



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## COMPUTING METHODS FOR EXPERIMENTAL PHYSICS AND DATA ANALYSIS

**ANDREA RIZZI**

Anno accademico **2023/24**  
CdS **FISICA**  
Codice **360BB**  
CFU **9**

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
COMPUTING METHODS FOR EXPERIMENTAL PHYSICS AND DATA ANALYSIS	FIS/01	LEZIONI	54	LUCA BALDINI GIANLUCA LAMANNA ALESSANDRA RETICO ANDREA RIZZI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Alla fine del corso lo studente avrà acquisito dimestichezza con i seguenti strumenti per il calcolo scientifico e l'analisi dati:

- comandi avanzati shell unix per automazione di operazioni
- linguaggio python e principali moduli di sistema
- librerie python per calcolo scientifico
- strumenti per la gestione e documentazione del software
- tecniche e librerie per calcolo parallelo e su GPU
- conoscenze dei concetti fondamentali in machine learning e per sviluppo di reti neurali
- reti feed-forward, reti convolutive e reti ricorsive
- reti generative (GAN e autoencoders) e graph networks
- strumenti specifici per applicazioni in fisica delle particelle e/o fisica medica (\*)

(\*) non disponibile per la versione da 6 CFU del corso

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Sarà effettuata una verifica delle conoscenze acquisite attraverso domande specifiche in sede di esame orale partendo da un progetto di calcolo scientifico realizzato e presentato dagli studenti

#### *Capacità*

Al termine del corso lo studente saprà:

- Automatizzare le operazioni di calcolo nelle analisi dati
- Scrivere programmi per calcolo scientifico in linguaggio python
- Sviluppare software in ambienti altamente collaborativi
- Scrivere programmi che sfruttino architetture di calcolo parallelo
- Progettare reti neurali per analisi dati
- Sviluppare reti neurali per calcolo scientifico
- Sviluppare progetti di analisi di dati di fisica delle particelle o di fisica medica (\*)

(\*) non disponibile per la versione da 6 CFU del corso



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### *Modalità di verifica delle capacità*

Le capacità saranno verificate richiedendo allo studente lo sviluppo di un progetto di software per analisi dati e/o l'analisi di un set di dati attraverso le tecniche apprese nel corso.

### *Comportamenti*

Il corso ha una parte interamente dedicata alle best practices nello sviluppo di codice specialmente in un'ottica di collaborazioni scientifiche. Il corso insegnerà come documentare e condividere gli strumenti di calcolo scientifico sviluppati.

### *Modalità di verifica dei comportamenti*

La verifica delle capacità acquisite sarà fatta sia richiedendo l'utilizzo degli strumenti di collaborazione per la presentazione degli elaborati, sia verificando l'attenzione nella parte di documentazione dei progetti presentati.

### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

È necessaria la conoscenza minima di funzionamento di un computer.  
Sarebbe inoltre consigliabile possedere conoscenze, anche rudimentali, di programmazione in altri linguaggi (es. C)

### *Corequisiti*

### *Prerequisiti per studi successivi*

### *Indicazioni metodologiche*

Il corso sarà composto da lezioni frontali teoriche e da lezioni frontali in cui si affronta un problema mostrando come esercizio lo sviluppo di un particolare algoritmo, la realizzazione di un programma o l'analisi di un set di dati con una particolare tecnica. Inoltre saranno fatte esercitazioni in cui gli studenti dovranno sviluppare sul proprio computer alcuni gli esercizi proposti.

### *Programma (contenuti dell'insegnamento)*

Automazione delle operazioni (shell), Version control, introduzione al python, algoritmi e complessità, contenitori python, algoritmi standard, iteratori, funzioni lambda, classi e oggetti, overload, scipy/numpy e gestione array, matplotlib, tecniche classiche di ML, issue tracking e ambienti collaborativi, unit test, gestione della memoria e profiling. Performance CPU/GPU, I/O verso varie periferiche e latenza, evoluzione



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

dell'hardware per calcolo scientifico, programmazione su GPU, vettorizzazione, reti neurali, CNN, RNN, keras e tensorflow, metodi di training, autoencoders, GANs, GraphNetworks. Introduzione al C++, STL, C++11 and C++14, ROOT toolkit, PyROOT, Medical data processing and feature extraction, handling standard-format medical data (DICOM), data anonymization, visualization, Deriving features from images, Image segmentation, Data quality control pipelines, outlier removal, dimensionality reduction, Data analysis and classification, figures of merit, cross-validation, permutation test, Machine-learning and deep-learning tools for segmentation and classification (specific platforms for medical data), Data augmentation, transfer learning, retrieving localization information

### Bibliografia e materiale didattico

<https://www.deeplearningbook.org/>

<https://www.learncpp.com/cpp-tutorial/introduction-to-cplusplus/>

The Hundred-Page Machine Learning Book, A. Burkov

Graph Representation Learning, William L. Hamilton

### Indicazioni per non frequentanti

### Modalità d'esame

Presentazione di un elaborato su un progetto concordato con i docenti ed esame orale di discussione dell'elaborato e verifica della conoscenza teorica degli strumenti utilizzati nel progetto, nonché delle scelte operate nella realizzazione del progetto

### Stage e tirocini

### Altri riferimenti web

### Note

Ultimo aggiornamento 31/08/2023 15:23