

Testi del Syllabus

Resp. Did. **OLIVERI FRANCESCO** **Matricola: 009074**

Docente **OLIVERI FRANCESCO, 6 CFU**

Anno offerta: **2025/2026**
Insegnamento: **A002712 - CALCOLO SIMBOLICO E NUMERICO NELLA MATEMATICA APPLICATA**
Corso di studio: **9223 - MATEMATICA**
Anno regolamento: **2024**
CFU: **6**
Anno corso: **2**
Periodo: **SECONDO SEMESTRE**



Testi in italiano

Lingua insegnamento	ITALIANO
Contenuti	Introduzione alla computer algebra. Sistemi di computer algebra: SageMath (open source) e Mathematica (commerciale). Aritmetica a precisione infinita. Calcolo simbolico. Calcolo numerico con precisione arbitraria. Rappresentazioni grafiche. Variabili ed espressioni. Assegnazioni, operatori di confronto e logici. Manipolazione di espressioni simboliche. Derivazione e integrazione. Soluzione di equazioni e disequazioni. Liste e operazioni su liste. Insiemi e operazioni su insiemi. Sommatorie e produttorie. Programmazione: strutture di controllo condizionali e iterative. Sostituzione di pattern. Pattern matching. Definizione di funzioni. Funzioni con definizioni multiple. Funzioni con variabili locali. Funzioni con espressioni condizionali. Funzioni con valori predefiniti. Funzioni ricorsive. Applicazioni a problemi di teoria dei numeri e alla crittografia. Applicazioni a problemi di algebra lineare: vettori, matrici, autovalori, autovettori, soluzioni di sistemi lineari. Applicazioni al calcolo differenziale e integrale. Risoluzione simbolica o numerica di equazioni differenziali. Studio di sistemi dinamici. Grafica 2D e 3D. Applicazioni statistiche: indicatori sintetici (media, mediana, moda, varianza, asimmetria, curtosi) di dati numerici. Metodo dei minimi quadrati per il fitting lineare. Fitting non lineare.
Testi di riferimento	1) R. Hazrat. Mathematica: a problem centered approach. Springer, 2015. 2) P. Zimmermann et al. Computational Mathematics with SageMath. Springer, 2018.
Obiettivi formativi	Conoscenza dell'uso di sistemi di calcolo scientifico simbolico e numerico. Implementazione di codici in Computer Algebra Systems.
Prerequisiti	Calcolo differenziale e integrale di funzioni di variabili reali, algebra lineare, programmazione.
Metodi didattici	Lezioni teoriche ed esercitazioni con l'ausilio di strumenti simbolici e numerici di calcolo scientifico (SageMath, Reduce e Mathematica).

Modalità di verifica dell'apprendimento

Esame orale che prevede la discussione di una una tesina su argomenti assegnati dal docente e domande sugli argomenti sviluppati nel corso. La valutazione finale terrà conto del grado di preparazione raggiunto, della proprietà e correttezza del linguaggio.

Programma esteso

Introduzione alla computer algebra. Sistemi di computer algebra: SageMath e Reduce (open source) e Mathematica (commerciale). Aritmetica a precisione infinita. Calcolo simbolico. Calcolo numerico con precisione arbitraria. Rappresentazioni grafiche. Variabili ed espressioni. Assegnazioni, operatori di confronto e logici. Manipolazione di espressioni simboliche. Derivazione e integrazione. Soluzione di equazioni e disequazioni. Liste e operazioni su liste. Insiemi e operazioni su insiemi. Sommatorie e produttorie. Programmazione: strutture di controllo condizionali e iterative. Sostituzione di pattern. Pattern matching. Definizione di funzioni. Funzioni con definizioni multiple. Funzioni con variabili locali. Funzioni con espressioni condizionali. Funzioni con valori predefiniti. Funzioni ricorsive. Applicazioni a problemi di teoria dei numeri e alla crittografia. Applicazioni a problemi di algebra lineare: vettori, matrici, autovalori, autovettori, soluzioni di sistemi lineari. Applicazioni al calcolo differenziale e integrale. Risoluzione simbolica o numerica di equazioni differenziali. Studio di sistemi dinamici. Grafica 2D e 3D. Applicazioni statistiche: indicatori sintetici (media, mediana, moda, varianza, asimmetria, curtosi) di dati numerici. Metodo dei minimi quadrati per il fitting lineare. Fitting non lineare.

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------



Testi in inglese

	Italian
	Introduction to computer algebra. Computer algebra systems: SageMath (open source) and Mathematica (commercial). Infinite precision arithmetic. Symbolic calculation. Numerical computation with arbitrary precision. Graphical representations. Variables and expressions. Assignments, comparison and logical operators. Manipulation of symbolic expressions. Derivation and integration. Solution of equations and inequalities. Lists and operations on lists. Sets and operations on sets. Sums and products. Programming: conditional and iterative control structures. Pattern replacement. Pattern matching. Definition of functions. Functions with multiple definitions. Functions with local variables. Functions with conditional expressions. Functions with default values. Recursive functions. Applications to number theory problems and cryptography. Applications to linear algebra problems: vectors, matrices, eigenvalues, eigenvectors, solutions of linear systems. Applications to differential and integral calculus. Symbolic or numerical resolution of differential equations. Study of dynamical systems. 2D and 3D graphics. Statistical applications: synthetic indicators (mean, median, mode, variance, skewness, kurtosis) of numerical data. Least squares method for linear fitting. Non-linear fit.
	1) R. Hazrat. Mathematica: a problem centered approach. Springer, 2015. 2) P. Zimmermann et al. Computational Mathematics with SageMath. Springer, 2018.
	Knowledge of the use of symbolic and numerical scientific computation tools. Implementation of software codes in Computer Algebra Systems.

	Differential and integral calculus of functions of real variables, linear algebra, programming.
	Theoretical lectures and exercitations with the aid of symbolic and numeric software tools (SageMath, Reduce and Mathematica).
	Oral exam that includes the discussion of a short essay on topics assigned by the teacher and questions on the topics developed in the course. The final evaluation will take into account the level of preparation achieved, the propriety and correctness of the language.
	Introduction to computer algebra. Computer algebra systems: SageMath and Reduce (open source) and Mathematica (commercial). Infinite precision arithmetic. Symbolic calculation. Numerical computation with arbitrary precision. Graphical representations. Variables and expressions. Assignments, comparison and logical operators. Manipulation of symbolic expressions. Derivation and integration. Solution of equations and inequalities. Lists and operations on lists. Sets and operations on sets. Sums and products. Programming: conditional and iterative control structures. Pattern replacement. Pattern matching. Definition of functions. Functions with multiple definitions. Functions with local variables. Functions with conditional expressions. Functions with default values. Recursive functions. Applications to number theory problems and cryptography. Applications to linear algebra problems: vectors, matrices, eigenvalues, eigenvectors, solutions of linear systems. Applications to differential and integral calculus. Symbolic or numerical resolution of differential equations. Study of dynamical systems. 2D and 3D graphics. Statistical applications: synthetic indicators (mean, median, mode, variance, skewness, kurtosis) of numerical data. Least squares method for linear fitting. Non-linear fit.

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------

Testi del Syllabus

Resp. Did.	BARBERA ELVIRA	Matricola: 010042
Docente	BARBERA ELVIRA, 6 CFU	
Anno offerta:	2025/2026	
Insegnamento:	8200 - MODELLI IN FLUIDODINAMICA E TERMODINAMICA	
Corso di studio:	9223 - MATEMATICA	
Anno regolamento:	2024	
CFU:	6	
Anno corso:	2	
Periodo:	PRIMO SEMESTRE	



Testi in italiano

Lingua insegnamento

Italiano

Contenuti

Studio di problemi legati alla dinamica e alla termodinamica dei fluidi: introduzione delle variabili atte a descrivere tali processi, scrittura delle equazioni di campo anche in diverse geometrie, ipotesi matematiche e fisiche tipiche del fenomeno in considerazione, introduzione delle condizioni iniziali e/o al bordo, metodi di integrazione delle equazioni appropriate al processo.

Studio del moto laminare di un fluido attraverso un condotto. Moto di un fluido su un piano inclinato.

Problemi di fluidodinamica con basso numero di Reynolds. Studio di un fluido viscoso a distanza da un ostacolo (the laminar wake).

Esempi di soluzioni esatte per le equazioni del moto per un fluido viscoso con i termini non lineari. Moti oscillatori.

Studio della stabilità e determinazione del numero di Reynolds critico.

Flussi turbolenti. Equazioni di Navier-Stokes per flussi turbolenti. Metodi di integrazione mediante l'analisi di Fourier.

Analisi e determinazione degli strati limite.

Problemi di conduzione del calore stazionario. Studio della conduzione del calore in domini limitati. Studio di problemi di conduzione in domini semi-limitati e illimitati. Cenni sull'analisi di soluzioni mediante la trasformata di Laplace e l'analisi di Fourier. Problemi di conduzione del calore non stazionaria. Problema della conduzione del calore in sistemi di riferimento non inerziali.

Problemi di convezione. Instabilità di Rayleigh-Bénard per un fluido incomprimibile.

Problemi di conduzione del calore e diffusione nelle miscele. Studio del fenomeno di Dufur e Soret. Studio analitico della termo-diffusione e della separazione delle componenti nelle centrifughe.

Testi di riferimento

De Groot, S.R., Mazur, P.: Non-equilibrium Thermodynamics, North-Holland Publishing Company, Amsterdam (1962).

Müller, I, Müller, W.H.: Fundamentals of Thermodynamics and Applications, Springer 2009.

L.D. Landau, E.M. Lifshitz Fluid Mechanics, Pergamon Press (1987)

Obiettivi formativi	Conoscenza dei concetti e delle tecniche avanzate per lo studio della dinamica e termodinamica dei fluidi.
Prerequisiti	Calcolo differenziale e integrale, algebra lineare, meccanica razionale e dei continui.
Metodi didattici	Lezioni ed esercitazioni classiche. Si prevede anche l'uso di programmi per illustrare i risultati ottenuti,
Modalità di verifica dell'apprendimento	L'esame consiste in una prova orale sugli argomenti trattati a lezione. Durante il corso verrà proposta una prova in itinere (facoltativa) che consiste nell'approfondimento di una parte del programma e la relativa presentazione. La prova in itinere verrà valutata in trentesimi. Il superamento della prova in itinere permetterà l'esonero nella prova orale dell'argomento trattato. Il voto finale sarà data dalla media tra la valutazione della prova in itinere e la valutazione della prova orale finale.
Programma esteso	Studio di problemi legati alla dinamica e alla termodinamica dei fluidi: introduzione delle variabili atte a descrivere tali processi, scrittura delle equazioni di campo anche in diverse geometrie, ipotesi matematiche e fisiche tipiche del fenomeno in considerazione, introduzione delle condizioni iniziali e/o al bordo, metodi di integrazione delle equazioni appropriate al processo. Studio del moto laminare di un fluido attraverso un condotto: Problemi di Couette, Poiseuille, Taylor-Couette per fluidi comprimibili e incompressibili e per diversi tipi di miscele. Casi di simmetria piana o condotti a sezione circolare, ellittica, triangolare o a sezione variabile. Moto di un fluido su un piano inclinato soggetto alla forza di gravità. Variazione della pressione in un fluido perfetto isotermico in un tubo a sezione circolare. Moto di un fluido tra due cilindri non coassiali in quiete e tra due cilindri coassiali che ruotano attorno all'asse comune con diversa velocità angolare. Adimensionalizzazione e introduzione di vari parametri adimensionali come i numeri di Reynolds, Froude e Knudsen. Problemi di fluidodinamica con basso numero di Reynolds e caso particolare di un fluido tra due sfere che ruotano attorno a due diversi diametri. Studio di un fluido viscoso a distanza da un ostacolo (the laminar wake). Esempi di soluzioni esatte per le equazioni del moto per un fluido viscoso con i termini non lineari: moto generato da un disco in rotazione in un fluido, flusso nella regione delimitata tra due piani non paralleli. Moti oscillatori, esempio di una sfera che oscilla all'interno di un fluido viscoso. Studio della stabilità e determinazione del numero di Reynolds critico. Caso piano, caso di un fluido tra due cilindri in rotazione, comparsa dei vortici di Taylor. Stabilità del flusso attraverso un condotto. Flussi turbolenti. Equazioni di Navier-Stokes per flussi turbolenti. Metodi di integrazione mediante l'analisi di Fourier. Flusso turbolento creato da un ostacolo in un fluido. Analisi e determinazione degli strati limite. Problemi di conduzione del calore stazionario. Studio della conduzione del calore in domini limitati, caso particolare di un dominio rettangolare e casi più generali di domini a simmetria radiale bi- e tri-dimensionali. Determinazioni di soluzioni analitiche in determinate condizioni e per particolari condizioni al bordo. Studio di problemi di conduzione in domini semi-limitati e illimitati. Cenni sull'analisi di soluzioni mediante la trasformata di Laplace e l'analisi di Fourier. Problemi di conduzione del calore non stazionaria e cenni di soluzioni analitiche ottenute mediante la trasformata di Fourier. Problema della conduzione del calore in sistemi di riferimento non inerziali, caso particolare di un gas conduttore di calore in un sistema in rotazione uniforme. Studio degli effetti legati ai termini non inerziali. Problemi di convezione con particolare attenzione al caso dell'instabilità di Rayleigh-Bénard per un fluido incompressibile: studio dell'insorgenza

dell'instabilità, numero di Rayleigh, stati metastabili e celle di Bénard. Cenni sullo studio dell'instabilità di Rayleigh-Bénard in fluidi comprimibili. Problemi di conduzione del calore e diffusione nelle miscele. Studio del fenomeno di Dufur e Soret. Caso particolare di miscele di gas ideali, studio analitico della termo-diffusione e della separazione delle componenti nelle centrifughe.

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
	Testi in inglese
	Italian
	Study of problems related to dynamics and thermodynamics of fluids: introduction of variables suitable for describing these processes, field equations also in different geometries, mathematical and physical hypotheses typical of the phenomenon under consideration, introduction of initial and/or boundary conditions, methods for integration of the field equations appropriate to the process. Study of the laminar motion of a fluid through a pipe. Motion of a fluid on an inclined plane. Fluid-dynamic problems with low Reynolds number. Study of a viscous fluid at a distance from an obstacle (the laminar wake). Examples of exact solutions to the equations of motion for a viscous fluid with nonlinear terms. Oscillatory motions. Stability study and determination of the critical Reynolds number. Turbulent flows. Navier-Stokes equations for turbulent flows. Methods of integration using Fourier analysis. Turbulent flow created by an obstacle in a fluid. Analysis and determination of boundary layers. Stationary heat conduction problems: Study of heat conduction in limited domains. Study of heat-conduction problems in semi-bounded and unbounded domains. Hints on the analysis of solutions using the Laplace transform and Fourier analysis. Non-stationary heat conduction and hints of analytical solutions obtained by means of the Fourier transform. Heat conduction in non-inertial reference systems. Convection problems. Rayleigh-Bénard instability for an incompressible fluid. Heat conduction and diffusion problems in mixtures. Study of the Dufur and Soret phenomenon. Particular case of ideal gas mixtures, analytical study of thermo-diffusion and separation of centrifuge components. De Groot, S.R., Mazur, P.: Non-equilibrium Thermodynamics, North-Holland Publishing Company, Amsterdam (1962). Müller, I, Müller, W.H.: Fundamentals of Thermodynamics and Applications, Springer 2009. L.D. Landau, E.M. Lifshitz Fluid Mechanics, Pergamon Press (1987).
	Knowledge of advanced concepts and techniques for studying the mechanics and the thermodynamics of fluids.
	Differential and integral calculus, linear algebra, rational and continuum mechanics.

	Classical lessons and exercises. Some programs to illustrate the theory will be also used.
	The exam consists of an oral part. During the course, ongoing tests will be proposed on the various topics. Passing the ongoing tests will allow exemption from parts of the oral test.
	Study of problems related to dynamics and thermodynamics of fluids: introduction of variables suitable for describing these processes, field equations also in different geometries, mathematical and physical hypotheses typical of the phenomenon under consideration, introduction of initial and/or boundary conditions, methods for integration of the field equations appropriate to the process. Study of the laminar motion of a fluid through a pipe: Couette, Poiseuille, Taylor-Couette problems for compressible and incompressible fluids and for different types of mixtures. Cases of plane symmetry or ducts with circular, elliptical, triangular and variable sections. Motion of a fluid on an inclined plane subject to the force of gravity. Pressure variation in a perfect isothermal fluid in a circular section pipe. Motion of a fluid between two non-coaxial cylinders at rest and between two coaxial cylinders rotating around the common axis with different angular speeds. Dimensionless fields and equations and introduction of various dimensionless parameters such as the Reynolds, Froude and Knudsen number. Fluidodynamic problems with low Reynolds number and particular case of a fluid between two spheres rotating around two different diameters. Study of a viscous fluid at a distance from an obstacle (the laminar wake). Examples of exact solutions to the equations of motion for a viscous fluid with nonlinear terms: motion generated by a rotating disk in a fluid, flow in the region bounded by two planes forming an acute angle. Oscillatory motions, example of a sphere that oscillates inside a viscous fluid. Stability study and determination of the critical Reynolds number. Plane case, case of a fluid between two rotating cylinders, appearance of Taylor vortices. Stability of a flow through a conduit. Turbulent flows. Navier-Stokes equations for turbulent flows. Methods of integration using Fourier analysis. Turbulent flow created by an obstacle in a fluid. Analysis and determination of boundary layers. Stationary heat conduction problems: Study of heat conduction in limited domains, the particular case of a rectangular domain and more general cases of two- and three-dimensional radial symmetry domains. Determinations of analytical solutions under certain conditions and for particular boundary conditions. Study of heat-conduction problems in semi-bounded and unbounded domains. Hints on the analysis of solutions using the Laplace transform and Fourier analysis. Non-stationary heat conduction and hints of analytical solutions obtained by means of the Fourier transform. Heat conduction in non-inertial reference systems particular case of a heat conducting gas in a uniformly rotating system. Study of the effects related to non-inertial terms. Convection problems with particular attention to the case of Rayleigh-Bénard instability for an incompressible fluid: study of the onset of instability, Rayleigh number, metastable states and Bénard cells. Outline on the study of Rayleigh-Bénard instability in compressible fluids. Heat conduction and diffusion problems in mixtures. Study of the Dufur and Soret phenomenon. Particular case of ideal gas mixtures, analytical study of thermo-diffusion and separation of centrifuge components.

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------

Testi del Syllabus

Resp. Did.	ROGOLINO PATRIZIA	Matricola: 019724
Docente	ROGOLINO PATRIZIA, 6 CFU	
Anno offerta:	2025/2026	
Insegnamento:	4009 - MODELLI MATEMATICI PER SISTEMI BIOLOGICI	
Corso di studio:	9223 - MATEMATICA	
Anno regolamento:	2024	
CFU:	6	
Anno corso:	2	
Periodo:	PRIMO SEMESTRE	



Testi in italiano

Lingua insegnamento	ITALIANO
Contenuti	MODELLI PER UNA SINGOLA SPECIE. Modelli di popolazione continua. Crescita esponenziale Modello logistico. Effetto Allee. Equazione logistica in epidemiologia. Modelli di popolazione con prelievo (harvesting). Modelli di popolazione discreti. Modelli lineari. Analisi dell'equilibrio. Modelli continui e discreti con ritardo. MODELLI CONTINUI PER POPOLAZIONI INTERAGENTI. Equazione di Lotka-Volterra. Equilibri e linearizzazione. Comportamento qualitativo delle soluzioni nei sistemi lineari. Soluzioni periodiche e cicli limite. Modelli continui per due popolazioni interagenti. Specie in competizione. Sistemi preda-predatore. Modelli di Kolmogorov. Mutualismo. Interazione tra specie. Specie invadenti e coesistenza. Modelli per due specie con prelievo. Modelli di ecosistemi chiusi. MODELLI DI POPOLAZIONI CON STRUTTURA. Modelli discreti lineari. Modelli continui lineari. Modelli di popolazioni strutturate per età. MODELLI DI TRASMISSIONE DELLE MALATTIE. Modello delle epidemie. Modelli più complicati delle epidemie (modelli con trattamento, modello dell'influenza, modello con isolamento e quarantena). Modelli per malattie endemiche. Un modello per malattie senza immunità (SI). Modello con immunità temporanea (SI(R)). AIDS: Modello di trasmissione del virus HIV. Modello con ritardo per l'infezione HIV con terapia farmacologica. Introduzione ai modelli di reazione-diffusione
Testi di riferimento	Murray, Mathematical Biology, Springer 2002. Gaeta, Modelli Matematici in Biologia, Springer 2007. G.Fred Brauer Carlos Castillo-Chavez. Mathematical models in population biology and epidemiology. Second Edition. Springer (2012).
Obiettivi formativi	Comprensione dei principali strumenti matematici, locali e globali, analitici e geometrici, necessari allo studio dei modelli meccanici e biologici descritti da equazioni e sistemi differenziali ordinari. Studio dei principali modelli di evoluzione di una o più popolazioni interagenti, sia nell'ambito discreto che nel continuo. Modellizzazione di fenomeni fisici, biologici e medici.
Prerequisiti	Algebra lineare, calcolo differenziale e integrale, metodi di risoluzione di equazioni differenziali ordinarie a coefficienti costanti.

Metodi didattici	Lezioni frontali, esercitazioni in aula. Lo svolgimento di un cospicuo numero di esercizi guidati sugli argomenti trattati ha lo scopo di insegnare un approccio generale di risoluzione dei problemi e di portare lo studente ad uno studio autonomo di alcuni modelli matematici e delle metodologie di base che trovano applicazioni nelle discipline biologiche.
Modalità di verifica dell'apprendimento	La verifica della preparazione degli studenti consiste in un esame finale orale durante il quale lo studente dovrà dimostrare la conoscenza approfondita e la comprensione degli argomenti trattati, la capacità di applicare i concetti matematici di derivata e integrale al problema della modellizzazione e l'utilizzo del linguaggio scientifico rigoroso nell'esposizione. La verifica, inoltre, prevede l'analisi di un modello matematico in ambito epidemiologico, proposto dallo studente e non trattato durante le lezioni. In particolare, durante la discussione del modello, verrà valutata la capacità di interpretare le equazioni che costituiscono i modelli e di descrivere il comportamento del fenomeno biologico rappresentato.
Programma esteso	MODELLI PER UNA SINGOLA SPECIE. Modelli di popolazione continua. Crescita esponenziale Modello logistico. Effetto Allee. Equazione logistica in epidemiologia. Modelli di popolazione con prelievo (harvesting). Modelli di popolazione discreti. Modelli lineari. Analisi dell'equilibrio. Modelli continui e discreti con ritardo. MODELLI CONTINUI PER POPOLAZIONI INTERAGENTI. Equazione di Lotka-Volterra. Equilibri e linearizzazione. Comportamento qualitativo delle soluzioni nei sistemi lineari. Soluzioni periodiche e cicli limite. Modelli continui per due popolazioni interagenti. Specie in competizione. Sistemi preda-predatore. Modelli di Kolmogorov. Mutualismo. Interazione tra specie. Specie invadenti e coesistenza. Modelli per due specie con prelievo. Modelli di ecosistemi chiusi. MODELLI DI POPOLAZIONI CON STRUTTURA. Modelli discreti lineari. Modelli continui lineari. Modelli di popolazioni strutturate per età. MODELLI DI TRASMISSIONE DELLE MALATTIE. Modello delle epidemie. Modelli più complicati delle epidemie (modelli con trattamento, modello dell'influenza, modello con isolamento e quarantena). Modelli per malattie endemiche. Un modello per malattie senza immunità (SI). Modello con immunità temporanea (SI(R)). AIDS: Modello di trasmissione del virus HIV. Modello con ritardo per l'infezione HIV con terapia

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------



Testi in inglese

	Italian
	MODELS FOR A SINGLE SPECIES. Continuous population patterns. Exponential growth Logistic model. Allee effect. Logistic equation in epidemiology. Population models with collection (harvesting). Discrete population models. Linear models. Balance analysis. Continuous and discrete models with delay. CONTINUOUS MODELS FOR INTERACTIVE POPULATIONS. Lotka-Volterra equation. Equilibrium and linearization. Qualitative behavior of solutions in linear systems. Periodic solutions and limit cycles. Continuous models for two interacting populations. Species in competition. Prey-predator systems. Kolmogorov models. Mutualismo. Interaction between species. Invasive species and coexistence. Models for two species with withdrawal. Models of closed ecosystems. MODELS OF POPULATIONS WITH STRUCTURE. Discrete linear models. Linear continuous models. Patterns of populations structured by age. MODELS OF TRANSMISSION OF DISEASES. Model of epidemics. More complicated patterns of epidemics (treatment models, influenza model, isolation and quarantine model). Models for endemic diseases. A model for diseases

without immunity (SI). Model with temporary immunity (SI (R)). AIDS: Model of transmission of HIV. Model with delay for HIV infection with drug therapy. Introduction to the reaction-diffusion models

Murray, Mathematical Biology, Springer 2002.
Gaeta, Modelli Matematici in Biologia, Springer 2007.
G.Fred Brauer Carlos Castillo-Chavez. Mathematical models in population biology and epidemiology. Second Edition. Springer (2012).

Understanding of mathematical tools, local and global, analytical and geometric necessary for the study of the mechanical and biological models described by ordinary differential equations. Study of the main dynamic models of one or more interacting populations, both discrete and continuous. Ability to mathematical modeling of simple phenomena.

Linear algebra, differential and integral calculus, solution methods for linear ordinary differential equations with constant coefficients.

Lectures, classroom exercises.
The purpose of conducting a large number of exercises on the topics covered is to teach a general approach to problem solving and to lead the student to an autonomous study of some mathematical models and basic methodologies that find applications in biological disciplines.

The verification of the students' preparation consists of an oral final exam during which the student will have to demonstrate the in-depth knowledge and understanding of the topics covered, the ability to apply mathematical concepts of derivative and integral to the problem of modelling and the use of rigorous scientific language in the exposition. The test also involves the analysis of a mathematical model, in the epidemiological field, proposed by the student and not treated during the lessons. In particular, during the model discussion, the ability to interpret the equations that make up the models and to describe the behavior of the biological phenomenon represented will be evaluated.

MODELS FOR A SINGLE SPECIES. Continuous population patterns. Exponential growth Logistic model. Allee effect. Logistic equation in epidemiology. Population models with collection (harvesting). Discrete population models. Linear models. Balance analysis. Continuous and discrete models with delay. CONTINUOUS MODELS FOR INTERACTIVE POPULATIONS. Lotka-Volterra equation. Equilibrium and linearization. Qualitative behavior of solutions in linear systems. Periodic solutions and limit cycles. Continuous models for two interacting populations. Species in competition. Prey-predator systems. Kolmogorov models. Mutualismo. Interaction between species. Invasive species and coexistence. Models for two species with withdrawal. Models of closed ecosystems. MODELS OF POPULATIONS WITH STRUCTURE. Discrete linear models. Linear continuous models. Patterns of populations structured by age. MODELS OF TRANSMISSION OF DISEASES. Model of epidemics. More complicated patterns of epidemics (treatment models, influenza model, isolation and quarantine model). Models for endemic diseases. A model for diseases without immunity (SI). Model with temporary immunity (SI (R)). AIDS: Model of transmission of HIV. Model with delay for HIV infection with drug therapy.

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------

Testi del Syllabus

Resp. Did.	BARBERA ELVIRA	Matricola: 010042
Docente	BARBERA ELVIRA, 6 CFU	
Anno offerta:	2025/2026	
Insegnamento:	A002713 - TEORIE TERMODINAMICHE	
Corso di studio:	9223 - MATEMATICA	
Anno regolamento:	2024	
CFU:	6	
Anno corso:	2	
Periodo:	SECONDO SEMESTRE	



Testi in italiano

Lingua insegnamento	ITALIANO
Contenuti	Formulazione di campo della Termodinamica classica dei mezzi continui. Processi termodinamici. Principio di indifferenza materiale. Teorema di rappresentazione delle funzioni isotrope. Principio dell'entropia. Moltiplicatori di Lagrange. Equazione di Gibbs. Potenziali termodinamici. Stabilità termodinamica e sue conseguenze. Casi particolare delle equazioni di Navier-Stokes-Fourier, dei fluidi di Rivlin-Ericksen, solidi termo-elastici e visco-elastici e dei fluidi in un campo elettromagnetico. Termodinamica dei processi irreversibili (TIP). Disuguaglianza di Clausius-Duhem. Flussi e affinità termodinamiche. Relazioni di Onsager. Derivazione delle leggi di Navier-Stokes e Fourier. Esempi di un corpo termoelastico o di miscele reagenti e non reagenti. Fluidi non newtoniani di primo e secondo grado. Cenni di teoria cinetica dei gas e dell'Equazione di Boltzmann. Grandezze termodinamiche e momenti della densità di fase. Determinazione delle equazioni di conservazione, delle leggi di Navier-Stokes e Fourier e dell'equazione dell'entropia per i gas. Teoria di Grad. Studio dei gas ideali, gas di Fermi e gas di Bose. Introduzione alle varie teorie termodinamiche esistenti in letteratura come la Termodinamica Irreversibile Estesa, Termodinamica Razionale Estesa, Termodinamica delle variabili interne e confronto tra esse.
Testi di riferimento	I. Müller: Thermodynamics. Pitman, London, New York (1985) S. R. De Groot, P. Mazur, Non-equilibrium thermodynamics (North-Holland Publishing Company, Amsterdam and Interscience Publishers Inc., New York 1962). G. A. Kluitenberg, Plasticity and Non-Equilibrium Thermodynamics (CISM Lecture Notes, Springer-Verlag, Wien, New York, 1984). Müller, Ruggeri: Rational Extended Thermodynamics, Springer-Verlag, Wien, New York, 1998. 2. D. Jou, J. Casas-Vazquez and G. Lebon, Extended Irreversible Thermodynamics (Springer, Berlin, fourth edition, 2010).
Obiettivi formativi	Conoscenza delle leggi fondamentali della Termodinamica e del loro utilizzo per la determinazione delle relazioni costitutive. Acquisizione di elementi di teoria cinetica e di concetti base di alcune teorie termodinamiche del non-equilibrio.

Prerequisiti	Conoscenza dei concetti base di Meccanica razionale e Meccanica dei continui.
Metodi didattici	Lezioni classiche alla lavagna.
Modalità di verifica dell'apprendimento	L'esame consiste in una prova orale sugli argomenti trattati a lezione. Durante il corso verrà proposta una prova in itinere (facoltativa) che consiste nell'approfondimento di una parte del programma e la relativa presentazione. La prova in itinere verrà valutata in trentesimi. Il superamento della prova in itinere permetterà l'esonero nella prova orale dell'argomento trattato. Il voto finale sarà data dalla media tra la valutazione della prova in itinere e la valutazione della prova orale finale.

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------



Testi in inglese

	Italian
	Classical thermodynamics of continuous media. Thermodynamic processes. Principle of material indifference. Representation theorem of isotropic functions. Entropy principle. Lagrange multipliers. Gibbs equation. Thermodynamic potentials. Thermodynamic stability and its consequences. Particular cases of the Navier-Stokes-Fourier equations, Rivlin-Ericksen fluids, thermo-elastic and visco-elastic solids and fluids in an electromagnetic field. Thermodynamics of irreversible processes (TIP). Clausius-Duhem inequality. Thermodynamic flows and affinities. Onsager reports. Derivation of the Navier-Stokes and Fourier laws. Examples of a thermoelastic body or of reacting and non-reacting mixtures. First and second degree non-Newtonian fluids. Outlines of the kinetic theory of gases and the Boltzmann equation. Thermodynamic quantities and moments of phase density. Determination of the conservation equations, the Navier-Stokes and Fourier laws and the entropy equation for gases. Grad theory. Study of ideal gases, Fermi gases and Bose gases. Introduction to the various thermodynamic theories such as Extended Irreversible Thermodynamics, Extended Rational Thermodynamics, Thermodynamics of internal variables and comparison between them.
	I. Müller: Thermodynamics. Pitman, London, New York (1985) S. R. De Groot, P. Mazur, Non-equilibrium thermodynamics (North-Holland Publishing Company, Amsterdam and Interscience Publishers Inc., New York 1962). G. A. Kluitenberg, Plasticity and Non-Equilibrium Thermodynamics (CISM Lecture Notes, Springer-Verlag, Wien, New York, 1984). Müller, Ruggeri: Rational Extended Thermodynamics, Springer-Verlag, Wien, New York, 1998. 2. D. Jou, J. Casas-Vazquez and G. Lebon, Extended Irreversible Thermodynamics (Springer, Berlin, fourth edition, 2010).

	Knowledge of the fundamental laws of thermodynamics and their use for the determination of constitutive relations. Acquiring elements of kinetic theory and basic concepts of some non-equilibrium thermodynamic theories.
	Basic concepts of rational mechanics and continuum mechanics.
	Classical lessons.
	The exam consists of an oral part. During the course, ongoing tests will be proposed on the various topics. Passing the ongoing tests will allow exemption from parts of the oral test.

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------

Testi del Syllabus

Resp. Did.	GORGONE MATTEO	Matricola: 124403
Docente	GORGONE MATTEO, 6 CFU	
Anno offerta:	2025/2026	
Insegnamento:	A001847 - MATHEMATICAL METHODS AND MODELS FOR DATA SCIENCE	
Corso di studio:	9223 - MATEMATICA	
Anno regolamento:	2024	
CFU:	6	
Anno corso:	2	
Periodo:	PRIMO SEMESTRE	



Testi in italiano

Lingua insegnamento	Lingua Inglese
Contenuti	Modellistica matematica: classificazione dei modelli matematici, fasi della modellistica matematica, implementazione di un modello dai dati, validazione del modello, stima dei parametri. Fitting lineare e non lineare: metodo dei minimi quadrati, regressione lineare semplice, regressione lineare multipla, regressione polinomiale, regressione non lineare, linearizzazione di modelli non lineari, tecniche di validazione del modello, metodi di convalida incrociata esaustivi e non esaustivi. Analisi delle Componenti Principali: dati matriciali, analisi della varianza tramite le Componenti Principali, proiezioni di dati mediante cambiamento di base, decomposizione ai valori singolari di matrici per descrivere la varianza di insiemi di dati. Analisi di cluster: classificazione e tecniche di clustering, clustering gerarchico e partizionale, rappresentazione grafica del clustering gerarchico, dissimilarità tra cluster e criteri di collegamento, clustering density-based, clustering partizionale per dati numerici e/o categorici, clustering esclusivo e non-esclusivo, metodi di stima del clustering. Ottimizzazione: ottimizzazione non vincolata, condizioni di ottimalità del primo e del secondo ordine, insiemi convessi, funzioni convesse e concave, funzioni strettamente convesse e strettamente convesse con parametro m , condizioni di convessità del primo e del secondo ordine, condizioni del primo e del secondo ordine per la stretta convessità e per la stretta convessità con parametro m , metodi di discesa, tassi di convergenza e complessità computazionale, metodo di discesa del gradiente, ottimizzazione vincolata, problemi di ottimizzazione vincolata convessa non lineare, metodo del gradiente condizionato, metodi del gradiente accelerato, metodi del secondo ordine, metodo di Newton, varianti del metodo di Newton.
Testi di riferimento	1) Jeff M. Phillips. Mathematical foundations for data analysis, 2019. Disponibile online all'url http://www.cs.utah.edu/~jeffp/M4D/M4D.html 2) Gilbert Strang. Introduction to Linear algebra. Wellesley-Cambridge Press, 2016. 3) S. Boyd and L. Vandenberghe. Convex optimization. Cambridge University Press, 2003. 4) J. Nocedal and S. J. Wright. Numerical Optimization, Second Edition. Springer, New York, 2006.

Obiettivi formativi	Gli obiettivi del corso riguardano l'ottimizzazione delle tecniche e dei metodi dell'analisi dei dati con riferimento alle funzioni obiettivo, le variabili decisionali e i vincoli sia lineari che non lineari dei problemi. Argomenti del corso includono la programmazione lineare (intera e non), la programmazione non lineare, il metodo del gradiente, il problema del clustering e i problemi di classificazione.
Prerequisiti	Algebra lineare, Calcolo differenziale e integrale, Statistica.
Metodi didattici	Durante il corso saranno privilegiate lezioni frontali con modalità didattiche attive. Il corso utilizza una varietà di metodologie di apprendimento, tra cui analisi di casi di studio reali ed esercitazioni in classe. Tutte le attività sono svolte con supporto di slide delle lezioni. e l'ausilio di software scientifico.
Altre informazioni	
Modalità di verifica dell'apprendimento	L'esame finale consiste in una prova orale volta a verificare il grado di raggiungimento degli obiettivi formativi in termini di livello di conoscenza degli argomenti teorici e capacità di impostare e risolvere problemi. Nello specifico, lo studente deve rispondere ad una serie di domande (da 3 a 6) sugli argomenti del corso e su come tali argomenti possono essere applicati in problemi pratici.
Programma esteso	Modellistica matematica: classificazione dei modelli matematici, fasi della modellistica matematica, implementazione di un modello dai dati, validazione del modello, stima dei parametri. Fitting lineare e non lineare: analisi di regressione lineare, metodo dei minimi quadrati, regressione lineare semplice, analisi della varianza, fitting di dati con un modello lineare, regressione lineare multipla, regressione polinomiale, analisi di regressione non lineare, fitting di dati con un modello non lineare, linearizzazione di modelli non lineari, tecniche di validazione del modello, insieme di stima e insieme di verifica, metodi di convalida incrociata esaustivi e non esaustivi, applicazioni di regressione lineare e non lineare a insiemi di dati. Analisi delle Componenti Principali: dati matriciali, analisi della varianza tramite le Componenti Principali, proiezioni di dati mediante cambiamento di base, decomposizione ai valori singolari di matrici per descrivere la varianza di insiemi di dati, applicazioni a insiemi di dati dell'algoritmo per l'Analisi delle Componenti Principali. Analisi di cluster: classificazione e tecniche di clustering, metodi bottom-up e top-down, clustering gerarchico e partizionale, clustering gerarchico agglomerativo e divisivo, rappresentazione grafica del clustering gerarchico, dissimilarità tra cluster e criteri di collegamento, algoritmi di clustering gerarchico agglomerativo, clustering density-based, clustering basato sui centroidi, clustering partizionale per dati numerici, clustering k-means, algoritmo di Lloyd e varianti, forma matriciale del clustering k-means, analisi della convergenza del clustering k-means, clustering k-means++, clustering k-medians, medoidi e clustering k-medoids, applicazioni del metodo dei medoidi al clustering gerarchico agglomerativo, clustering partizionale per dati categorici, misure di dissimilarità per dati categorici, clustering k-modes, clustering partizionale per dati numerici e categorici, clustering k-prototypes, clustering esclusivo e non-esclusivo, clustering fuzzy C-means, metodi di stima del clustering. Ottimizzazione: regola della catena, teorema del valore medio, teorema di Taylor, ottimizzazione non vincolata, ottimi locali e globali, condizioni di ottimalità del primo e del secondo ordine, insiemi convessi, funzioni convesse e concave, epigrafico di una funzione convessa, funzioni strettamente convesse, funzioni strettamente convesse con parametro m, condizioni di convessità del primo e del secondo ordine, minimizzazione globale di funzioni convesse, condizioni del primo e del

secondo ordine per la stretta convessità e per la stretta convessità con parametro m , minimizzazione globale di funzioni strettamente convesse e strettamente convesse con parametro m , metodi di discesa, metodi di ricerca per linea esatti ed inesatti, tassi di convergenza e complessità computazionale, analisi della convergenza dei metodi di discesa, metodo di discesa del gradiente, analisi della convergenza del metodo di discesa del gradiente, ottimizzazione vincolata, problemi di ottimizzazione vincolata convessa non lineare, metodo del gradiente condizionato, analisi della convergenza del metodo del gradiente condizionato, metodi del gradiente accelerato, metodo Heavy-Ball, metodo lineare di direzione coniugata, metodo lineare del gradiente coniugato, metodo del gradiente coniugato preconditionato, metodo non lineare del gradiente coniugato, metodo di Fletcher-Reeves, metodo di Polak-Ribière, varianti del metodo non lineare del gradiente coniugato, metodo del gradiente accelerato di Nesterov, metodi del secondo ordine, metodo di Newton, convergenza locale e globale del metodo di Newton, varianti del metodo di Newton con modifica della matrice Hessiana, mediante decomposizione ai valori singolari, aggiunta di un multiplo dell'identità e utilizzando una fattorizzazione di Cholesky modificata.

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------



Testi in inglese

	English language
	Mathematical modelling: classification of mathematical models, steps of mathematical modelling, construction of a model from data, model evaluation, tuning and parameter estimate. Linear and nonlinear fitting: least square method, simple linear regression, multiple linear regression, polynomial regression, nonlinear regression, linearization of nonlinear models, model validation techniques, exhaustive and non-exhaustive cross-validation methods. Principal Component Analysis: matrix data, analysis of variance by means of Principal Components, projections of data by means of change of basis, singular value decomposition to describe the variance of a dataset. Cluster analysis: clustering classification and techniques, hierarchical and partitioning clustering, graphical representation of hierarchical clustering, cluster dissimilarity and linkage criteria, density-based clustering, partitioning clustering for numerical and/or categorical data, hard and soft clustering, clustering evaluation methods. Optimization: unconstrained optimization, first and second order optimality conditions, convex sets, convex and concave functions, strictly convex and m-strongly convex functions, first and second order convexity conditions, first and second order conditions for strict and m-strong convexity, descent methods, convergence rates and computational complexity, gradient descent method, constrained optimization, convex constrained non-linear optimization problems, conditional gradient method, accelerated gradient methods, second order methods, Newton method, variants of Newton method. 1) Jeff M. Phillips. Mathematical foundations for data analysis, 2019. Available online at the url http://www.cs.utah.edu/~jeffp/M4D/M4D.html 2) Gilbert Strang. Introduction to Linear algebra. Wellesley-Cambridge Press, 2016. 3) S. Boyd and L. Vandenberghe. Convex optimization. Cambridge University Press, 2003. 4) J. Nocedal and S. J. Wright. Numerical Optimization, Second Edition. Springer, New York, 2006.

	The objectives of the course concern the optimization of techniques and methods of data analysis with reference to the objective functions, the decision variables and the linear and non-linear constraints of the problems. Course topics include linear programming (integer and non-integer), nonlinear programming, the gradient method, the clustering problem and classification problems.
	Linear algebra, Calculus, Statistics.
	During the course active teaching methods will be applied. The course uses a variety of learning methods including case studies analysis and in-class exercises. All activities are carried out with the support of lecture slides and by means of scientific software.
	The exam is oral and is devoted to verify the level of the achievement of the educational goals in terms of knowledge of the theoretical contents and ability to set and solve problems. Specifically, the student has to respond to a set of questions (from 3 to 6) on the topics of the course and how such topics can be applied in practical exercises.
	Mathematical modelling: classification of mathematical models, steps of mathematical modelling, construction of a model from data, model evaluation, tuning and parameter estimate. Linear and nonlinear fitting: linear regression analysis, least square method, simple linear regression, analysis of variance, fitting data with a linear model, multiple linear regression, polynomial regression, nonlinear regression analysis, fitting data with a nonlinear model, linearization of nonlinear models, model validation techniques, training set and testing set, exhaustive and non-exhaustive cross-validation methods, applications of linear and nonlinear regression to some datasets. Principal Component Analysis: matrix data, analysis of variance by means of Principal Components, projections of data by means of change of basis, singular value decomposition to describe the variance of a dataset, applications of the Principal Component Analysis algorithm to some datasets. Cluster analysis: clustering classification and techniques, bottom-up and top-down methods, hierarchical and partitioning clustering, agglomerative and divisive hierarchical clustering, graphical representation of hierarchical clustering, cluster dissimilarity and linkage criteria, agglomerative hierarchical clustering algorithms, density-based clustering, centroid-based clustering, partitioning clustering for numerical data, k-means clustering, Lloyd's algorithm and variants, k-means clustering matrix form, convergence analysis of k-means clustering, k-means++ clustering, k-medians clustering, medoids and k-medoids clustering, applications of medoids method to agglomerative hierarchical clustering, partitioning clustering for categorical data, dissimilarity measures for categorical data, k-modes clustering, partitioning clustering for numerical and categorical data, k-prototypes clustering, hard and soft clustering, fuzzy C-means clustering, clustering evaluation methods. Optimization: chain rule, mean value theorem, Taylor's Theorem, unconstrained optimization, local and global optima, first and second order optimality conditions, convex sets, convex and concave functions, epigraph of a convex function, strictly convex functions, m-strongly convex functions, first and second order convexity conditions, global minimization of convex functions, first and second order conditions for strict and m-strong convexity, global minimization of strictly and m-strongly convex functions, descent methods, exact and inexact line search strategies, convergence rates and computational complexity, convergence analysis of descent methods, gradient descent method, convergence analysis of gradient descent method, constrained

optimization, convex constrained non-linear optimization problems, conditional gradient method, convergence analysis of conditional gradient method, accelerated gradient methods, Heavy-Ball method, linear conjugate direction method, linear conjugate gradient method, preconditioned conjugate gradient method, non-linear conjugate gradient method, Fletcher-Reeves method, Polak-Ribière method, variants of non-linear conjugate gradient methods, Nesterov's accelerated gradient method, second order methods, Newton method, local and global convergence of Newton method, variants of Newton method with Hessian modification, by means of singular value decomposition, adding a multiple of the identity and using a modified Cholesky factorization.

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------

Testi del Syllabus

Resp. Did. **DESIDERIO LUCA** **Matricola: 135278**

Docente **DESIDERIO LUCA, 6 CFU**

Anno offerta: **2025/2026**

Insegnamento: **A002714 - METODI NUMERICI AVANZATI**

Corso di studio: **9223 - MATEMATICA**

Anno regolamento: **2024**

CFU: **6**

Anno corso: **2**

Periodo: **PRIMO SEMESTRE**



Testi in italiano

Lingua insegnamento Italiano

Contenuti

1. Richiami sulle equazioni alle derivate parziali. Definizioni ed esempi. Necessità della risoluzione numerica. Classificazione delle equazioni alle derivate parziali.
2. Equazioni di tipo ellittico. Un esempio di problema ellittico: l'equazione di Poisson. Il problema di Poisson nel caso monodimensionale. Il problema di Poisson nel caso bidimensionale. Problemi ellittici più generali.
3. Il metodo di Galerkin-elementi finiti per problemi ellittici. Approssimazione con il metodo di Galerkin. Analisi del metodo di Galerkin (Esistenza e unicità, Stabilità e Convergenza). Il metodo degli elementi finiti nel caso monodimensionale. Il metodo degli elementi finiti nel caso multidimensionale.
4. I metodi spettrali. Il metodo di Galerkin spettrale per problemi ellittici. Polinomi ortogonali e integrazione numerica gaussiana. Metodi G-NI in una dimensione. Generalizzazione al caso bidimensionale. Metodo G-NI e MES-NI per un problema modello monodimensionale
5. Equazioni di diffusione-trasporto-reazione. Formulazione debole del problema. Analisi di un problema di diffusione-trasporto monodimensionale. Analisi di un problema di diffusione-reazione monodimensionale. Relazioni tra elementi finiti e differenze finite. La tecnica del mass-lumping. Schemi decentrati e diffusione artificiale. Metodi di stabilizzazione
6. Equazioni paraboliche. Formulazione debole e sua approssimazione. Stime a priori. Analisi di convergenza del problema semi-discreto. Analisi di stabilità del θ -metodo. Analisi di convergenza del θ -metodo. Il caso dell'approssimazione spettrale G-NI

Testi di riferimento

- D. Boffi, F. Brezzi, M. Fortin, "Mixed Finite Elements and Applications", Springer Series in Computational Mathematics
- S. Brenner, R. Scott, "The Mathematical Theory of Finite Element Methods", Texts in Applied Mathematics, Springer
- A. Quarteroni, "Modellistica Numerica per Problemi Differenziali", Springer-Verlag
- A. Ern, J.L. Guermond, "Theory and Practice of Finite Elements", Applied Mathematics Sciences Series, Springer

Obiettivi formativi	Conoscenza di metodi avanzati per l'approssimazione numerica di problemi matematici di interesse per le applicazioni e loro implementazione in ambiente di calcolo scientifico. Abilità nello sviluppare un'accurata analisi critica dei risultati.
Prerequisiti	Conoscenze di base di analisi numerica e dei metodi numerici per equazioni differenziali.
Metodi didattici	L'insegnamento prevede lezioni di tipo tradizionale, alla lavagna. Inoltre, nelle ore di laboratorio, verrà utilizzato il software MATLAB per l'implementazione dei metodi studiati.
Modalità di verifica dell'apprendimento	L'esame consiste di una prova orale, incentrata sugli argomenti trattati durante il corso. Essa ha il duplice scopo di verificare il livello di conoscenza e di comprensione dei contenuti del corso e di valutare l'autonomia di giudizio, la capacità di apprendimento, l'abilità comunicativa e proprietà di linguaggio scientifico. Alla prova orale verrà data una valutazione. Lo studente deve portare alla prova orale una tesina, che approfondisce uno degli argomenti trattati a lezione. L'argomento della tesina può essere scelto dallo studente ma dovrà essere preventivamente concordato col docente. La valutazione finale terrà conto della tesina e della prova orale in egual misura.
Programma esteso	1. Richiami sulle equazioni alle derivate parziali. Definizioni ed esempi. Necessità della risoluzione numerica. Classificazione delle equazioni alle derivate parziali. 2. Equazioni di tipo ellittico. Un esempio di problema ellittico: l'equazione di Poisson. Il problema di Poisson nel caso monodimensionale. Il problema di Poisson nel caso bidimensionale. Problemi ellittici più generali. 3. Il metodo di Galerkin-elementi finiti per problemi ellittici. Approssimazione con il metodo di Galerkin. Analisi del metodo di Galerkin (Esistenza e unicità, Stabilità e Convergenza). Il metodo degli elementi finiti nel caso monodimensionale. Il metodo degli elementi finiti nel caso multidimensionale. 4. I metodi spettrali. Il metodo di Galerkin spettrale per problemi ellittici. Polinomi ortogonali e integrazione numerica gaussiana. Metodi G-NI in una dimensione. Generalizzazione al caso bidimensionale. Metodo G-NI e MES-NI per un problema modello monodimensionale 5. Equazioni di diffusione-trasporto-reazione. Formulazione debole del problema. Analisi di un problema di diffusione-trasporto monodimensionale. Analisi di un problema di diffusione-reazione monodimensionale. Relazioni tra elementi finiti e differenze finite. La tecnica del mass-lumping. Schemi decentrati e diffusione artificiale. Metodi di stabilizzazione 6. Equazioni paraboliche. Formulazione debole e sua approssimazione. Stime a priori. Analisi di convergenza del problema semi-discreto. Analisi di stabilità del θ-metodo. Analisi di convergenza del θ-metodo. Il caso dell'approssimazione spettrale G-NI

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------



Testi in inglese

	Italian
	1. A brief survey of partial differential equations. Definitions and examples. Numerical solution. PDE Classification 2. Elliptic equations. An elliptic problem example: the Poisson equation. The Poisson problem in the one-dimensional case. The Poisson problem in

the two-dimensional case. More general elliptic problems.

3. The Galerkin finite element method for elliptic problems. Approximation via the Galerkin method. Analysis of the Galerkin method (Existence and uniqueness, Stability and Convergence). The finite element method in the one-dimensional case. The finite element method in the multi-dimensional case.
4. Spectral methods. The spectral Galerkin method for elliptic problems. Orthogonal polynomials and Gaussian numerical integration. G-NI methods in one dimension. Generalization to the two-dimensional case. G-NI and SEM-NI methods for a one-dimensional model problem.
5. Diffusion-transport-reaction equations. Weak problem formulation. Analysis of a one-dimensional diffusion-transport problem. Analysis of a one-dimensional diffusion-reaction problem. Finite elements and finite differences (FD). The mass-lumping technique. Decentred FD schemes and artificial diffusion. Stabilization methods
6. Parabolic equations. Weak formulation and its approximation. A priori estimates. Convergence analysis of the semi-discrete problem. Stability analysis of the θ -method. Convergence analysis of the θ -method. G-NI for parabolic equations.

D. Boffi, F. Brezzi, M. Fortin, "Mixed Finite Elements and Applications", Springer Series in Computational Mathematics
 S. Brenner, R. Scott, "The Mathematical Theory of Finite Element Methods", Texts in Applied Mathematics, Springer
 A. Quarteroni, "Numerical Models for Differential Problems", Springer-Verlag
 A. Ern, J.L. Guermond, "Theory and Practice of Finite Elements", Applied Mathematics Sciences Series, Springer

Knowledge of advanced methods for the numerical approximation of mathematical problems of interest and their implementation in scientific computing environment.
 Ability to develop an accurate critical analysis of the results.

Basic knowledge of numerical analysis and numerical methods for differential equations.

The course will be given by means of traditional lessons, using the blackboard. Furthermore, for the lab lessons the software MATLAB will be used to implement the studied methods.

The final examination consists of an oral test focused on the topics covered during the lectures. It has the dual purpose of verifying the level of knowledge and understanding of the course content and evaluating the student's autonomy of judgment, learning ability, communication skills, and command of scientific language. The oral test will be graded. Before the oral exam, the student has to develop a project, which delves into one of the topics covered in class. The topic of the project can be chosen by the student but must be previously agreed upon with the professor. The final evaluation will equally take into account both the project and the oral exam.

1. A brief survey of partial differential equations. Definitions and examples. Numerical solution. PDE Classification
2. Elliptic equations. An elliptic problem example: the Poisson equation. The Poisson problem in the one-dimensional case. The Poisson problem in the two-dimensional case. More general elliptic problems.
3. The Galerkin finite element method for elliptic problems. Approximation via the Galerkin method. Analysis of the Galerkin method (Existence and uniqueness, Stability and Convergence). The finite element method in the one-dimensional case. The finite element method in the multi-dimensional case.
4. Spectral methods. The spectral Galerkin method for elliptic problems. Orthogonal polynomials and Gaussian numerical integration. G-NI methods in one dimension. Generalization to the two-dimensional case. G-NI and SEM-NI methods for a one-dimensional model problem.
5. Diffusion-transport-reaction equations. Weak problem formulation. Analysis of a one-dimensional diffusion-transport problem. Analysis of a one-dimensional diffusion-reaction problem. Finite elements and finite

differences (FD). The mass-lumping technique. Decentred FD schemes and artificial diffusion. Stabilization methods
6. Parabolic equations. Weak formulation and its approximation. A priori estimates. Convergence analysis of the semi-discrete problem. Stability analysis of the θ -method. Convergence analysis of the θ -method. G-NI for parabolic equations.

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------