

# SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI ANALISI DATI IN FISICA SUBNUCLEARE

## Data analysis in Particle Physics

Corso di Studio  
Magistrale in Fisica

Insegnamento

Laurea Magistrale

A.A. 2018/2019

Docente: Alberto Orso Maria Iorio

email: oiorio@cern.ch

SSD

CFU

Anno di corso (I, II)

Semestre (I, II)

Insegnamenti propedeutici previsti:

<b>Prerequisiti (max 4 righe, Arial 9)</b>
Conoscenze di base di fisica delle particelle, nozioni di statistica.
<b>Conoscenza e capacità di comprensione (max 4 righe, Arial 9)</b>
Il corso intende fornire conoscenze e capacità d'uso delle tecniche per la trattazione, l'interpretazione statistica e la presentazione dei dati sperimentali. Approfondisce ed amplia temi di statistica, descrivendone l'applicazione nell'ambito dei moderni esperimenti di fisica delle particelle, e fornisce gli strumenti per comprendere il design di un'analisi atta ad una misura di fisica.
<b>Conoscenza e capacità di comprensione applicate (max 4 righe, Arial 9)</b>
Lo studente sarà in grado di mettere in pratica quanto appreso durante il corso lavorando su esempi ristretti a casi semplici ma realistici di analisi dati. Sarà messo in grado di strutturare un'analisi mettendo a fuoco quantitativamente requisiti e i punti critici di un esperimento di fisica delle alte energie allo scopo di effettuare una misura di fisica.

**PROGRAMMA** (in italiano, min 10, max 15 righe, Arial 9, raggruppando i contenuti al massimo in 10 argomenti)

Il corso si propone di introdurre i concetti fondamentali che permettono di analizzare i dati raccolti da un moderno esperimento di Fisica Subnucleare. 1. Concetti di base di teoria della probabilità: probabilità Frequentista e Bayesiana, stima di parametri: concetti generali sugli stimatori, minimum variance bound, il metodo dei minimi quadrati (MQ), il metodo della massima verosimiglianza (ML), proprietà degli stimatori MQ e ML; applicazione a casi pratici, binned vs unbinned ML. 2. Il problema del trigger negli apparati sperimentali: tipici rates e flusso di dati, elementi di teoria delle code; esempi di sistemi di trigger per esperimenti a bersaglio fisso e su collider. 3. Tecniche di ricostruzione: algoritmi di ricostruzione di tracce, di clusters e di vertici. Esempi di ricostruzione all'interno di rivelatori in esperimenti di fisica delle particelle. 4. Analisi di sistemi a molte variabili: pattern recognition, tecniche multivariate e machine learning. 5. Il Metodo Monte Carlo (MC): integrazione MC, metodi di riduzione della varianza, il metodo MC per la simulazione di processi fisici ed esempi su processi fisici a varie scale di energia. 6. Trattamento delle incertezze: incertezze statistiche e sistematiche, covarianza, propagazione degli errori nel caso generale, stima delle incertezze sistematiche, interpretazione bayesiana e marginalizzazione delle incertezze. 7. Test di ipotesi: errori di primo e secondo tipo, lemma di Neyman Pearson e likelihood ratio, discriminanti di Fischer, test del chi quadrato. 8. Intervalli di confidenza: definizione frequentista e Bayesiana; il problema degli intervalli vicino ad un limite fisico o in presenza di fondo. 9. Esempi di design di analisi in fisica subnucleare: misure di precisione, ricerche di processi rari in diversi tipi di apparati sperimentali.
---

**CONTENTS** (in English, min 10, max 15 lines, Arial 9)

The purpose of the course is to teach the basic concepts to perform data analysis in modern Particle Physics experiments. 1. Basics of probability theory: frequentist and bayesian approach, parameter estimate: concept of an estimator, minimum variance bound, least-square method, maximum likelihood method. Properties of LS and ML estimators; practical examples, binned vs unbinned ML. 2. The trigger in experimental setups: typical rates, queues. Example of trigger systems in fixed target experiments and colliders. 3. Reconstruction techniques: algorithms for tracking, clustering and vertexing. Examples of particle reconstruction in particle physics detectors. 4. Analysis of systems with many variables: pattern recognition, multivariate techniques and machine learning. 5. The Monte Carlo Method: MC integration, variance reduction methods, MC method for the simulation of physics processes and examples at different energy scales. 6. Uncertainty treatment: statistical and systematic uncertainties, covariance, error propagation in the general case, systematic uncertainty estimate, bayesian interpretation and uncertainty marginalisation. 7. Hypothesis testing: first and second type errors. Neyman Pearson Lemma and likelihood ratio, Fisher discriminant and chi square test. 8. Confidence intervals: frequentist and bayesian definition. Intervals close to a physics boundary or with a background. 9. Examples of physics analysis design in particle physics: precision measurements, rare processes in different types of experimental setups.
--

**MATERIALE DIDATTICO** (max 4 righe, Arial 9)

L. Lista, Statistical Methods for Data Analysis in Particle Physics, R. Fruhwirth et al., Data analysis techniques for high energy physics (2nd ed.), G. Cowan, Statistical data analysis
---

**FINALITA' E MODALITA' PER LA VERIFICA DI APPRENDIMENTO**

