

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

DIGITAL DATA ANALYSIS

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	FISICA (LM-17)
Codice	8067178-8068914	Canale	Unico
CFU	8	Lingua	Inglese

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Luca Giovannelli

CODOCENTE

Modulo:

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI: Lo scopo del corso è fornire agli studenti una panoramica a largo spettro dei vari metodi e tecniche di analisi dati, con un approfondimento per quelli utilizzati nell'astrofisica moderna. In particolare, si studieranno gli aspetti di accesso, gestione, ricostruzione, manipolazione, compressione e trasformazione dell'informazione digitale in dato. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE: Gli studenti devono raggiungere una approfondita comprensione delle implicazioni delle procedure di digitalizzazione dei dati e degli effetti a queste associati. Devono inoltre raggiungere una buona conoscenza dello stato dell'arte delle tecniche di data analisi, in particolare dei dati provenienti da esperimenti di Fisica o Astrofisica. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRENSIONE: Gli studenti devono essere in grado di identificare gli elementi essenziali di un data-set fisico, negli aspetti di accesso all'informazione digitale, e della gestione, recupero, manipolazione, compressione e trasformazione dei dati, in particolare di data-set astrofisici. Devono essere in grado di utilizzare e sviluppare algoritmi per il recupero e l'analisi dei dati e per il Machine Learning. Devono essere in grado di comprendere, valutare criticamente e adattare algoritmi esistenti a dati sperimentali nuovi. Devono sviluppare competenze nella valutazione critica dei limiti di applicabilità delle diverse metodologie al tipo di segnale analizzato. Devono sviluppare competenze avanzate nella programmazione in Python o altro linguaggio analogo. AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Gli studenti devono essere in grado di effettuare autonomamente analisi di dati oppure simulazioni numeriche. Sviluppare la capacità di eseguire ricerche bibliografiche sugli argomenti di data analisi o Machine Learning e di selezionare i materiali interessanti, in
-----------------	---

	particolare sul Web. Tali capacità sono acquisite durante lo studio per la preparazione dell'esame, approfondendo alcuni argomenti specifici anche con la consultazione di articoli su riviste. ABILITÀ COMUNICATIVE: Gli studenti devono essere in grado di lavorare in un gruppo interdisciplinare. Essere in grado di presentare la propria ricerca o i risultati di una ricerca bibliografica ad un pubblico sia di specialisti che di profani. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Gli studenti devono essere in grado di affrontare autonomamente nuovi campi di ricerca nell'analisi dei dati o nel Machine Learning.
English	LEARNING OUTCOMES: <i>The aim of the course is to provide to the student a broad overview of the various methods and techniques of data analysis, with a deeper insight on those used in modern-time astrophysics. In particular, we will study the aspects of digital information access, handling, restoration, manipulation, compression and transformation into data.</i> KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>Students must achieve a deep understanding of the implication of data digitization procedures and the associated effects. They must also achieve a good comprehension of the state of the art in data analysis techniques, in particular in the analysis of data from Physics and Astrophysics experiments.</i> APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>Students must be able to identify the key elements of a physical data-sets, with specific knowledge on the aspects of digital information access, handling, restoration, manipulation, compression and transformation into data, with focus on astrophysical data-sets. They must be able to use and implement algorithms for Data Restoring and Analysis, and for Machine Learning. They must be able to comprehend, critically evaluate, and adapt to new experimental data, existing algorithms. They must develop skills in critically evaluating the applicability limits of the different methodologies to the type of signal analyzed. Students must developed advanced skills in programming in Python or an analogous programming language.</i> MAKING JUDGEMENTS: <i>Students must be able to autonomously run data analysis algorithms and numerical simulations. They must be able to perform bibliographic researches on the topic of Data Analysis and Machine Learning and to autonomously select the relevant results, in particular on the Web. This capabilities are achieved through the study to prepare for the exam, during the laboratory activities and examining in depth specific topics by critically analyzing journal papers.</i> COMMUNICATION SKILLS: <i>Students must be able to work in an interdisciplinary group. They must be able to present their own research or the results of a bibliographic research both to the experts and to amateurs.</i> LEARNING SKILLS:

	<i>Students must be able to take on a new research field in Data Analysis or Machine Learning by autonomous study.</i>
--	--

PREREQUISITI

Italiano	Il raggiungimento degli obiettivi formativi richiede una pre-esistente conoscenza di concetti di fisica generale, di statistica, di metodi matematici della fisica, di programmazione basica e di alcune tematiche di elettronica.
English	<i>The achievement of the learning outcomes needs a pre-existing knowledge about some topics of general physics, statistics, mathematical methods for physics, basic programming, and of some subjects of electronics.</i>

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Elaborazione del Segnale: Campionamento del Segnale, Teorema del campionamento, convoluzione, correlazione (settimana 1). Analisi Spettrale I: La trasformata di Fourier, DFT, FFT, Spettro di Potenza, Fasi (settimana 2-3-4). Il Rumore: Sorgenti di Rumore, Tipi e Spettri del Rumore, Massimizzazione del Rapporto Segnale-Rumore, Soppressione del Rumore (settimana 5). Introduzione al Machine Learning con dati astrofisici: PCA, clustering, classification, machine vision, ARMA (settimana 6-7). Analisi Spettrale II: wavelets, Metodi Adattivi, EMD (settimana 8-9). Comunicare la propria ricerca: Come scrivere il report del progetto nel contesto della scrittura di un paper scientifico (settimana 10). In Laboratorio: Accesso ai dati: FITS e FITS multipli. Esempi: Diagramma H-R, dati dalla missione Hubble etc. La trasformata di Fourier: Spettro di Fourier, Filtri Digitali, Manipolazione dei dati. Analisi di cubi di dati: Spettri Wavelet, analisi EMD.
English	<i>Signal Processing: Sampling of the Signal, Sampling Theorem, Convolution, Correlation (week 1). Spectral Analysis I: The Fourier Transform, DFT, FFT, Power Spectrum, Phases (week 2-3-4). The Noise: Noise Sources, Noise Types and Spectra, SNR maximization, Noise suppression (week 5). Introduction to Machine Learning on Astrophysical data: PCA, clustering, classification, machine vision ARMA (week 6-7). Spectral Analysis II: wavelets, Adaptive Methods, EMD (week 8-9). Communicating your research: How to write the project report in the context of writing a scientific paper (week 10).</i> <i>In the LAB: Data Access: FITS + multiFITS. Datafication examples: H-R diagram, Hubble data. The Fourier Transform: Fourier spectrum, Digital Filters, Data manipulation. Data-cubes Analysis: Wavelet Spectra, EMD analysis.</i>

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	Gomes & Velho, From Fourier Analysis to Wavelets, Springer Nature;
----------	--

	Mallat, <i>A wavelet tour of signal processing – the sparse way</i>, Academic Press Mandal & Asif, <i>Continuous and Discrete Time Signals and Systems</i>. Cambridge University Press. Dispense delle lezioni. Articoli di letteratura aggiornati sugli argomenti trattati vengono indicati nel corso delle lezioni.
English	<i>Gomes & Velho, From Fourier Analysis to Wavelets, Springer Nature;</i> <i>Mallat, A wavelet tour of signal processing – the sparse way, Academic Press</i> <i>Mandal & Asif, Continuous and Discrete Time Signals and Systems. Cambridge University Press;</i> <i>Lecture Notes</i> <i>Updated literature papers on the topics covered by the course are mentioned during the lectures.</i>

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

Italiano	Lezioni frontali con utilizzo di lavagna ed ausili informatici, coadiuvate da una serie di attività di laboratorio, in cui gli studenti sono chiamati ad applicare le metodologie presentate a lezione su dataset di misure sperimentali di Fisica o Astrofisica.
English	<i>Lectures, using both the chalk-board and slide presentations, supported by a number of laboratory sessions, where the students will have the opportunity to work on actual physics and astrophysics data-sets to implement the algorithm introduced in the lectures.</i>

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	Il corso si articola in 32 ore di lezione frontali e 48 ore di attività di laboratorio per un totale di 8 CFU
English	<i>The course foresees 32 hours of lectures and 48 hours of laboratory activity, summing up to 8 CFUs.</i>

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

☐ Prova scritta ☒ Prova orale ☐ Prova di laboratorio ☐ Prova pratica
☐ Valutazione in itinere ☒ Valutazione di progetto ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Luca Giovannelli, Dario Del Moro, Francesco Berrilli

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	L'esame consiste in un colloquio orale volto a verificare il livello di conoscenza degli argomenti trattati. Dovrà essere presentato un progetto personale sotto forma di relazione scritta e di presentazione orale. Dovranno essere presentate le relazioni scritte dei progetti di gruppo relativi alle attività di laboratorio. La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri: Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezza nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni. 18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio sufficienti. 21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente. 24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso. 27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio. 30-30L: Ottimo livello di conoscenza e comprensione degli argomenti. Notevoli capacità di analisi e di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale.
English	<i>The exam consists of an oral interview aimed at verifying the level of knowledge of the topics covered in class. Students must present a personal project through both a written report and an oral presentation. Additionally, they must submit written reports for group projects related to lab activities.</i> <i>The examination will be evaluated according to the following criteria:</i> <i>Ineligible: major deficiencies and/or inaccuracy in knowledge and understanding of topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations.</i> <i>18-20: knowledge and understanding of topics only sufficient with possible imperfections; analytical skills, synthesis and judgment autonomy just sufficient.</i> <i>21-23: knowledge and understanding of topics at a basic level; Correct analysis and synthesis skills with consistent logical reasoning.</i> <i>24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analytical and synthesis skills with rigorous arguments.</i> <i>27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable ability of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment.</i> <i>30-30L: Excellent level of knowledge and understanding of topics. Remarkable ability of analysis and synthesis and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way</i>