



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2020/2021

| METODI MATEMATICI     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anno immatricolazione | 2019/2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Anno offerta          | 2020/2021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Normativa             | DM270                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| SSD                   | MAT/05 (ANALISI MATEMATICA)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Dipartimento          | DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Corso di studio       | BIOINGEGNERIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Curriculum            | PERCORSO COMUNE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Anno di corso         | 2°                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Periodo didattico     | Primo Semestre (28/09/2020 - 22/01/2021)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Crediti               | 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Ore                   | 88 ore di attività frontale                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Lingua insegnamento   | Italiano                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Tipo esame            | SCRITTO E ORALE CONGIUNTI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Docente               | GUALANDI STEFANO (titolare) - 3 CFU<br>LISINI STEFANO - 6 CFU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Prerequisiti          | Calcolo differenziale e integrale per funzioni reali, successioni e serie numeriche, numeri complessi, coordinate polari, calcolo vettoriale e matriciale, principali operatori differenziali e relative proprietà.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Obiettivi formativi   | <p>Utilizzare con dimestichezza le principali funzioni di variabile complessa e conoscere le nozioni elementari della corrispondente teoria; comprendere il concetto di segnale, a tempo continuo e discreto, le operazioni e trasformazioni elementari, la convergenza di successioni e serie di segnali, la convoluzione; conoscere i risultati fondamentali riguardanti le serie di Fourier e le trasformate di Fourier, di Laplace e Zeta; svolgere calcoli elementari mediante tali trasformate e di applicarli a semplici problemi differenziali.</p> <p>Il secondo modulo (Trasformate discrete e ottimizzazione, 3CFU solo</p> |

per il corso di Laurea in Bioingegneria) fornisce le nozioni e i metodi basilari dell'ottimizzazione, sia libera che vincolata e le tecniche di analisi dei segnali discreti (DFT, FFT, convoluzione) con semplici applicazioni alle equazioni alle differenze e all'approssimazione numerica di filtri continui.

#### Programma e contenuti

Introduzione all'Analisi Complessa.

Richiami sui numeri complessi. Serie di potenze in campo complesso: raggio di convergenza e formule per la sua determinazione. Funzioni esponenziali e trigonometriche, radici e logaritmi. Derivate in senso complesso e funzioni olomorfe, olomorfismo delle serie di potenze. Integrali di linea in campo complesso. Teorema di Cauchy, analiticità delle funzioni olomorfe. Singolarità e sviluppi di Laurent, Teorema dei residui. Applicazioni al calcolo degli integrali, lemma di Jordan.

Il linguaggio dei segnali.

Segnali continui e discreti. Operazioni elementari sui segnali: somma e combinazione lineari di segnali, traslazioni e riscalamenti. Prodotti scalari e norme.

Trasformata Z

Definizione e principali proprietà, esempi di calcolo. Applicazioni a problemi alle differenze.

Serie di Fourier

Segnali periodici, polinomi trigonometrici, serie di Fourier, confronto tra forma trigonometrica ed esponenziale. Convergenza puntuale ed uniforme, applicazioni alla somma di serie numeriche, il fenomeno di Gibbs. Il problema della migliore approssimazione e della convergenza in energia. Uguaglianza di Parseval ed applicazione alla somma di serie numeriche. Applicazioni della serie di Fourier a semplici sistemi dinamici.

Trasformata di Fourier per funzioni integrabili

Definizione della trasformata di Fourier, proprietà fondamentali, legami con le serie di Fourier. Il lemma di Riemann-Lebesgue, esempi di calcolo

La trasformata dei segnali ad energia finita e l'identità di Plancherel. Il teorema di inversione.

Trasformata di Laplace

Definizione, principali proprietà, esempi di calcolo. Legami con la trasformata di Fourier. Inversione della trasformata di Laplace, formula di Heaviside.

Convoluzione. Definizione e principali proprietà, esempi di calcolo. Legami con le trasformate di Fourier e di Laplace. Applicazioni a problemi differenziali ed integrodifferenziali.

Solo per il Modulo di Ottimizzazione e trasformate discrete (3CFU):

Problemi di ottimizzazione nonlineare:

- metodo del gradiente e ricerche lineari
- metodi di Newton e quasi-Newton (BFGS, DFP)
- metodi di Trust Region

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        | <p>Trasformate discrete</p> <p>Discrete Fourier transform (DFT)</p> <p>Algoritmi di calcolo rapido (FFT)</p> <p>Convoluzione discreta</p> <p>Applicazioni a problemi alle differenze e all'approssimazione, stabilità</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Metodi didattici</b>                | <p>Il corso è suddiviso in lezioni (alla lavagna, integrate da lucidi), esercitazioni alla lavagna e attività di laboratorio.</p> <p>Durante le lezioni vengono presentati e discussi i risultati principali, il loro ambito di validità, le reciproche relazioni, e le applicazioni più rilevanti.</p> <p>Le esercitazioni e le attività di laboratorio sono volte ad acquisire le principali tecniche di calcolo e le strategie più elaborate per la soluzione dei problemi, nel contesto dei risultati teorici già acquisiti. Parte delle esercitazioni è anche rivolta alla soluzione dei temi d'esame degli anni precedenti</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Testi di riferimento</b>            | <p>G.C. Barozzi, Matematica per l'Ingegneria dell'informazione. Zanichelli 2004</p> <p>F. Bagarello, Metodi matematici per fisici e ingegneri. Zanichelli 2019</p> <p>M. Codegone. Metodi Matematici per l'Ingegneria. (fuori commercio) Zanichelli.</p> <p>M. Giaquinta, G. Modica. Note di Metodi Matematici per Ingegneria Informatica. Pitagora, Bologna.</p> <p>Dispense distribuite dal docente e reperibili dal sito web del corso.</p> <p>Nocedal, Jorge, Wright, S. Numerical Optimization. Springer Verlag, 2006.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Modalità verifica apprendimento</b> | <p>L'esame consiste in una prova scritta e, per il modulo di Trasformate discrete e Ottimizzazione, di laboratorio.</p> <p>La prova scritta è suddivisa in tre parti. Nella prima, gli studenti devono rispondere a semplici quesiti che richiedono calcoli elementari e immediati, rivolti a verificare la conoscenza di una singola tecnica o proprietà discussa nel corso.</p> <p>La seconda parte è di natura più teorica e riguarda la conoscenza dei risultati principali presentati a lezione e la comprensione delle relazioni che li legano. L'ultima parte consiste nella risoluzione di problemi, in cui occorre applicare una strategia risolutiva più articolata, comunque illustrata durante le ore di esercitazione. Il voto complessivo è la somma dei voti conseguiti nelle singole parti e non sono considerati accettabili elaborati in cui non vi sia almeno una risposta corretta per ciascuna delle sezioni della prova.</p> <p>La prova di laboratorio verifica l'apprendimento sia delle nozioni principali sia delle tecniche di elaborazione, che sono state presentate durante le ore di laboratorio svolte durante il corso.</p> |
| <b>Altre informazioni</b>              | <p>Il corso è suddiviso in due moduli: un modulo da 6 crediti sulla prima parte del programma, e un modulo da 3 crediti su Ottimizzazione</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Nonlineare e Trasformate discrete, svolto dal professor Stefano Gualandi.

Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile

[\\$Ibl\\_legenda\\_sviluppo\\_sostenibile](#)