrete-time Gramians. Discrete-time realizations.
7. Input-output stability. Controller and observer form.
8. State feedback. State observation. Reduced observers.
9. Polynomial fraction decompositions. Polynomial matrices.

Bibliografia:

Linear System Theory

Wilson J. Rugh

Prentice Hall (Thomas Kailath , Series Editor)

Teoria Qualitativa das Equações Diferenciais (M420)

Conteúdo Programático: Equações diferenciais ordinárias: existência e unicidade; dependência de parâmetros; soluções aproximadas; fluxo local; prolongamento; retificação do fluxo. Integrais primeiros; estabilidade assintótica e estabilidade segundo Liapunov de um ponto de equilíbrio; teoremas de Liapunov e Cetaev; linearização; pontos de equilíbrio hiperbólicos. Conjuntos omega-limite; teorema de LaSalle; aplicação de retorno; teoremas de Grobman-Hartman e da variedade estável. Oscilações; teorema de Poincaré-Bendixson, critério de Bendixson. Perturbação singular. Aplicações como: equações do pêndulo, van der Pol, FitzHugh-Nagumo, Liénard.

Teoria do Risco

Conteúdo Programático: Processos de risco: modelo individual e modelo colectivo. Teoria da ruína. Prémios. Exemplos de cálculo do prémio. Medidas de risco. Resseguro. Tratados de resseguro. Prémios.

Bibliografia

Kaas, R., Goovaerts, M., Dhaene, J. and Denuit, M. , Modern Actuarial Risk Theory : Using R., 2nd ed, Springer., 2008.
Klugman, S., Panjer, H. and Willmot, G., Loss Models , John Wiley & Sons.

Tópicos de Processamento de Sinal

Conteúdo Programático: Introdução a tópicos avançados contemporâneos de Análise Estatística e Processamento de Sinal, como: Aprendizagem baseada na Teoria da Informação (Information Theoretic Learning – ITL) entropia e correntropia, filtragem adaptativa em espaços de Hilbert, análise em componentes independentes. Aplicações.

Bibliografia:

-Information Theoretic Learning Renyi's Entropy and Kernel Perspectives José C. Principe, Springer 2010
- Biomedical Signal Analysis: Contemporary Methods & Applications, Fabian J. Theis, Anke Meyer-Base, MIT Press, 2010.
-Kernel Adaptive Filtering: A Comprehensive Introduction José C. Principe, Weifeng Liu, Simon Haykin, Wiley 2010

Topologia (M453)

Conteúdo Programático: A disciplina deve fornecer uma sólida formação de base em topologia, incluindo resultados básicos sobre espaços topológicos, noções da teoria de homotopia e uma introdução à topologia algébrica.

Topologia Diferenciável

Conteúdo Programático:

Folheações e Teorema de Frobenius. Transversalidade. Teoria de Morse-Smale. Teoria do grau. Cohomologia de de Rham, cohomologia de Čech e cohomologia singular. Teorema de de Rham. Fórmula de Künneth. Dualidade de Poincaré. Fibrados vectoriais. Grupos de Lie e espaços homogéneos. Fibrados principais. Conexões e curvatura.

Bibliografia:

R. Bott and L.W. Tu, Differential forms in algebraic topology, Graduate Texts in Mathematics 82, Springer-Verlag, New York-Berlin, 1982.
G. Bredon, Topology and geometry, Graduate Texts in Mathematics 139, Springer-Verlag, New York, 1993.
L. Conlon, Differentiable manifolds (2nd ed.), Birkhäuser, Boston, MA, 2001.
M.W. Hirsch, Differential topology, Graduate Texts in Mathematics 33, Springer-Verlag, New York, 1994.

Transformadas Integrais e Funções Especiais

Conteúdo Programático:

Transformada de Mellin, funções hipergeométricas, integrais de Mellin- Barnes, função Gama de Euler e funções pFq , função ${}_2F_1$ de Gauss, operador de convolução de Mellin, transformadas integrais de tipo convolução de Mellin, classes de funções relacionadas

com transformada de Mellin, G-transformada, G-função de Meijer, métodos de cálculo de integrais de tipo convolução.

Bibliografia:

1. O.I. Marichev, Handbook of Integral Transforms of Higher Transcendental Functions, Theory and Algorithmic Tables. Chichester: Ellis Horwood, 1983;
2. S.B. Yakubovich and Yu. F. Luchko, The Hypergeometric Approach to Integral Transforms and Convolutions, Mathematics and Applications, Vol. 287, Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, Boston, London, 1994.

Turbulência (M428)

Conteúdo Programático: Equações de Navier-Stokes. Dinâmica da vorticidade. Descrição estatística da turbulência. Estruturas coerentes. Turbulência isotrópica (formalismo espectral, teoria de Kolmogorov). Turbulência anisotrópica (formalismo $SO(3)$). Discussão sobre a existência e unidade das soluções das equações de Navier-Stokes. Viscosidades turbulentas. Vórtices pontuais. Escalares passivos. Simulação directa da turbulência.

Variedades Diferenciáveis (M451)

Conteúdo Programático: Funções diferenciáveis. Variedades diferenciáveis, espaço tangente. Derivabilidade de funções entre variedades. Teorema da função inversa, formas locais das imersões e submersões. Imagem inversa de um valor regular. Exemplos. Grupos de Lie matriciais, espaço tangente na identidade, álgebra de Lie. Transversalidade. Homotopia e estabilidade em famílias de funções. Teorema de Sard (sem demonstração). Funções de Morse. Partições da unidade. Teorema de Whitney. Fibrado normal, vizinhanças tubulares. Genericidade da Transversalidade. Número de intersecção, teorema de ponto fixo de Lefschetz, teorema de Poincaré-Hopf. Formas exteriores, produto exterior. Formas diferenciais: diferenciais de funções, derivação exterior, integração, teorema de Stokes.

Complementos de Física Estatística (F403)

Conteúdo Programático: Introdução ao estudo de transições de fase em equilíbrio térmico: teorias fenomenológicas, modelos microscópicos, introdução ao grupo de renormalização. Noções básicas de percolação. Aplicações. Transições de fase fora de equilíbrio e 'comportamento complexo'. Física Estatística fora do equilíbrio: processos de Markov, movimento browniano, flutuação-dissipação.

Complementos da Teoria da Relatividade (F410)

Conteúdo Programático: Relação entre Curvatura e Gravitação. Inexistência de referências inerciais globais. Princípio de equivalência. A física num espaço-tempo curvo. Curvas geodésicas. Transporte Paralelo. Desvio geodésico. O Tensor de Curvatura e suas contracções. O Tensor de Einstein e suas propriedades.

Electrodinâmica e Relatividade (F305)

Conteúdo Programático: Equações de Maxwell, condições fronteira, energia e momento, ligação a fenomenologia. Ondas electromagnéticas em dieléctricos e condutores, reflexão e refacção. Radiação, radiação de dipolos. Potenciais de Hienard-Wiechert, radiação de cargas aceleradas. Postulados da Relatividade restrita, transformações de Lorentz. Aplicações. Espaço de Minkowski. Invariantes, quadrivectores, tensores. Formulação covariante das equações de Maxwell. Tensor momento-energia.

Física Estatística e Computacional (F303)

Conteúdo Programático: Probabilidade e Estatística. Simulação numérica de processos estocásticos. Emsemble estatístico, dinâmica no espaço de fase. Distribuições microcanónica, canónica e macrocanónica. Método de Monte Carlo em Física Estatística. Cadeias de Markov e método de Metropolis. Estatísticas de Bose-Einstein e Fermi-Dirac. Aplicações: Condensação de Bose-Einstein, modelo dos electrões livres, calor específico dos sólidos, fases da evolução estelar. Tópicos variados: Percolação, fractais, modelo de Ising, etc.

Mecânica Quântica (F301)

Objectivos: Compreender o formalismo e postulados da Mecânica Quântica. Compreender o procedimento de quantificação canónica. Saber aplica-lo a problemas básicos, como o oscilador harmónico ou o problema de Larmor. Compreender a descrição quântica de momento angular orbital. Compreender a descrição quântica do átomo de Hidrogénio. Compreender a emergência física do spin e o formalismo usado na sua descrição.

Mecânica Quântica Avançada (F401)

Objectivos: Compreender a diferença entre bosões e fermiões; compreender a origem da estrutura atómica dos átomos polieletrónicos a partir das regras da Mecânica Quântica. Compreender a associação, em Mecânica Quântica, entre quantidades conservadas e simetrias. Estudar o exemplo paradigmático da álgebra do momento angular e suas representações. Saber adicionar momentos angulares em Mecânica Quântica. Compreender a importância de problemas de difusão em Mecânica Quântica. Saber calcular uma secção eficaz de difusão, pela aproximação de Born ou pelo método das ondas parciais. Reconhecer a aplicabilidade de cada um dos métodos. Estudar

métodos de aproximação em Mecânica Quântica. Compreender a origem física da estrutura fina e hiperfina do átomo de Hidrogénio. Compreender a sua derivação teórica. Saber aplicar a Regra de Ouro de Fermi.

Relatividade Geral (F435)

Conteúdo Programático: Revisão de conceitos de gravitação Newtoniana e relatividade restrita. O princípio de equivalência. Geometria diferencial e cálculo tensorial. Espaço-tempo Newtoniano. Equações de campo da Relatividade Geral. Teoria linearizada. Testes da Relatividade Geral. Experiências recentes em gravitação relativista. - Programa para Astronomia termina aqui - Integração em variedades. Princípios variacionais. Estudo de algumas soluções exactas. Tópico avançado

ALGORITMOS GEOMÉTRICOS (CC443)

Conteúdo Programático: Conceitos e ferramentas básicas em Geometria Computacional. Polígonos. Localização de pontos e proximidade. Convexidade. Invólucro convexo dum conjunto de pontos. Decomposição de polígonos (triangulação). Visibilidade no plano. Problema da Galeria de Arte e variantes. Intersecção de segmentos de recta e de polígonos. Arranjos. Diagramas de Voronoi e de Delaunay. Aplicações.

COMPLEXIDADE (CC441)

Conteúdo Programático: Recursos utilizados pelos algoritmos: tempo e espaço. Classes de complexidade. Reduções. Completitude. Classes P, NP e co-NP. Reduções polinomiais Teorema de Cook e problemas completos em NP. A hierarquia polinomial. Classe PSPACE. Algoritmos aleatorizados e classes de complexidade aleatorizadas (incluindo RP e BPP). Protocolos interactivos: conhecimento zero, sistemas de prova interactivos. Classe IP. Temas opcionais: Complexidade no caso médio. Introdução à complexidade descritiva.

CRIPTOGRAFIA (CC442)

Conteúdo Programático: Protocolos criptográficos. Criptografia e criptanálise clássicas. Cifras de substituição mono-alfabéticas e poli-alfabéticas. Cifras de transposição. Cifras poligráficas. Cifras electromecánicas: a enigma, a Lorentz e a purple. Algoritmos de bloco. Cifras de Feistel. O DES e o AES. Diversos algoritmos de cifra simétrica. Cifras de chave pública. Geradores de aleatórios. Funções de tabulação criptográfica. Criptanálise e criptografia quânticas.

MÉTODOS DE PESQUISA AVANÇADA (CC452)

Conteúdo Programático: Introdução aos métodos de resolução aproximada. Noção de heurísticas, e sua classificação. Procura local e procura com vizinhança variável. Introdução a algumas meta-heurísticas. Métodos para comparação de desempenho de heurísticas.

TEORIA DE INFORMAÇÃO (CC410)

Conteúdo Programático: Conceitos básicos: a fonte de informação, a entropia e a transmissão digital. A propriedade de equipartição assintótica. O teorema da codificação de fonte e compressão de dados (códigos de Huffman, codificação aritmética, codificação por filas). O teorema da codificação de canal. Teoria da Informação Algorítmica. Exemplos de aplicação prática nas áreas do processamento de dados multimédia, nas comunicações em redes sem fios e na bioinformática.