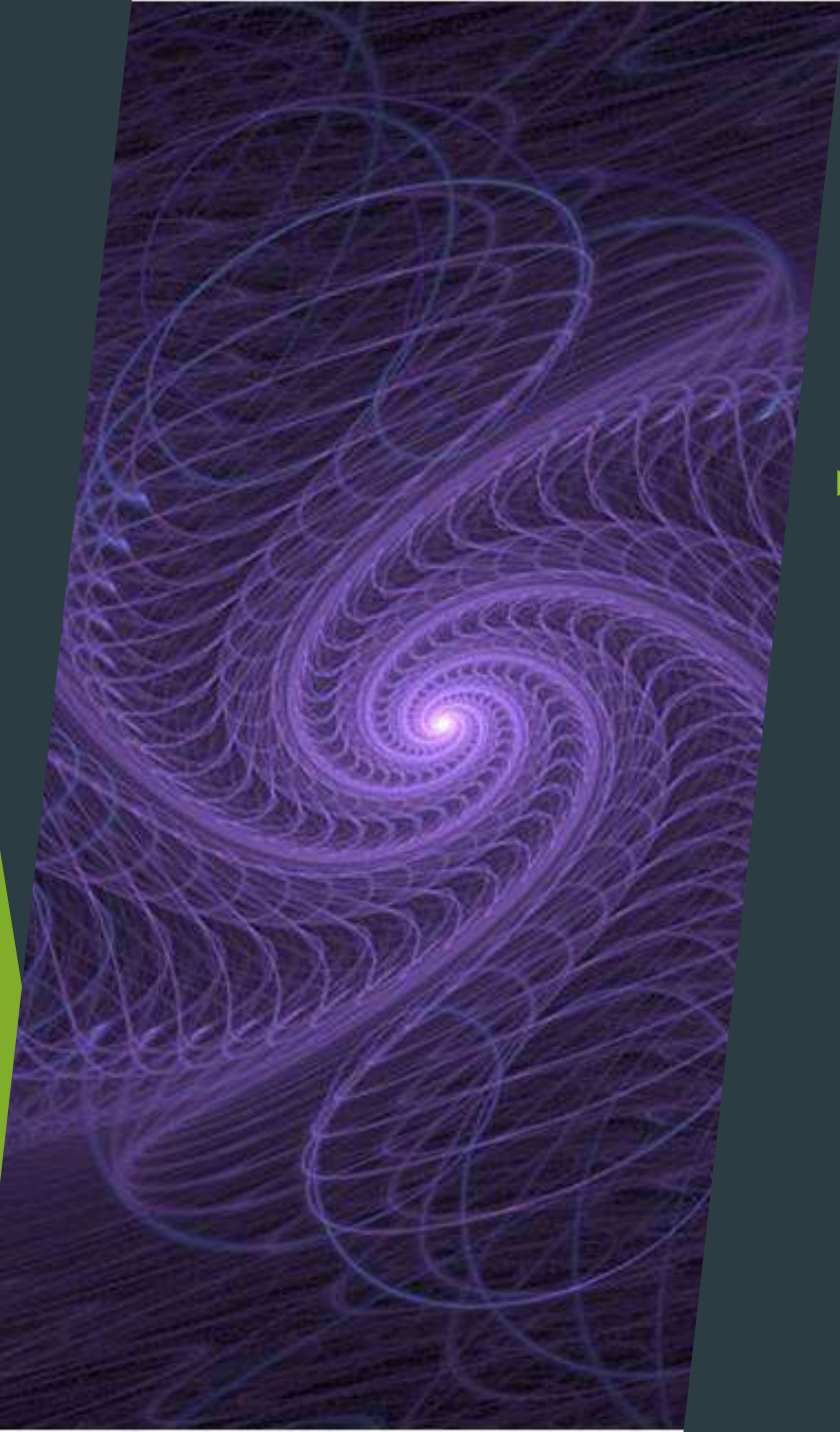




Teoria Haosului



Introducere privind Teoria Haosului

- ▶ **Teoria haosului sau teoria sistemelor complexe** este o ramură a matematicii și fizicii moderne care descrie comportamentul anumitor sisteme dinamice neliniare, a acelor sisteme care prezintă fenomenul de instabilitate numit sensibilitate față de condițiile inițiale, motiv pentru care comportamentul lor pe termen relativ lung (deși se conformează legilor deterministe) este imprevizibil, adică aparent haotic (de unde și denumirea teoriei).

Determinism și predictibilitate

Determinismul și predictibilitatea sunt aspecte ale modului de gândire al științei moderne. Spunem că un fenomen care s-a petrecut este rezultatul sigur al unui ansamblu de cauze, iar dacă aceste cauze sunt prezente fenomenul se va repeta în același fel(determinismul).

Predictibilitatea se referă la gradul de corectitudine, calitativă sau cantitativă, a unei previziuni privind stările unui sistem.

Turnul din Pisa este un exemplu de impredictibilitate.





Exemple de determinism și predictibilitate

- ▶ **Determinism:**
Aruncarea în câmp gravitațional. Comportarea corpurilor cerești în Sistemul solar.
 - ▶ **Predictibilitate:**
Prevederea vremii. Căderea unui corp. Aplicații ale mecanicii cuantice: radar, telefonie mobilă, ecrane LCD, sisteme GPS, lasere.
- 

Radar Meteorologic



"Evoluția este haos cu reacție inversă"
Joseph Ford, 1990

Demonul lui Laplace

Pierre-Simon, Marchiz de Laplace (n. 23 martie 1749, Beaumont-en-Auge - d. 5 martie 1827, Paris), a fost un matematician, astronom și fizician francez, celebru prin ipoteza cosmogonică *Kant-Laplace*, conform căreia sistemul solar s-a născut dintr-o nebuloasă în mișcare.

În 1814 Laplace a creat demonul, un experiment mental. Demonul cunoștea totul, poziția și viteza fiecărei particule în spațiu în orice moment de timp și putea prezice viitorul oricărei particule, cunoscând trecutul ei. Teoretic era un experiment mental posibil, deoarece se știa orbitele planetelor, se calculau aparițiile cometelor, evenimentele probabile sau aleatorii erau descrise de teoria probabilității.

Mecanica cuantică și descoperirea principiului incertitudinii al lui Heisenberg, care preciza imposibilitatea de a măsura concomitent viteza și coordonatele unei particule, a dovedit că sistemele cuantice nu se supun demonului lui Laplace, ele sunt principial imprevizibile.

Edward Norton Lorenz

- ▶ *EDWARD LORENZ s-a născut în 1917, în West Hartford, Connecticut. A urmat cursurile Facultății de matematică din cadrul Universității Harvard și și-a dat doctoratul în meteorologie la MIT, în 1948.*



Massachusetts Institute of Technology MIT

Massachusetts Institute of Technology este o universitate tehnică, particulară, de studii și cercetări, care se găsește în localitatea Cambridge, Massachusetts, Statele Unite ale Americii. MIT constă din cinci școli tehnice și un colegiu, care conțin 32 de departamente academice, puternic orientate către cercetarea științifică și tehnologică de natură teoretică, practică și interdisciplinară.

Fondurile pentru activitățile educaționale, respectiv de cercetare, sunt printre cele mai mari dintre toate universitățile din Statele Unite. Atât absolvenții, cât și membri activi ai facultăților sunt faimoși pentru excelența cercetării științifice și teoretice (63 de laureați ai premiului Nobel și 29 McArthur), spiritul antreprenorial și non-conformismul.



Massachusetts Institute of Technology

Teoria Haosului

Lucrând ca meteorolog la MIT, Lorenz a descoperit, în 1963, faptul că se poate obține un comportament haotic doar cu trei variabile, demonstrând astfel că o dinamică foarte complexă poate apărea într-un sistem foarte simplu din punct de vedere formal, idee intuită în secolul al XIX-lea de matematicianul francez Henri Poincaré.

Aceste observații au condus la formularea a ceea ce se numește efectul fluturelui, termen prezentat într-un studiu din 1972, intitulat "Previzibilitatea: poate bătaia din aripi a unui fluture din Brazilia să declanșeze o tornadă în Texas?".

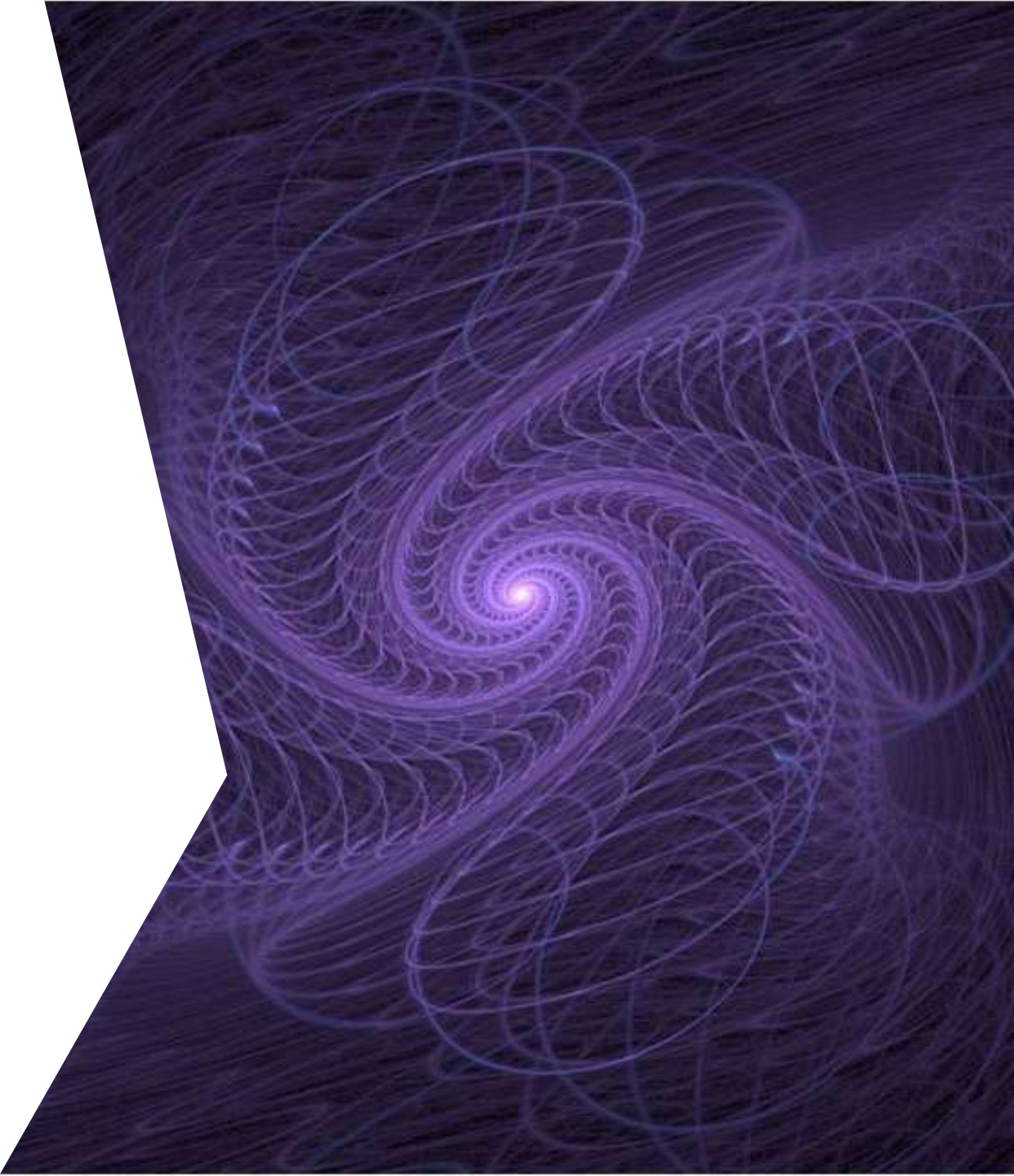
Efectul fluture



În anii 60' ai secolului trecut, când a folosit calculatorul pentru a crea modele ale situației meteo, Lorenz a observat cum mici ajustări ale valorilor de intrare (rotunjirea unor la valori, punând în loc de 0,345676, de pildă, 0,345) au generat scenarii ale vremii radical diferite față de cazul în care s-au păstrat valorile inițiale. Pe de altă parte, cercetătorul american a observat un fapt esențial, o caracteristică fundamentală a sistemelor haotice: la variații multiple a valorilor de intrare sunt favorizate anumite modele pentru rezultatele finale.

Efectul fluture

Așadar, deși nu se poate prezice exact care va fi modelul final în funcție de variabila modificată, anumite rezultate par a fi favorite, în pofida altora. Aceste modele favorite pentru a descrie starea finală a sistemului au fost denumite de Lorenz *atractori*.

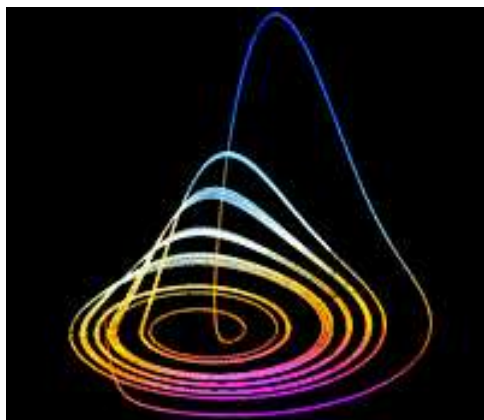


Exemple de atractori

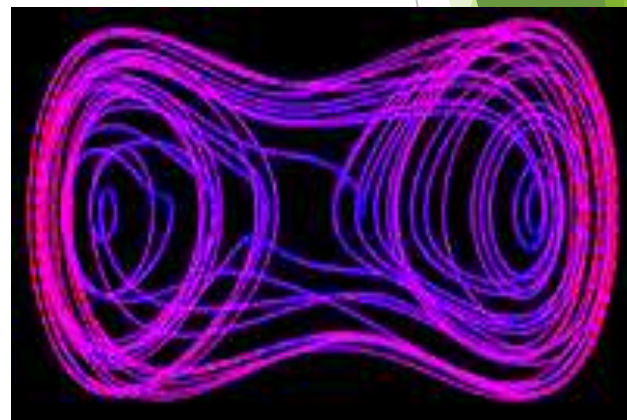
$$\begin{aligned}dx/dt &= a(y-x) \\ dy/dt &= -xz + cx - y \\ dz/dt &= xy - bz \\ a &= -1.4, b = 1.6, c = 1\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}dx/dt &= -(y+z) \\ dy/dt &= x + ay \\ dz/dt &= b + (x-c)z \\ a &= -0.2, b = 0.5, \\ c &= 5.7\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}dx/dt &= y \\ dy/dt &= x - x^3 - ay + b\cos(wt) \\ a &= 0.25, b = 0.3, w = 1\end{aligned}$$





Fractali

Un fractal este un obiect geometric care este neregulat sau discontinuu la orice scară l-am privi și care este „fracturat” într-un mod specific. Obiectul fractal poate fi desfăcut în părți care sunt fiecare similare cu obiectul original. Un fractal are o infinitate de detalii, care se prezintă într-o succesiune care se repetă.



Istoria Fractalilor

Istoria fractalilor are originea in anul 1975, cand apare lucrarea fondatorului geometriei fractale, Benoit Mandelbrot, *"O teorie a sistemelor fractale"*. Aparentele contradictorii dintre parerea acestuia despre matematica si natura rigida a matematicii impusa de matematicienii vremii, au generat aparitia unui nou concept, si anume a geometriei fractale .

Termenul de fractal a ajuns să descrie orice imagine care prezintă atributul de auto-similaritate.



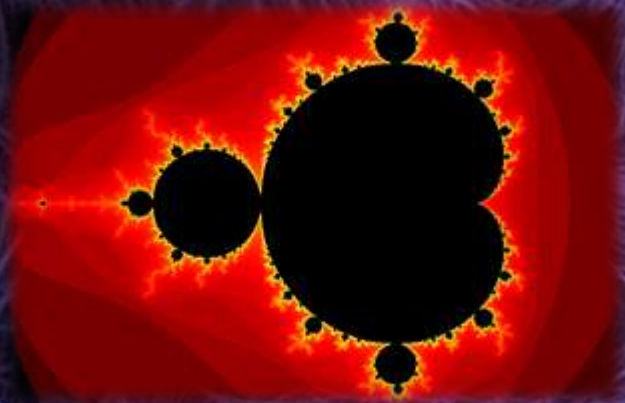
Benoît Mandelbrot



A fost un matematician celebru (n.nov.1924, Varșovia, Polonia, d. oct. 2010, Cambridge, Massachusetts, SUA). A avut contribuții în aplicații ale matematicii în fizică și finanțe, dar în primul rând este cunoscut ca părinte al geometriei fractale. Mulțimea lui Mandelbrot este numită astfel în cinstea lui.

Multimea lui Mandelbrot

Multimea lui Mandelbrot este un fractal care a devenit cunoscut în afara matematicii, atât pentru estetica sa, cât și pentru structura complicată, care are la bază o definiție simplă.



Tipuri de fractali



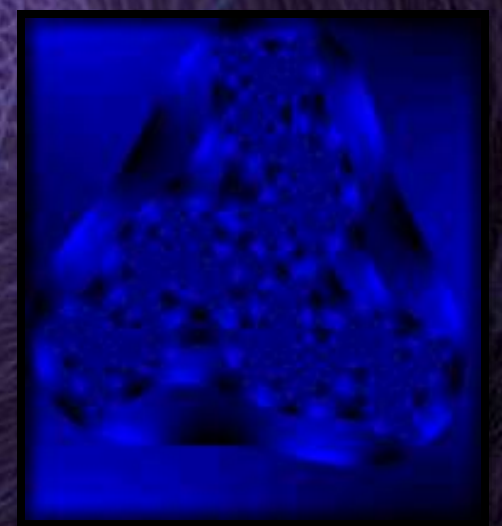
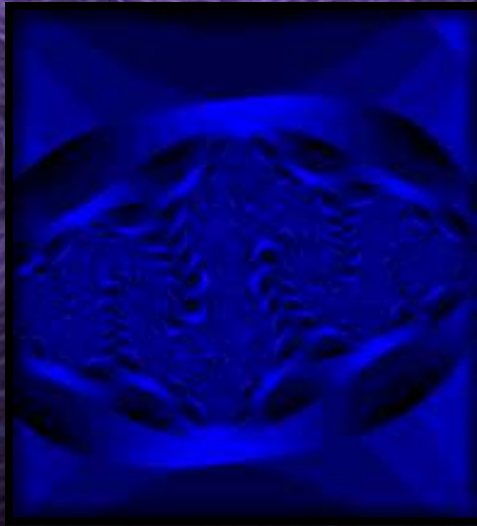
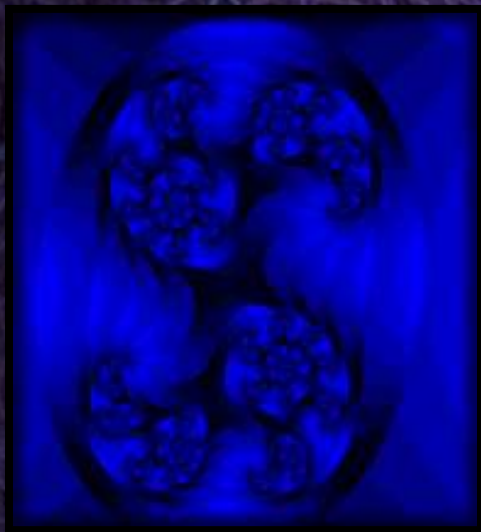
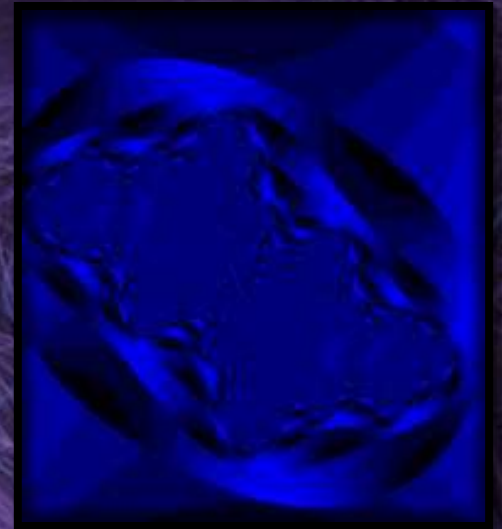
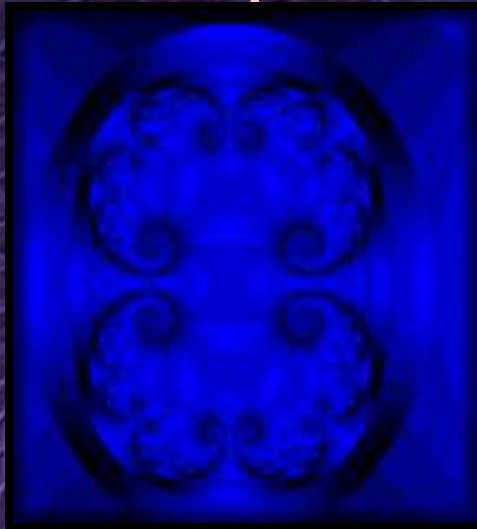
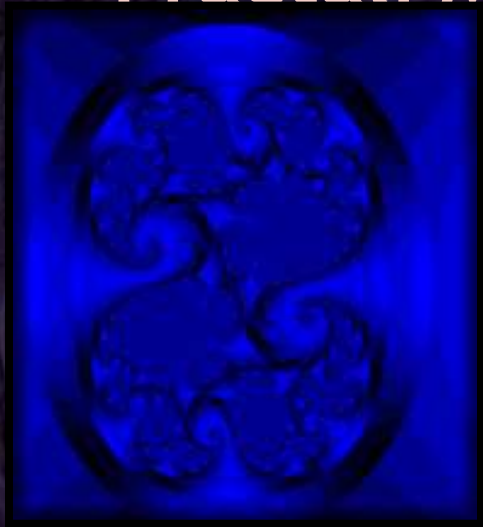
Fractali în natura

Fractali în
medicina

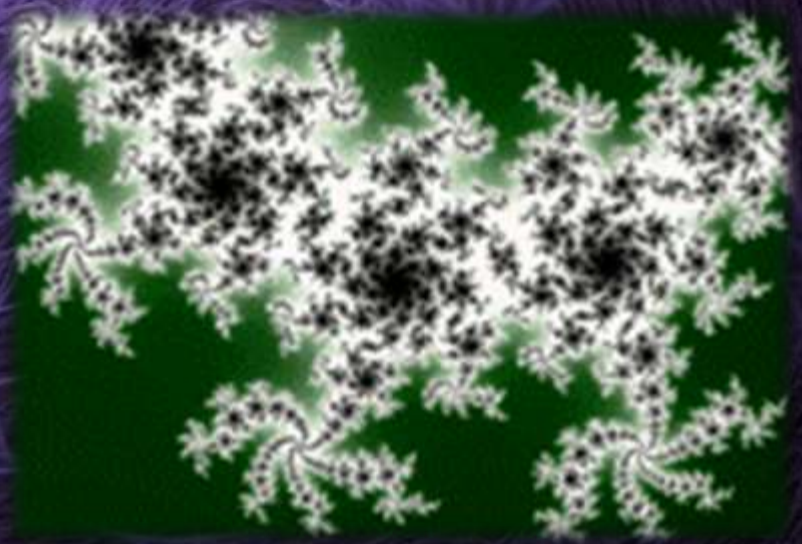


Fractali în artă

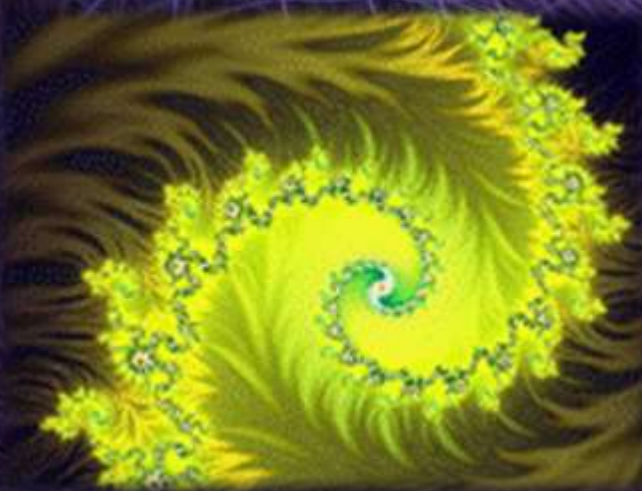
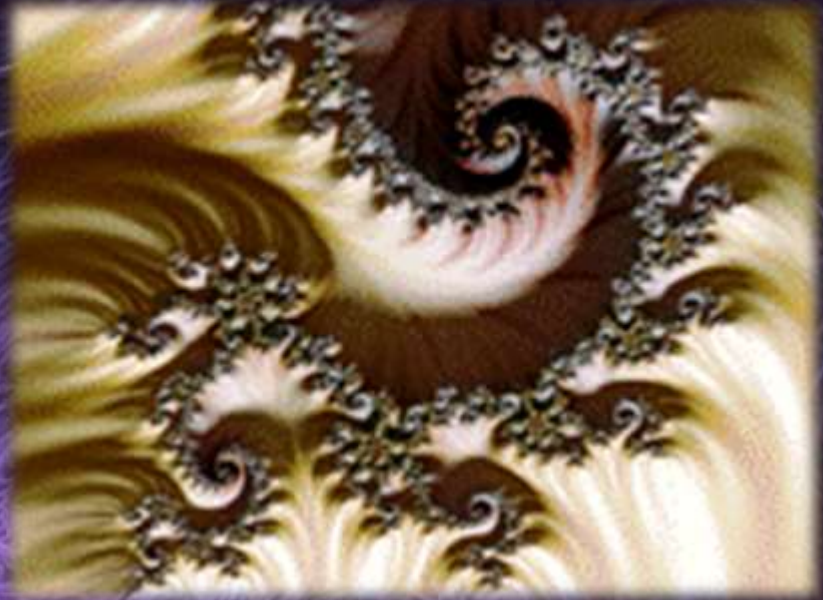
Fractali Mandelbrot și fractali

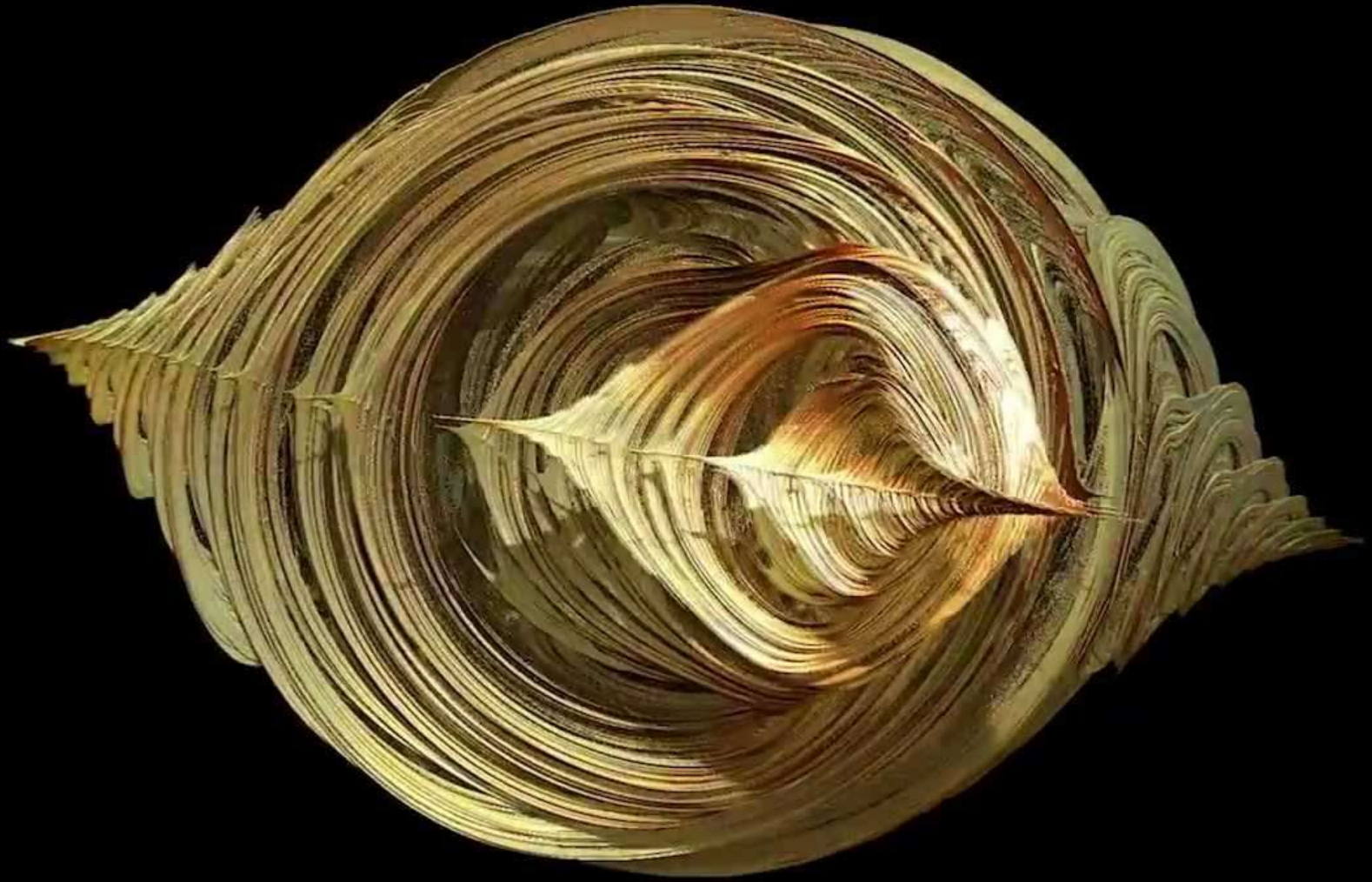


Fractali Mandelbrot și Julia

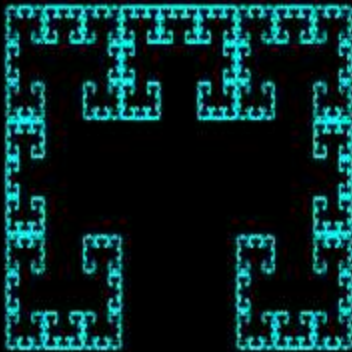
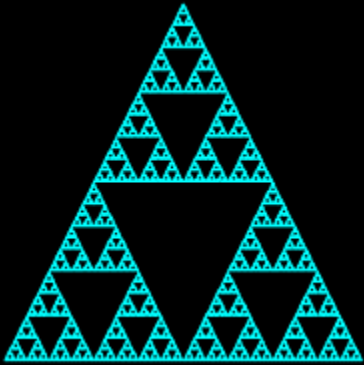


Fractali Mandelbrot și Julia

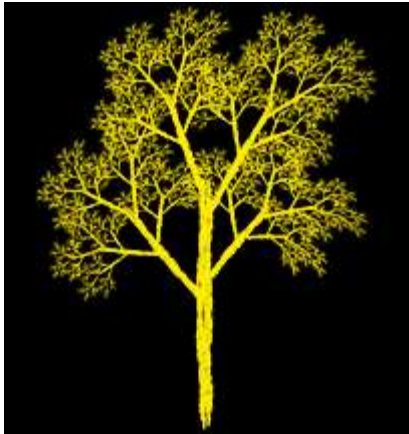




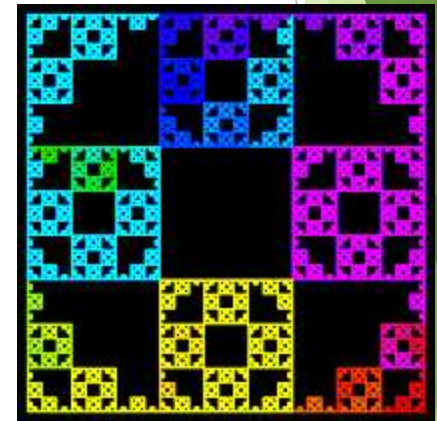
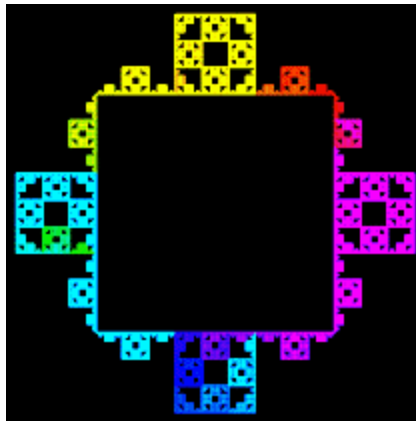
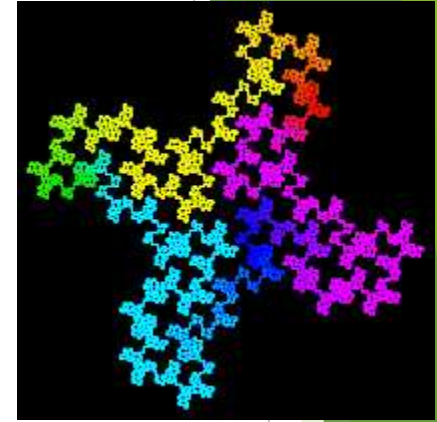
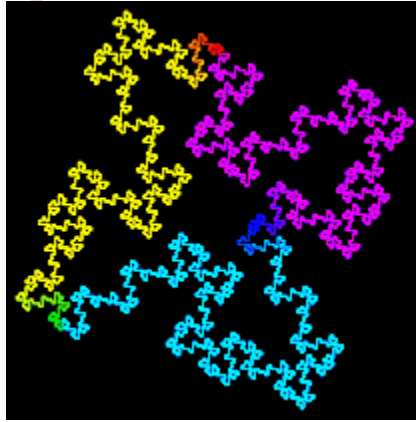
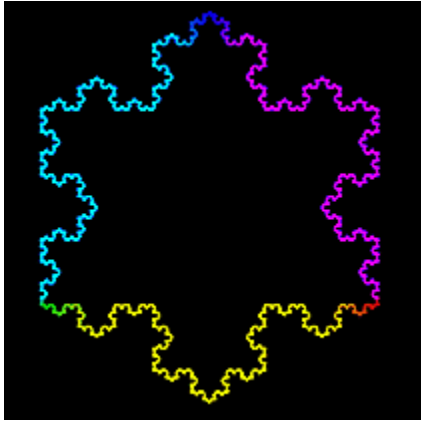
Fractali de tip IFS - forme regulate



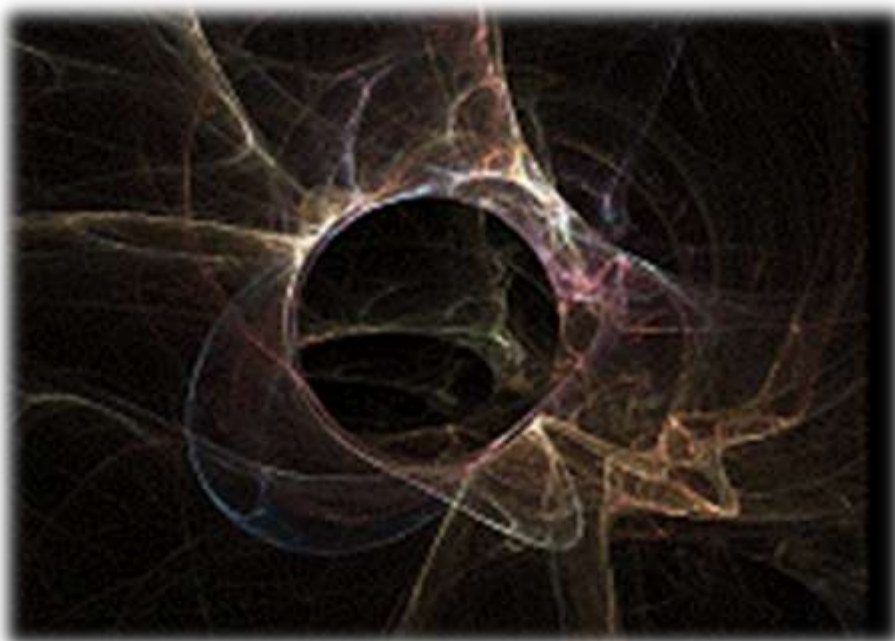
Fractali de tip IFS - forme cu ndent



Fractali de tip Lindenmayer



Fractali flamă



Actali flamă



Aplicații ale fractalilor

- ▶ Există patru clase fundamentale de sisteme fizice:
 - sisteme liniare conservative (ex. pendul fără frecări care oscilează liber)
 - sisteme neliniare conservative (ex. pendul fără frecări, împins)
 - sisteme liniare disipative (ex. pendul care oscilează liber într-o atmosferă care îi opune rezistență)
 - sisteme neliniare disipative (ex. pendul împins într-o atmosferă care îi opune rezistență).



Mihai Eminescu și teoria haosului

Cosmogonia a fost una din temele folosite frecvent de Mihai Eminescu în opera sa.

“Și din a chaosului văi,
Jur împrejur de sine,
Vedea, ca-n ziua cea dintâi,
Cum izvorau lumine;

Cum izvorând îl inconjur
Ca niște mări, de-a-notul...
El zboară, gând purtat de dor,
Pin' piere totul, totul;

Căci unde-ajunge nu-i hotar,
Nici ochi spre a cunoaște,
Și vremea-ncearca în zadar
Din goluri a se naște.

Nu e nimic și totuși e
O sete care-l soarbe,
E un adânc asemenea
Uitării celei oarbe.”

“Luceafărul”

“La-nceput, pe când ființă nu era, nici neființă,
Pe când totul era lipsă de viață și voință,
Când nu s-ascundea nimica, deși tot era ascuns...
Când pătruns de sine însuși odihnea cel nepătruns.
Fu prăpastie? genune? Fu noian întins de apă?
N-a fost lume pricepută și nici minte s-o priceapă,
Căci era un întuneric ca o mare fără-o rază,
Dar nici de văzut nu fuse și nici ochi care s-o vază.
Umbra celor nefăcute nu-ncepuse-a se desface,
Și în sine împăcată stăpânea eterna pace!...
Dar deodată-un punct se mișcă... cel întâi și singur. Iată-l
Cum din chaos face mumă, iară el devine Tatăl!...
Punctu-acela de mișcare, mult mai slab ca boaba spumii,
E stăpânul fără margini peste marginile lumii...
De-atunci negura eternă se desface în fășii,
De atunci răsare lumea, lună, soare și stihii...
De atunci și până astăzi colonii de lumi pierdute
Vin din sure văi de chaos pe cărări necunoscute
Și în roiuri luminoase izvorând din infinit,
Sunt atrase în viață de un dor nemărginit.”

“Scrisoarea I”