

## "Fisica dei Biosistemi - programmi

### **Astrobiologia** - Dott. A. Balbi

Vita sulla Terra: aspetti geologici, chimici, biologici, planetari. Caratteristiche fondamentali dei sistemi viventi. Requisiti necessari per l'origine ed il mantenimento della vita. Possibilità di vita nel sistema solare: Venere, Marte, Titano, Europa, Callisto. Possibilità di vita al di fuori del sistema solare. Pianeti extrasolari. L'equazione di Drake. Il paradosso di Fermi. Il progetto SETI.

### **Biochimica** - Prof. J. Peterson

Proteine (aminoacidi, struttura e funzione delle proteine, motori molecolari). Lipidi (acidi grassi, fosfolipidi, colesterolo). Carboidrati (monometri, polimeri). Enzimi (attività catalitica, regolazione, coenzimi, inibitori). Membrane (struttura e caratteristiche, funzione, canali e pompe). Metabolismo dei carboidrati (glicosi, via del pentoso fosfato, gluconeogenesi, glicogeno). Metabolismo dei grassi e degli aminoacidi (ossidazione e sintesi, ciclo dell'urea, ciclo dell'azoto). Fosforilazione ossidativa (ciclo dell'acido citrico, ciclo del glicolato, la catena respiratoria, fotosintesi). Regolazione del metabolismo.

### **Biologia Molecolare** - Prof. F. Amaldi

Il DNA come materiale genetico. Struttura chimica, struttura fisica e superstrutture del DNA e dell'RNA. Codice genetico. Traduzione: meccanismo e regolazione. Replicazione del DNA e suo controllo. Organizzazione ed evoluzione di geni e genomi. Cromosomi, cromatina e nucleosomi. Trascrizione e sua regolazione: promotori, RNA polimerasi, fattori di trascrizione. Maturazione, splicing ed editing dell'RNA. Controlli globali e regolazioni complesse.

### **Chimica Biologica 2** - Prof. A. Desideri

Il corso rappresenta un approfondimento e un'espansione di argomenti trattati nel corso del triennio di base. In particolare, i meccanismi molecolari attraverso i quali le proteine si riconoscono tra loro e riconoscono altre molecole sono rivisti sia dal punto di vista di modelli generali che da quello di casi particolarmente esemplificativi. Le applicazioni di questi principi, soprattutto in campo biomedico e in quello dell'evoluzione e dell'adattamento delle specie viventi, sono trattati con particolari riferimenti agli altri corsi fondamentali dell'indirizzo e ai due corsi opzionali Biochimica Macromolecolare e Biochimica Comparata.

### **Complementi di Chimica-Fisica Biologica** - Prof. B. Pispisa

Aspetti strutturali di biopolimeri. Geometria di una catena polipeptidica e stima dell'energia potenziale. Transizione  $\alpha$ -elica-gomitolo statistico: modello di Schellman e di Zimm & Bragg. Funzione di ripartizione e frazione  $\alpha$ -elicoidale. Biopolimeri ad alto p.m.: matrice dei pesi statistici e funzione di ripartizione. Transizione forma nativa-forma denaturata nelle proteine. Funzione di ripartizione. Cinetiche di processi folding-unfolding a 2 e a 3 stati. Processi di solvatazione e ciclo termodinamico

per le interazioni idrofobiche. Caratteristiche chimico-strutturali di polinucleotidi e acidi nucleici. Doppia elica del DNA. Processi di associazione in soluzione: componente statistica e componente energetica delle costanti di dissociazione. Equilibri multipli: relazioni generali tra costanti microscopiche e costanti macroscopiche. Modello di Langmuir: funzione di ripartizione e grandezze termodinamiche. Siti indistinguibili. Siti identici ed indipendenti e siti identici ed interagenti. Cooperatività nel binding. Modello di Hill e modello di MWC. Catalisi enzimatica e teoria dello stato di transizione. Cinetiche iperboliche e cinetiche sigmoidali: leggi cinetiche e aspetti meccanicistici. Effetto allosterico. Cinetiche miste del II e III ordine totale.

### **Complementi di Meccanica Statistica - Dott. G. Salina**

Sistemi statistici disordinati: vetri di spin, reti neuronali e teoria dell'ottimizzazione. Metodo delle repliche. Cenni sugli algoritmi numerici per la simulazione di sistemi disordinati e frustrati.

### **Fisica Biologica I - Prof.ssa S. Morante**

Introduzione: nuove prospettive nell'era post-genomica. L'origine della vita e l'evoluzione per selezione. La cellula: procarioti ed eucarioti. Le macromolecole polimeriche: sequenze e loro contenuto informativo. Gli acidi nucleici: struttura e funzione. Metodi per il sequenziamento e la mappatura del DNA. Banche dati. Il DNA e i supercomputers: gigabytes e nanotecnologie. La trascrizione e la sua regolazione. La sintesi proteica. Le proteine: struttura e funzione. Livelli strutturali e contenuto informativo in proteine e acidi nucleici. Cinetiche di processi folding-unfolding. Interazioni idrofobiche: contributo unitario e critico all'entropia di mescolamento. Le membrane cellulari: doppi strati, micelle e liposomi.

### **Fisica Biologica 2 - Prof.ssa S. Morante**

Introduzione alle principali tecniche spettroscopiche. Il contenuto informativo nel DNA: quantum genetics; legge di Zipf; pressione selettiva e frequenze di occorrenza (teorema di Bayes). Energia libera e folding. Metodi di analisi statistica delle sequenze (Dot-Plot; Needleman-Wunsch; etc.) Simulazioni numeriche: Dinamica Molecolare (MD), Dinamica di Langevin, Monte Carlo e Ibrido Monte Carlo. MD ab initio (Car-Parrinello). Equazioni diffusive: reazioni di regolazione e metaboliche della cellula.

### **Fisica dei Sistemi Complessi - Prof. L. Biferale**

Fondamenti teorici della meccanica statistica classica: Introduzioni alla meccanica statistica classica. Il problema ergodico, funzioni di partizione e misura di probabilità. Il teorema del limite centrale e misura di Gibbs. Sistemi dinamici e teoria delle biforcazioni: Sistemi hamiltoniani a pochi gradi di libertà. Sistemi dissipativi. Teoria della stabilità alla Lyapunov. Sistemi dinamici a infiniti gradi di libertà. Solitoni e soluzioni localizzate. Il teorema della varietà centrale in infinite dimensioni. L'equazione di Laudau- Ginzburg con parametri complessi. Equazioni di Stokers e cenni sulla teoria della turbolenza sviluppata.

## **Fisica dei Solidi I - Prof. M. Fanfoni**

Reticoli spaziali e reciproci. Autostati di un potenziale periodico. Teorema di Bloch. Bande elettroniche e densità di stati. Principali metodi di calcolo delle bande. Struttura a bande dei semiconduttori più comuni. Dinamica degli elettroni di Bloch e proprietà di trasporto. Conducibilità dei metalli e dei semiconduttori. Semiconduttori intrinseci ed estrinseci. Impurezze e drogaggio. Giunzioni p-n. Superfici di Fermi e loro misura. Vibrazioni reticolari e fononi. Proprietà termiche di solidi. Cristalli ionici.

## **Fisica dei Solidi 2 - Prof. A. Balzarotti**

Metalli-Teoria classica di Sommerfeld del gas di elettroni liberi- Teoria quantistica del gellio- Stato fondamentale del gellio nell'approssimazione di Hartree-Fock- Termine di scambio-Approssimazione locale di Slater. Schermo-Funzione dielettrica -Modelli di Thomas-Fermi e di Lindhard -Schermo statico e dinamico- Plasmoni nei metalli-Funzione dielettrica longitudinale - Perdita di energia-Dinamica degli elettroni di Bloch e proprietà di trasporto- Dinamica semiclassica in campo magnetico-Effetto Hall e magnetoresistenza- Gas bidimensionale di elettroni -Livelli di Landau-Effetto Hall quantistico-Risposta magnetica del gas di elettroni liberi- Paramagnetismo di Pauli-Diamagnetismo di Landau- Superconduttività-Fenomenologia-Coppie di Cooper- Teoria BCS e applicazioni.

## **Fisica e Spettroscopia dei Sistemi Disordinati - Prof.ssa C. Andreani**

1. Richiami di Meccanica Statistica. 2. Le proprietà di equilibrio di un sistema a molti corpi interagenti 3. La funzione di partizione, collegamento fra Meccanica Statistica e Termodinamica. 4. Generalità sullo stato liquido. Liquidi classici: potenziale di interazione. Liquidi quantistici. Liquidi semplici e molecolari. 5. Formalismo di Van Hove 6. Funzioni di distribuzione di un liquido classico. 7. La struttura dei liquidi molecolari. Metodi d'indagine sperimentali. Diffusione di raggi X e neutroni. Ruolo della funzione di distribuzione a coppie  $g(r)$ . Metodi teorici per l'analisi della struttura. Equazioni integrali per la  $g(r)$ . Il sistema a "sfere dure" come sistema di riferimento. 8. La dinamica dei liquidi molecolari e quantistici. Metodo di indagine sperimentale: diffusione di neutroni termici ed epitermici. Metodi teorici per l'analisi della dinamica.

Testi consigliati J.P. HANSEN, J.R. MCDONALD: Theory of Simple Liquids, Academic Press, 1990 U. BALUCANI, M. ZOPPI: Dynamics of Liquid State, Oxford University Press 1996

## **Fisica Medica - Prof. L. Narici**

Il nucleo atomico e lo spettro di radiazione. Interazione tra radiazione e materia. Effetti biologici delle radiazioni. Dosimetria: strumenti e tecniche di misure di radiazione. Dose assorbita, curve isodose. Radiobiologia e protezione dalle radiazioni. Uso dei radioisotopi nelle immagini mediche. Tomografia ad emissione di positroni (PET). Tomografia computerizzata a singola emissione fotonica (SPECT).

## **Genetica - Prof. G. Cesareni**

La genetica e l'organismo. Gli esperimenti di Mendel. Teoria cromosomica dell'eredità. Segregazioni

anomale dei fenotipi. Associazione. Mutazioni Geniche. Alterazioni della struttura dei cromosomi.. Alterazioni del numero dei cromosomi. La struttura del DNA. Come funzionano i geni. Genetica batterica. Ricombinazione del DNA in vitro. Il controllo dell'espressione genica nei procarioti. Cenni di genetica delle popolazioni.

### **Laboratorio di Fisica Biologica - Dott.ssa V. Minicozzi**

Il corso consiste in una serie di lezioni teoriche su in cui verranno illustrate alcune tecniche di analisi nella biologia molecolare: ultracentrifugazione, denaturazione, riassociazione e ibridazione degli acidi nucleici; metodi per la purificazione e l'analisi di amino acidi e proteine; analisi elettrochimiche, isotopiche e di separazione; calorimetria differenziale; misure elettrofisiologiche con il patch-clamp. Le esercitazioni pratiche si svolgeranno utilizzando apparecchiature esistenti presso gruppi di ricerca dei Dipartimenti di Fisica, Biologia e Chimica e presso gli Istituti di ricerca del CNR e dell'ENEA. I sistemi studiati saranno macromolecole (proteine e acidi nucleici) o sistemi modello che mimano il comportamento di membrane biologiche. Le tecniche utilizzate potranno essere: Spettroscopia di assorbimento UV-VIS; Microscopia a forza atomica; Spettroscopia X ; EPR; NMR. Testi Consigliati: *Cantor and Schimmel "Biophysical Chemistry Part II"*

### **Laboratorio di Metodi Computazionali I - Dott. V. Malvestuto**

Applicazioni tecniche di simulazione numerica, analisi dati e tecniche di rappresentazione grafica. Generazione numeri casuali e simulated annealing. Tecniche di programmazione parallela.

### **Meccanica Quantistica 2 - Prof. E. Pace**

Postulati della meccanica quantistica. Rappresentazioni di Schroedinger e di Heisenberg. Propagatori. Integrali di Feynman. Oscillatore tridimensionale. Modi normali. Molecole biatomiche. Born-Oppenheimer. Spettri Raman. Metodi variazionali. Hartree-Fock. Diffusione da potenziale. Stati stazionari. Pacchetti d'onda. Sezione d'urto. Onde parziali. Teorema ottico. Equazione di Lippmann-Schwinger. Diffusione di particelle identiche. Serie di Born. Proprietà analitiche delle ampiezze di scattering. Risonanze. Breit-Wigner. Teorema di Levinson. Poli di Regge. Operatori di Moeller. Equazione di Klein-Gordon. Antiparticelle. Interazione di una particella di spin zero con il campo elettromagnetico. Equazione di Dirac. Limite non relativistico. Trasformazioni di Lorentz infinitesime. Corrente conservata. Covarianti bilineari. Particelle di Dirac in campo esterno. Coniugazione di carica. Equazione di Weyl.

### **Meccanica Statistica 2 - Prof.ssa R. Marra**

Modello di Ising. Teoria di campo medio, argomento di Peierls, transizioni di fase. Equazioni di Boltzmann, limite idrodinamico.

### **Metodi Matematici della Fisica 2 - Supplenza**

Equazioni differenziali ordinarie. Funzioni di Green. Equazioni integrali. Problemi di Sturm-Liouville. Serie e trasformate di Fourier. Trasformata di Laplace. Sviluppi asintotici. Funzioni speciali. Equazioni differenziali alle derivate parziali. ([Link](#))

## **Misure ed analisi dei segnali bioelettrici - supplenza**

Gli strumenti di misura: caratteristiche e limiti. La struttura dinamica di un segnale bioelettrico. I segnali del cuore e del cervello. Strumenti lineari di analisi: teoria: pregi, difetti ed applicazioni. Introduzione alla costruzione di modelli. Strumenti non lineari. Informazioni topografiche. La localizzazione delle sorgenti attive: un problema 'malposto'. Modelli di sorgente. Modelli dinamici. Rappresentazione e comunicazione delle informazioni dinamiche.

## **Spettroscopia - Prof.ssa C. Andreani**

Interazione Radiazione Materia. Matrice di scattering S. Teoria della risposta lineare. Sezioni d'urto e funzioni di correlazione. Interazione radiazione materia in regime di risposta lineare. Operatore di interazione radiazione materia. Approssimazione di dipolo. Sviluppo perturbativo al primo ordine in S: assorbimento; emissione stimolata; emissione spontanea. Il laser. Sviluppo perturbativo al secondo ordine in S: scattering della luce. Tecniche sperimentali: Infrarosso. Scattering Raman. Scattering di neutroni.

Durante il corso saranno distribuite dispense a cura del docente.

## **Teoria Quantistica della Materia - Prof. R. Del Sole**

Sistemi a molti elettroni- Seconda quantizzazione- Funzioni di Green a  $T=0$  e a temperatura finita. Diagrammi di Feynman ed equazione di Dyson. Self energia. Gas elettronico omogeneo. Energia di correlazione. Teoria della risposta lineare. Teoria del funzionale densità. Teoria delle bande nei solidi. Proprietà ottiche. Eccitoni

## **Teoria dei Sistemi a molti corpi - Prof. G.C. Rossi**

Elementi di Meccanica Statistica. Sistemi fermionici: l'approssimazione di Born-Oppenheimer. Il gas di Fermi. Il metodo di Hartree-Fock. La teoria del funzionale densità. Dinamica Molecolare e metodo di Car-Parrinello. Integrale Funzionale. Passaggio dalla metrica Minkowskiana a quella Euclidea. Il legame con la Meccanica Statistica Classica. Metodi numerici per il calcolo della funzione di partizione.

## **Teoria dei Solidi - Prof. M. Cini**

Teoria relativistica degli atomi, con effetti di elettrodinamica quantistica (processi di secondo ordine, polarizzazione del vuoto e potenziale di Uehling.) Teoria della simmetria con applicazioni: Gruppi discreti, Gruppi spaziali e stati elettronici nei solidi, Gruppi continui. Teoria dei molti corpi: Risonanze, equazione di Dyson, correzioni di self-energy, Formalismo di Keldysh. Metodi ricorsivi, Ampiezze di eccitazione. Gruppo di Rinormalizzazione. Fase di Berry. Polaroni. Modello di Hubbard, Magnetismo, Superconduttività.

## **Termodinamica dei processi irreversibili - Dott. G. Consolini**

Sistemi termodinamici all'equilibrio: richiami di termodinamica dell'equilibrio, approccio di

Carthéodory e di Gibbs, principi dell'equilibrio estremo e del massimo lavoro. Sistemi termodinamici non all'equilibrio: leggi di conservazione, legge dell'entropia e del bilancio dell'entropia, equazioni fenomenologiche e relazioni di reciprocità di Onsager, stati stazionari, fondamento statistico, teorema di fluttuazione e dissipazione. Sistemi chimici: reazioni chimiche e fenomeni di rilassamento, reazioni chimiche accoppiate, reazioni unimolecolari, principio dettagliato, equazione di Volterra-Lotka, reazioni chimiche oscillanti, correlazioni statistiche nella catalisi enzimatica.