



CAOS E COSMO: LA FARFALLA DELLA FISICA

Nicola Bassan

21 novembre 2008

Insetti e uragani

Che rapporto potrebbe esistere fra il volo di un insetto e un uragano?



Contenuti

Cos'è il kaos in fisica e in matematica?

Introduzione

Un esempio matematico pratico

Passando alla fisica

Un esempio fra kaos e cosmo

Il problema dei tre corpi

Non scordiamo la farfalla (overo le conclusioni)

La fisica dell'atmosfera dice che...

Riassumendo

Commiato



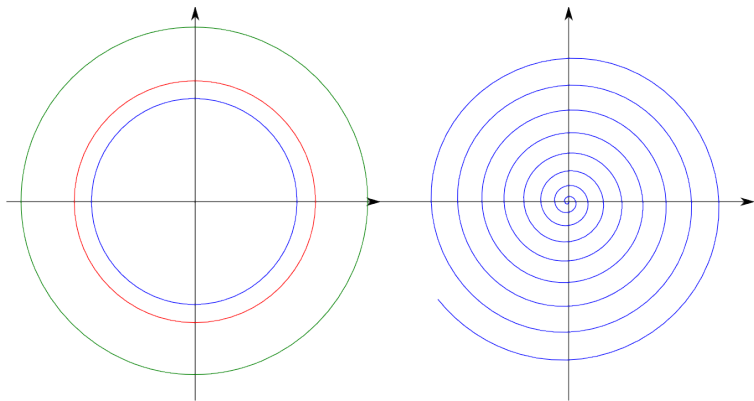
Naturalmente caotici

In matematica e in fisica ci sono molti esempi di caos. In generale:

- + Dipendenza dalle condizioni iniziali
- + Non periodicità
- = Caos

Sono necessarie entrambe le condizioni!

Dipendente dalle condizioni ma periodico e non periodico ma indipendente dalle condizioni iniziali





Le condizioni iniziali: due sistemi a confronto

Abbiamo sotto gli occhi due esempi:





Il periodo

Un oggetto si muove in *maniera periodica* se passa ad intervalli *regolari* di tempo da uno *stesso punto*.

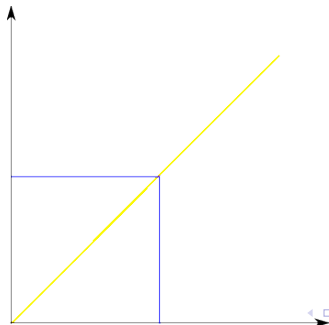
Un oggetto si muove in maniera non periodica se:

- ▶ non ripassa mai dallo stesso punto;
- ▶ ripassa dallo stesso punto ad intervalli irregolari.

Un grafico cartesiano

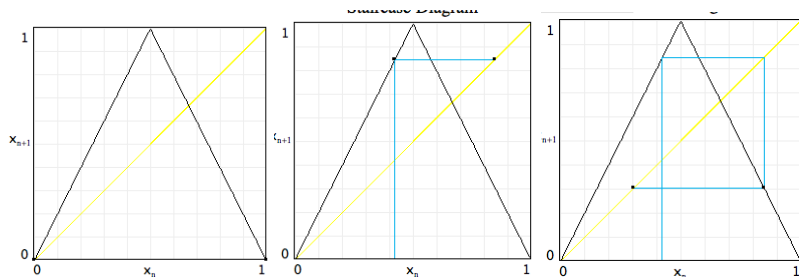
Caratteristiche:

- ▶ Ascisse, ordinate, origine
- ▶ Esiste un metodo veloce per riportare un valore sull'asse da un asse all'altro
- ▶ Metodo della bisettrice





Aggiungendo una funzione

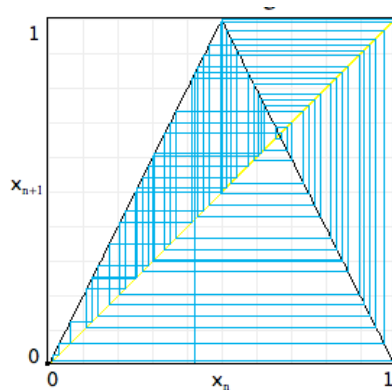
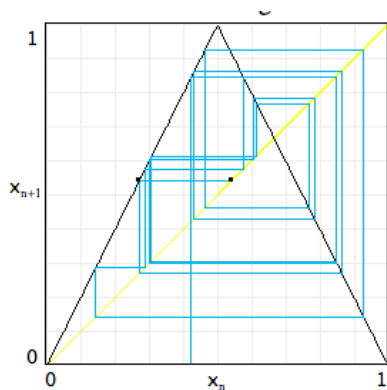


<http://chaos.wlu.edu/106/programs/tent.html>



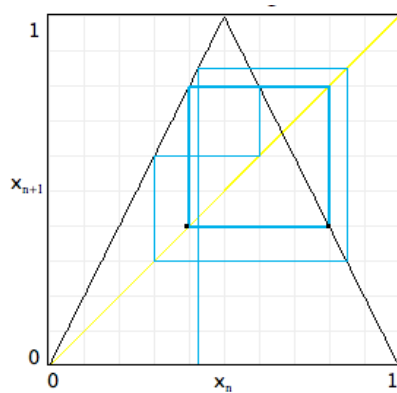
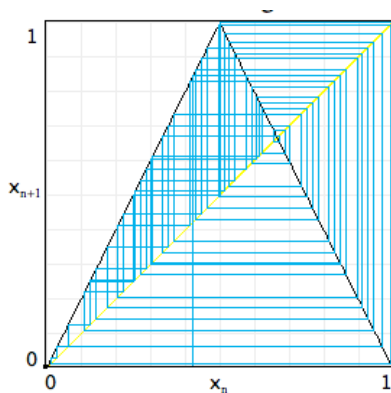
Continuando

Dopo **32** cicli e dopo **80** cicli



Cambiando l'origine

Se la larghezza del riquadro fosse **1 metro** i due punti da cui comincia il grafico sarebbero distanti **1 millimetro**.





In matematica esiste il caos!

- ▶ Non periodicità (OK)
- ▶ Dipendenza dalle condizioni iniziali (OK)

Esistono altri esempi, ma anche una funzione semplice può risvegliare il “mostro” caotico.



Ma in fisica?

- ▶ Le funzioni matematiche che possono generare comportamenti caotici si applicano nel mondo reale?
- ▶ Esiste qualche esempio a portata di mano?



Le leggi fisiche

- ▶ Le leggi fisiche si scrivono matematicamente
- ▶ Una funzione può essere semplice come una retta:
 $f = mx + q$, ma anche più complicata
- ▶ Spesso i fisici preferiscono le rette ma la natura non sempre è d'accordo con i fisici

Un'immagine vale più di mille parole





Il problema a due corpi

- ▶ Con due corpi si riesce a predire tutto esattamente usando una funzione semplice
- ▶ Si può applicare ad esempio alla luna o a tutti i corpi che ruotano intorno alla terra
- ▶ Funzionamento ottimo: si prevedono le eclissi di sole, si mandano in orbita i satelliti, si fanno atterrare le navicelle sulla luna

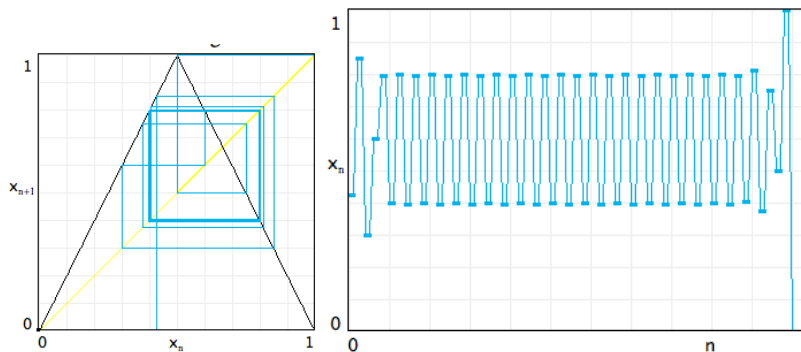


Piccole differenze e caos

- ▶ Tre corpi di cui uno piccolo rispetto agli altri due
- ▶ La modifica alla legge dei due corpi è molto piccola, tanto da volerla trascurare
- ▶ ma la natura non segue proprio la legge a 2 corpi.
- ▶ Poincaré un matematico della seconda metà dell'800, dimostrò che le piccole variazioni nel moto di rivoluzione di un corpo celeste prodotte da un terzo corpo possono essere amplificate fino a distruggere la regolarità.



Un esempio





Niente panico!

- ▶ Il sistema solare è sufficientemente stabile (per ora) e si prevede che lo sarà ancora per milioni di anni
- ▶ Tuttavia nelle simulazioni è il caos
- ▶ Tempi scala lunghi



Ma quella farfalla?

- ▶ La nostra atmosfera secondo una teoria della metà del secolo scorso può essere descritta da un sistema di 12 equazioni.
- ▶ Chi studiò per primo questa teoria (Lorenz) si accorse del caos interno perchè approssimava le soluzioni e le usava come valori iniziali
- ▶ Se una farfalla sbattesse le ali e creasse un piccola turbolenza, e se questa turbolenza aumentasse e salisse di quota, e se dall'altra parte del mondo invece di una giornata di sole potrebbe arrivare un uragano.



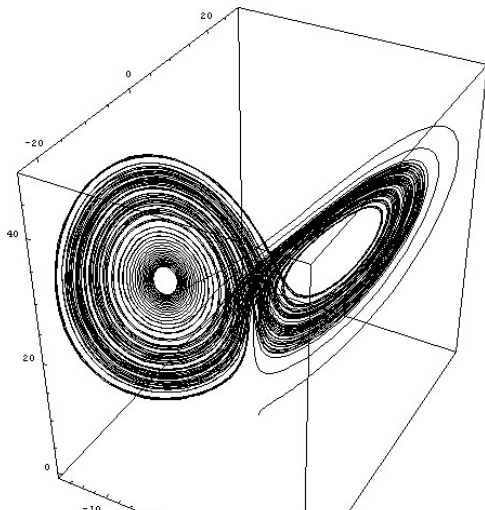
Ma quella farfalla?

- ▶ **Si ricorda che molte farfalle sono specie protette!**



La fisica dell'atmosfera dice che...

L'attrattore di Lorenz





La fisica è caotica!

- ▶ Non solo la matematica ma anche la fisica e il mondo reale sono caotici
- ▶ Il caos nasce anche in situazioni che ci sembrano banali e quotidiane
- ▶ Questo perchè molte volte la fisica studia modelli che **approssimano** la realtà e che hanno quindi dei **limiti di validità**
- ▶ La teoria del caos studia situazioni che non sono modellizzabili in maniera semplice o quello che succede quando i modelli semplici non valgono più



Di cosa ho parlato

- ▶ In matematica esistono funzioni che possono in determinate condizioni dare origine al caos
- ▶ Anche in fisica esistono situazioni caotiche come l'atmosfera o il sistema sole-terra-luna
- ▶ Il caos si riconosce perchè le descrizioni matematiche di questi fenomeni dipendono fortemente dalle condizioni iniziali e perchè esistono orbite non periodiche.



Arrivederci

- ▶ Gli esseri viventi di alcune specie si scambiano fra loro il DNA per evolvere
- ▶ Fate un paragone fra idee e DNA
- ▶ Scambiatevi idee
- ▶ Più sono le idee che scambiate più aumentano le vostre possibilità



- ▶ Presentazione rilasciata con licenza CC-BY-SA
- ▶ Immagine del metronomo di James F. Perry (CC-BY-SA)
- ▶ Immagine del flipper di James Stahlecker (Utilizzata per scopi didattici in base alla legge sul diritto d'autore italiana)