



## UNIVERSITÀ DI PISA

### SISTEMI COMPLESSI - DINAMICHE NEURALI

**ENRICO CATALDO**

Anno accademico 2022/23  
CdS FISICA  
Codice 279BB  
CFU 9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
SISTEMI COMPLESSI - DINAMICHE NEURALI	FIS/03	LEZIONI	54	ENRICO CATALDO

Obiettivi di apprendimento

#### Conoscenze

Lo studente che completerà con successo il corso avrà una solida conoscenza dei modelli matematici, analitici e computazionali utilizzati per descrivere processi neuronali, che vanno dalla scala spaziale subcellulare a quella dell'intero sistema nervoso, al fine di cercare di comprendere alcuni meccanismi sottostanti la percezione, il movimento, l'apprendimento e la memoria. Gli strumenti matematici utilizzati comprendono: equazioni differenziali ordinarie e alle derivate parziali, deterministiche e stocastiche e loro soluzioni numeriche; metodi qualitativi per lo studio dei sistemi dinamici non lineari nel piano delle fasi e analisi di biforcazione; analisi dei segnali neuronali con metodi statistici e stocastici; elementi di teoria della informazione; elementi di graph theory; studio di fenomeni di auto-organizzazione e criticality; studio di fenomeni di sincronizzazione.

#### Modalità di verifica delle conoscenze

Esame orale finale

#### Indicazioni metodologiche

Modalità: in presenza

Attività didattiche: lezioni

#### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Introduzione alla Neurobiologia e agli Argomenti del Corso. Proprietà Elettriche della Membrana Neuronale. Cable Equation. Modello di Hodgkin-Huxley. Dendriti. Sinapsi. Varietà dei Canali Ionici. Modelli Neurali Ridotti - Modelli Integrate and Fire - Modelli di Izhikevich. Introduzione alla Dinamica Nonlineare. Propagazione dei Potenziali di Azione. Introduzione ai Processi Stocastici. Processi Stocastici nelle Neuroscienze: Statistica dei treni di spikes – Input-noise. Canali Ionici Attivi: Modelli di Markov con Schemi Cinetici Deterministici. Processi Stocastici nelle Neuroscienze: Ionic Channel Noise; Alcuni Esempi. Intracellular Signaling Pathways. Neural Networks: Diversi Approcci. Esempi Large-Scale Conductance-Based e I&F. Attività in Popolazioni Neurali Omogenee ed Eterogenee. Popolazioni Neuronali: Equazioni di Continuità e di Fokker-Planck. Graph-Theory e Connettistica. Decision-Making. Memoria. Neurodinamica Nonlineare dai Dati Sperimentali. Breve Introduzione al Signal Processing Classico ed



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

dalla Intermittenza.  
alla Analisi dei Networks. Segnali con Intermittenza Complessa. Complessità Indotta

[Bibliografia e materiale didattico](#)

Alcuni testi di riferimento:

Ermentrout G B, Terman D H. Mathematical Foundations of Neuroscience, 2010

Gerstner W, Kistler W M, Naud R, Paninsky L. Neuronal Dynamics – From Single Neurons to Networks and Models of Cognition. Cambridge University Press, 2014.

Sterratt D, Graham B, Gillies A, Willshaw D. Principles of Computational Modelling in Neuroscience. Cambridge University Press, 2011.

Gabbiani F, Cox S J. Mathematics for Neuroscientists. Academic Press, 2010.

Dayan P, Abbott L F. Theoretical Neuroscience – Computational and Mathematical Modeling of Neural Systems. The MIT Press, 2001.

Durante il corso saranno indicati diversi articoli e pubblicazioni scientifiche sugli argomenti trattati.

[Modalità d'esame](#)

Esame orale finale

*Ultimo aggiornamento 04/12/2022 09:04*