



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## PHYSICS OF BIOSYSTEMS / FISICA DEI BIOSISTEMI

**SIMONE CAPACCIOLI**

Anno accademico 2021/22  
CdS FISICA  
Codice 387BB  
CFU 9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
FISICA DEI BIOSISTEMI	FIS/03	LEZIONI	54	SIMONE CAPACCIOLI FRANCESCA CELLA ZANACCHI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Il Corso è diviso in due parti in cui si intende fornire conoscenze di base in:

- Tecniche di imaging per lo studio di strutture e processi biologici
- Materia attiva bio-ispirata

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Le conoscenze saranno verificate tramite prova orale.

#### *Capacità*

Alla fine del Corso lo studente avrà acquisito capacità di comprensione e di analisi di studi sperimentali, teorici e computazionali nel campo della fisica dei biosistemi

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Le lezioni sono svolte in modo quanto più interattivo possibile per verificare che gli studenti acquisiscano le capacità tecniche e di logica necessarie alla comprensione dei principali aspetti della fisica dei biosistemi

#### *Comportamenti*

Sarà acquisita capacità di analisi e di schematizzazione dei principali aspetti della fisica dei biosistemi

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Lezioni interattive e prova orale finale.

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenze di base in Fisica della Materia e Fisica Statistica.

#### *Indicazioni metodologiche*

Lezioni frontali, ricevimenti, utilizzo di e-mail e del sito e-learning per comunicazioni e materiale didattico addizionale.

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

L'insegnamento si focalizza sui principi fisici che caratterizzano la materia attiva, partendo dalla comprensione dei meccanismi che regolano i processi nei sistemi biologici "modello" per arrivare alla caratterizzazione di sistemi e materiali "bio-ispirati". Particolare attenzione è dedicata alle strutture, alle simmetrie, alle proprietà meccaniche e mecano-sensibili dei sistemi biologici non in equilibrio, coinvolti nello sviluppo di attuatori e materiali innovativi. Inoltre si introdurranno le più recenti tecniche di *imaging*, sviluppate nel campo della microscopia ottica a super-



## UNIVERSITÀ DI PISA

risoluzione, e le loro applicazioni allo studio dei processi e delle interazioni molecolari in sistemi biologici di interesse.

### **Programma Fisica dei Biosistemi:**

#### Tecniche di imaging per lo studio di strutture e processi biologici

1. Concetto di base di microscopia ottica: risoluzione, point spread function, magnificazione, fluorescenza, *quantum yield* e *brightness*, photobleaching e saturazione della fluorescenza, condizione di detection di singola molecola. Principi di microscopia in fluorescenza, fluorofori sintetici, proteine fluorescenti e fotoattivabili, microscopia convenzionale e *widefield*, sistemi a due lenti.
2. Microscopia tridimensionale, sezionamento ottico, microscopia confocale. Microscopia non-lineare e con eccitazione a due fotoni.
3. Tecniche di microscopia ottica avanzata, Fluorescence recovery after photobleaching (FRAP), Forster resonance energy transfer (FRET), Fluorescence lifetime microscopy (FLIM), funzione di autocorrelazione e Fluorescence correlation spectroscopy (FCS).
4. Limite di diffrazione, Legge di Abbe, Principi di nanoscopia e microscopia a super-risoluzione
5. Localizzazione di singola molecola (SML), Precisione di localizzazione e densità molecolare, Photo-activation localization microscopy (PALM), Stochastic optical reconstruction microscopy (STORM), Point accumulation for imaging in nanoscale topography (PAINT), Configurazioni per localizzazione tridimensionale di singole molecole, Effetti indotti dalla polarizzazione.
6. Tecniche di nanoscopia a scansione e deplezione mediante emissione stimolata (STED), Reversible saturable optical fluorescence transitions (RESOLFT), applicazioni.
7. Metodi ottici per lo studio di campioni biologici spessi e tessuti, illuminazione ortogonale e sistemi di microscopia con illuminazione a foglietto di luce e (Light sheet illumination microscopy).
8. Nanoscopia a luce strutturata (SIM), Approcci quantitativi, analisi cluster e localizzazione di singole molecole, sistemi di calibrazione nanostrutturati.
9. Applicazioni della super-risoluzione allo studio di processi biologici (motori molecolari, microtubuli, DNA, batteri e organismi), Applicazioni delle tecniche di imaging per caratterizzare la materia attiva bio-ispirata.

#### Materia attiva bio-ispirata

1. Sistemi biologici intesi come materia attiva, Perché studiare la materia attiva, Principi meccanici e statistici che caratterizzano la materia attiva.
2. Auto-organizzazione (Self-assembly). Cooperatività. Ruolo del self-assembly in strutture e processi in materia vivente.
3. Termodinamica dei piccoli sistemi e teoremi di fluttuazione. Materia attiva: fenomeni di non-equilibrio dissipazione, e produzione di entropia e trasferimento di informazione. Applicazioni: esperimenti di singola molecola (pulling, trapping).
4. Metodi teorici e modelli computazionali per materia attiva.
5. Materia attiva derivata da componenti del citoscheletro, Motori molecolari, microtubuli, Simmetria della materia attiva citoscheletrica e polimerizzazione. Strutture polari, nematiche ed isotropiche. Network di actina come materiale attivo adattivo. Applicazioni: gel tridimensionali attivi estensibili e contrattili.
6. Basi della meccanica cellulare: forma cellulare, trasmissione della forza e migrazione cellulare. Interazioni citoscheletro-membrana e mecano-sensori. Dinamica cellulare e actina. Tessuti e materia attiva (cellule epiteliali, organizzazione cellulare nei tessuti e stress meccanici). Misure sperimentali delle proprietà meccaniche cellulari e subcellulari (Traction force microscopy, optical traps and tweezers).



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

7. Nanotecnologie a DNA e self-assembly programmato (DNA origami), struttura a doppia elica e rigidità, motivi strutturali a DNA, motivi *single strand*, programmazione e design di strutture a DNA 2D e 3D, DNA origami utilizzato come biomateriale ed applicazioni a sistemi biologici.
  
8. Attuatori bio-ispirati: Nano-swimmers e Micro-swimmers. Idro-Dinamica della materia attiva mobile. Batteri e piccoli organismi come modello per lo sviluppo della materia attiva. Applicazioni ed esempi (bio-hybrid bacterial nano-swimmers e membrane nano-swimmers).

### Bibliografia e materiale didattico

#### Tecniche di imaging:

to be provided

#### Materia attiva:

to be provided

### Indicazioni per non frequentanti

Nessuna

### Modalità d'esame

Esame finale orale attraverso colloquio tra il candidato e il docente anche in forma di domanda/risposta, sui vari argomenti trattati nel corso.

*Ultimo aggiornamento 21/09/2021 13:11*