

Programma del corso di Fisica dei Sistemi Complessi

Corso di laurea in Fisica (N.O.) – A.A. 2003/04

Dr. Vito Claudio Latora

Si tratta di un corso introduttivo alla *dinamica nonlineare e al caos*, basato su metodi analitici, metodi geometrici ed applicazioni ad esempi concreti, volto agli studenti di Fisica di ogni indirizzo.

La parte teorica è sviluppata in maniera sistematica: si parte dall'equazioni differenziali del primo ordine e dalle loro biforcazioni, per poi passare all'analisi nello spazio delle fasi, cicli limiti e biforcazioni di questi, ed infine concludere con equazioni di Lorentz, caos, mappe iterate, period doubling, frattali ed attrattori strani.

Le applicazioni includono vibrazioni meccaniche, lasers, ritmi biologici, circuiti superconduttivi, evoluzioni di popolazioni, oscillazioni chimiche, sistemi di controllo genetici, ed anche una tecnica per utilizzare il caos per mandare messaggi segreti. Per ogni esempio il background scientifico è fornito a livello elementare.

Il corso subirà dei piccoli cambiamenti a seconda degli interessi degli studenti che lo seguiranno.

1. OVERVIEW DEL CORSO

Caos, Frattali e Dinamica. Sistemi Complessi. Introduzione storica alla dinamica. L'importanza di essere non lineari.

2. FLUSSI UNIDIMENSIONALI

Flussi su una linea: interpretazione geometrica, punti fissi e stabilità, crescita di popolazioni.

Biforcazioni di saddle node, trascritiche e pitchfork, Lasers.

Flussi sul cerchio: oscillatore uniforme e non uniforme, pendolo con attrito, oscillazioni overdamped, sincronizzazione delle lucciole, Josephson junctions superconduttive.

3. FLUSSI BIDIMENSIONALI

Sistemi lineari: classificazione, affari di cuore

Spazio delle fasi: punti fissi e linearizzazione, conigli e pecore, sistemi conservativi, pendolo.

Cicli limite: teorema di Poincarè-Bendixon, oscillatori debolmente non lineari.

Biforcazioni: di Hopf, oscillatori accoppiati e quasiperiodicità, mappe di Poincarè.

4. CAOS

Equazioni di Lorenz: proprietà, uso del caos per mandare messaggi segreti.

Mappe unidimensionali: mappa logistica, esponenti di Lyapunov, universalità e rinormalizzazione

Frattali: insieme di Cantor, box counting e dimensione di correlazione.
Attrattori Strani: mappa di Henon, sistema di Rossler, caos chimico

Libri di testo

1. S. H. Strogatz, *Nonlinear dynamics and chaos with applications to physics, biology, chemistry and engineering* (Perseus 1994).
2. Tabor *Chaos and integrability in nonlinear dynamics* (John Wiley & Sons 1989).
3. G. W. Flake, *The Computational Beauty of Nature, Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems and Adaptation* (MIT Press, Cambridge, 1998).