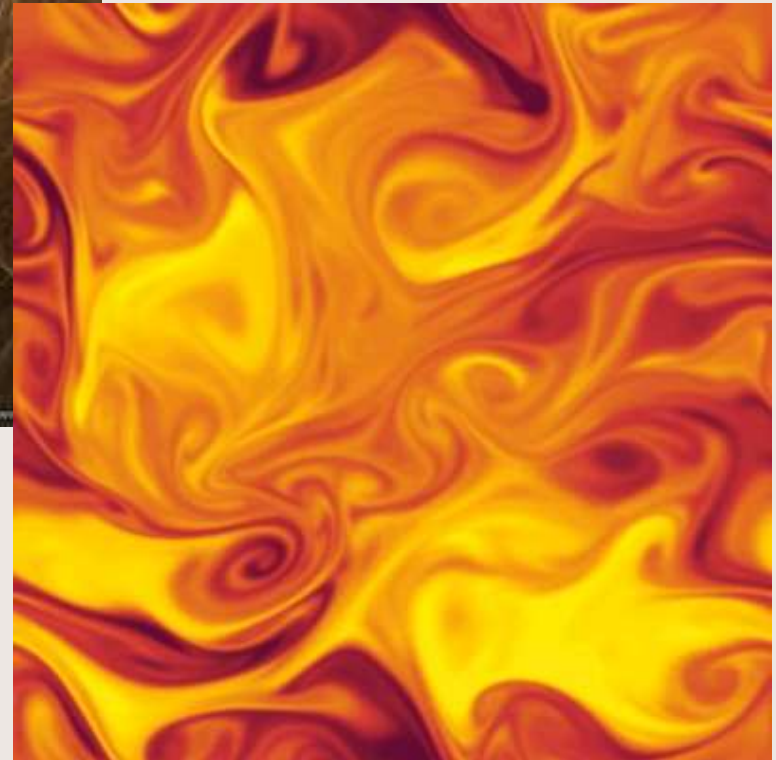
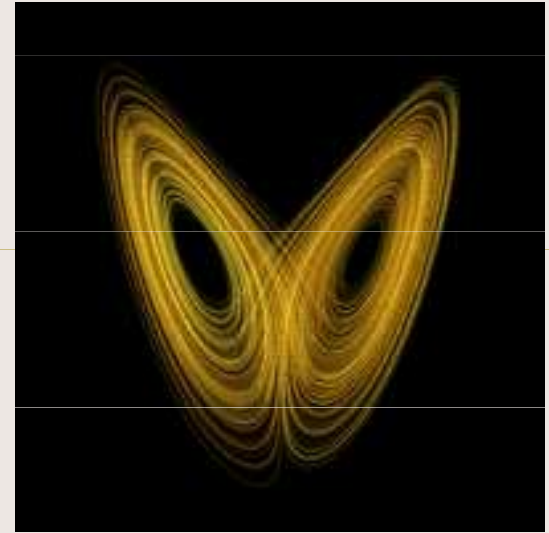
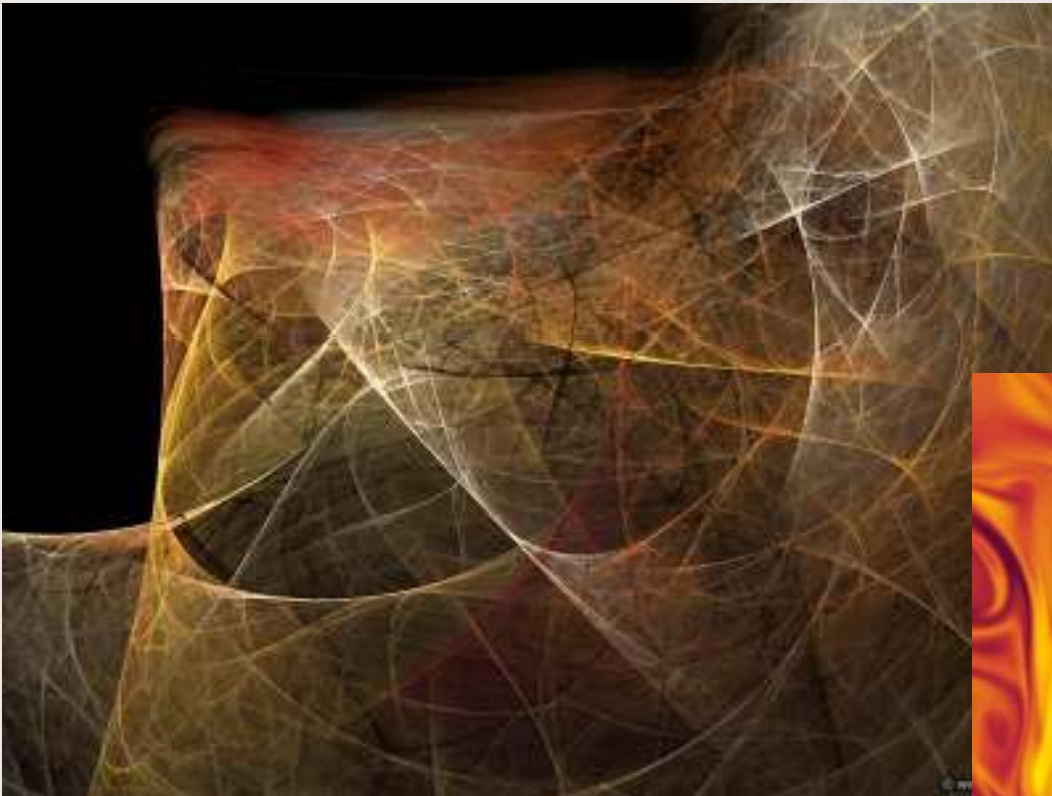


Teorie chaosu



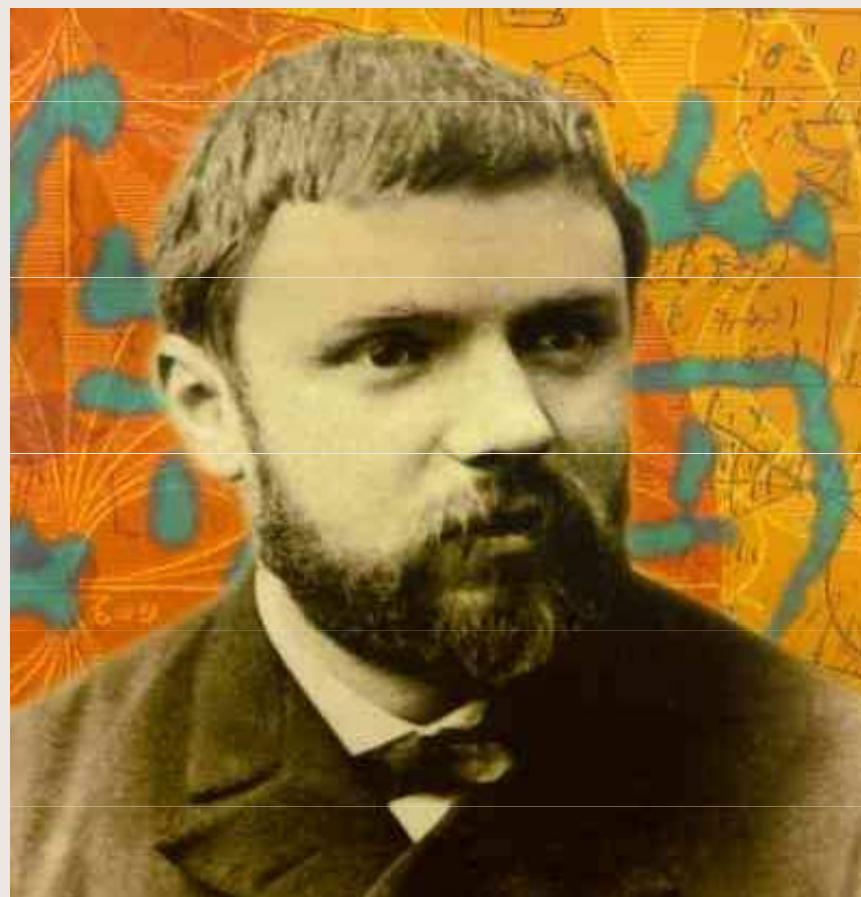
Co nás čeká:

- Vznik teorie
- Chaos a řád
- Základní pravidla teorie
- Nová podoba vědy
- Všudypřítomný chaos

http://www.youtube.com/watch?v=UY1P-9xj_GA&feature=related

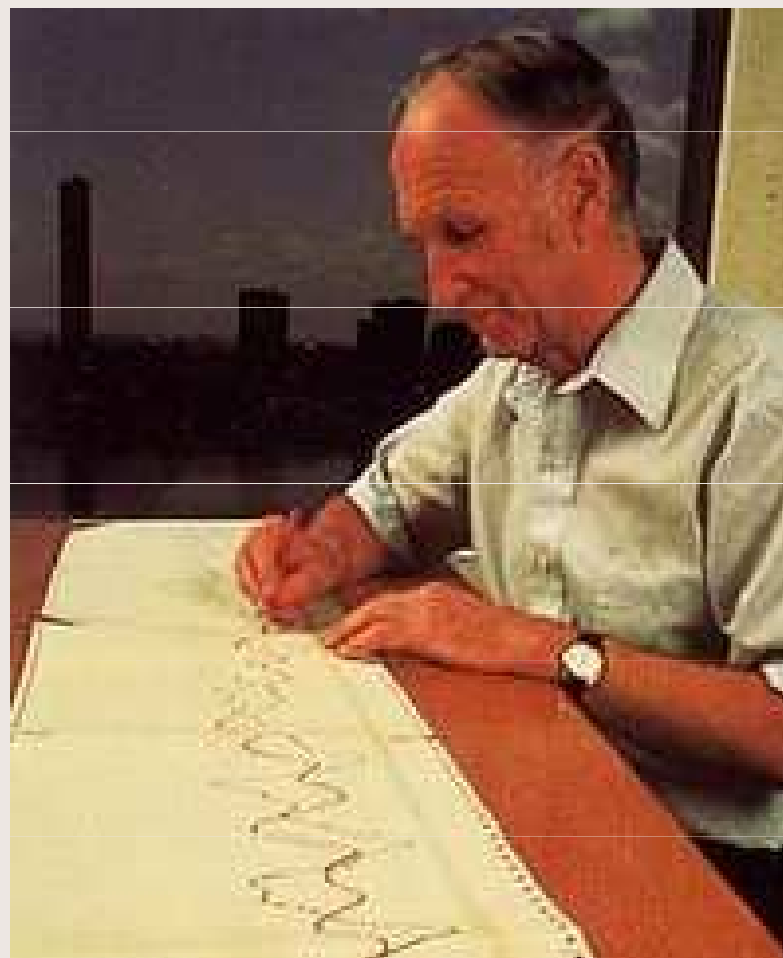
Vznik teorie

- **Henri Poincaré**
(1854-1912)
- *New Methods of
Celestial Mechanics*
(1892-1899)
- **problém tří těles v
nebeské mechanice –
objev neperiodických
orbit planet**



Vznik teorie

- **Edward Lorenz**
(*1917)
- *Deterministic
Nonperiodic Flow*
(1963)
- modely simulující
počasí v počítači –
objev **motýlího
efektu**



Chaos a řád

- tradičně je chaos chápán jako naprostá nepřítomnost řádu
- tradičně je řád chápán jako pravidelné chování, které jsme schopni předvídat
- v teorii chaosu jsou oba pojmy spojeny do pojmu tzv. **deterministického chaosu**

Deterministický chaos

- znaky:
 - a) deterministický**, protože je založen na *jednoduchých pravidlech* a vykazuje *pravidelné chování*
 - b) chaotický**, protože *neumožňuje předvídat* vývoj chování

Mezi chaosem a řádem

chaos
(ne-řád)



řád
(zákon)

Základní pravidla teorie

- Popis dynamického systému
- Nepředpověditelnost chování systému
 - a) bifurkační teorie
- Pravidelnost chování systému
 - a) atraktory

Popis dynamického systému

- **dynamický systém** – těleso nebo skupina těles, které se pohybují v prostoru
- chování dynamického systému popsáno:
 - a) zákony pohybu**
 - b) počátečními a okrajovými podmínkami**
- typy dynamických systémů:
 - a) lineární** – nezávisí na přesnosti určení počátečních podmínek
 - b) nelineární** – extrémně citlivé na určení počátečních podmínek

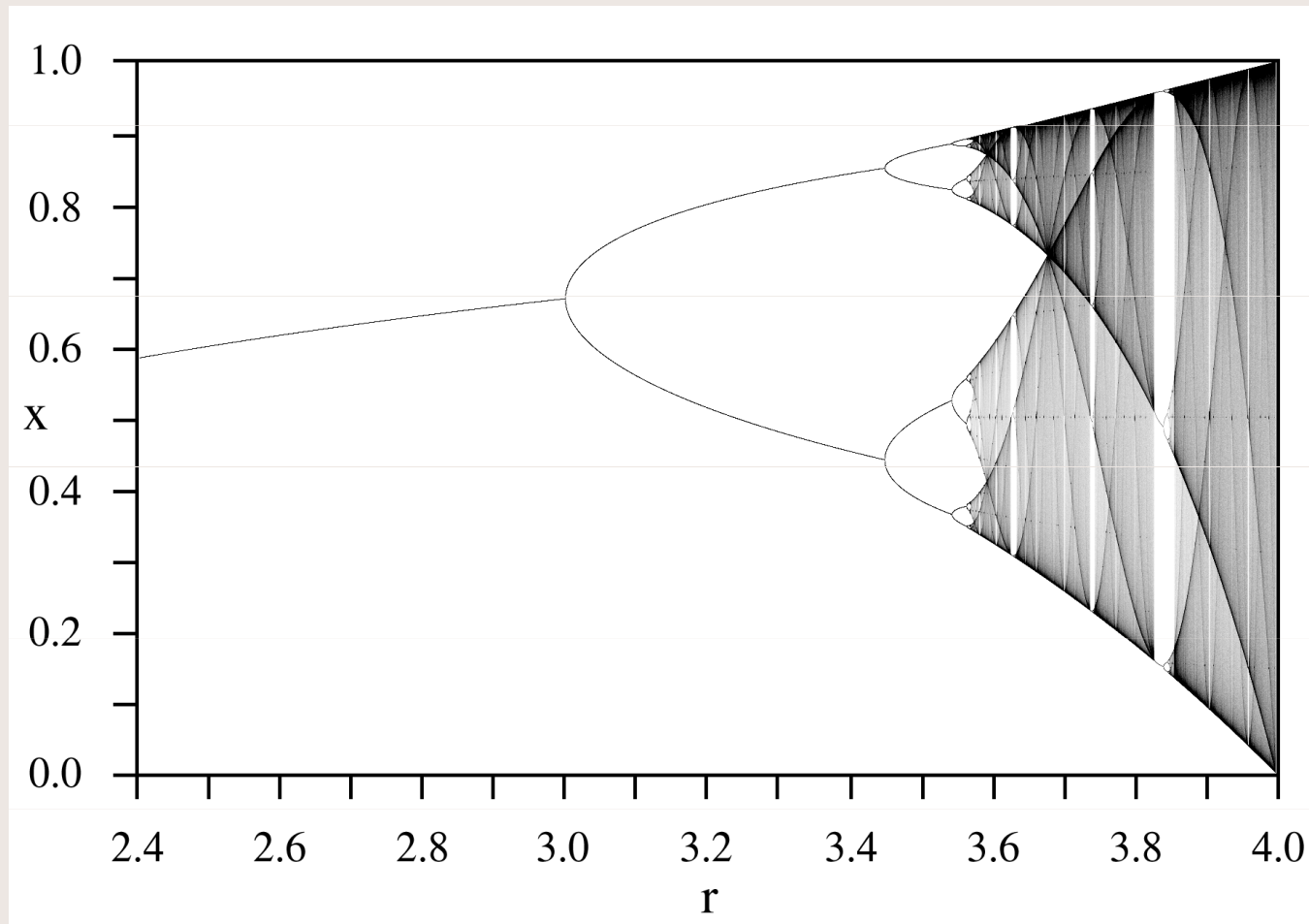
Nepředpověditelnost chování systému

- **motýlí efekt (extrémní citlivost na počáteční podmínky)** - model chování reálného systému pracuje s určitými hodnotami počátečních podmínek, které nemohou být známy přesně, proto se **chování reálného systému začne za krátkou dobu diametrálně odlišovat od chování modelu**
- **jedná se o principiální omezení**
- **platí pro nelineární dynamické systémy**
- **i v těchto systémech ale neplatí vždy, ale pouze při přesně vymezených situacích**

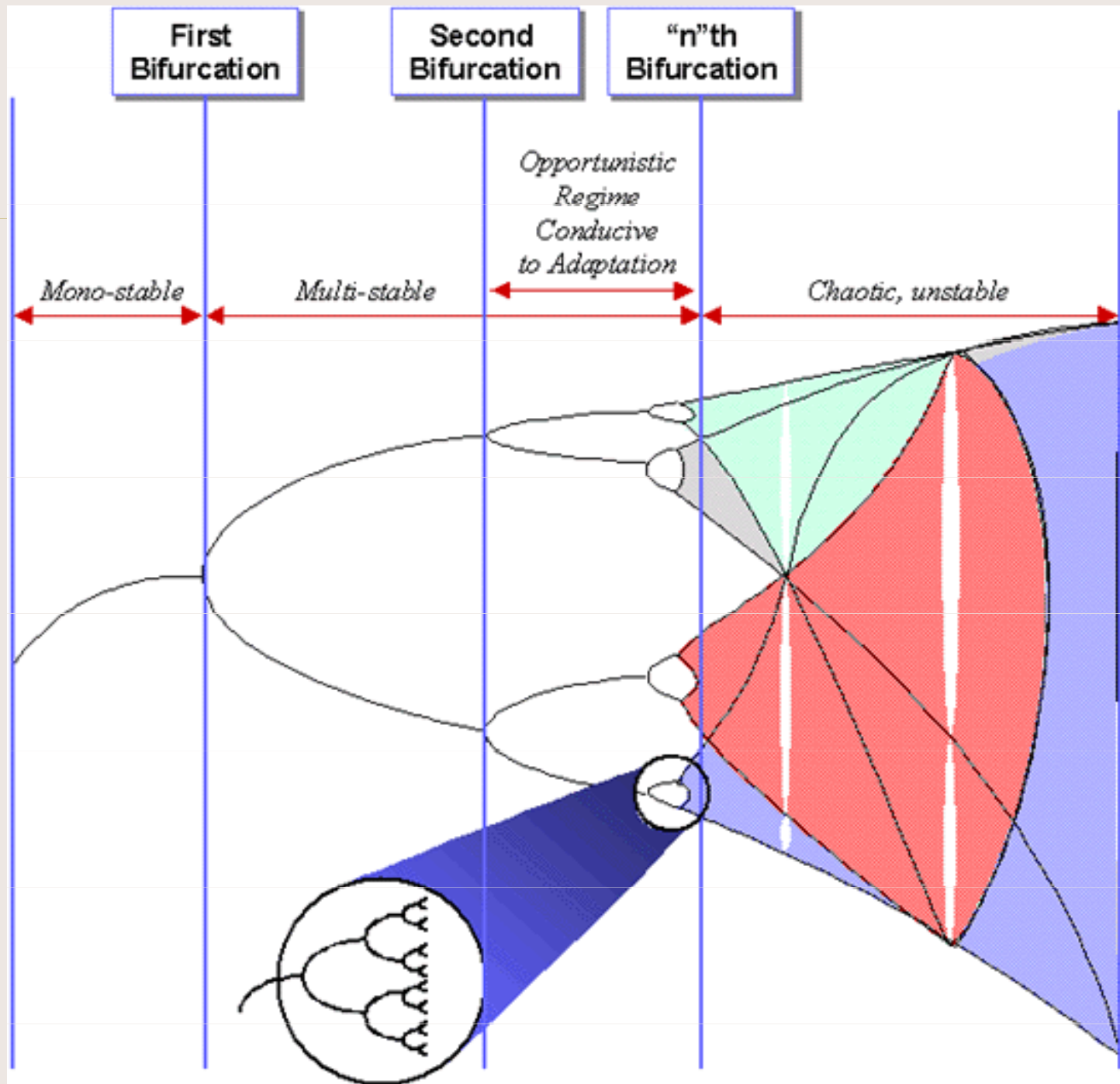
Bifurkační teorie

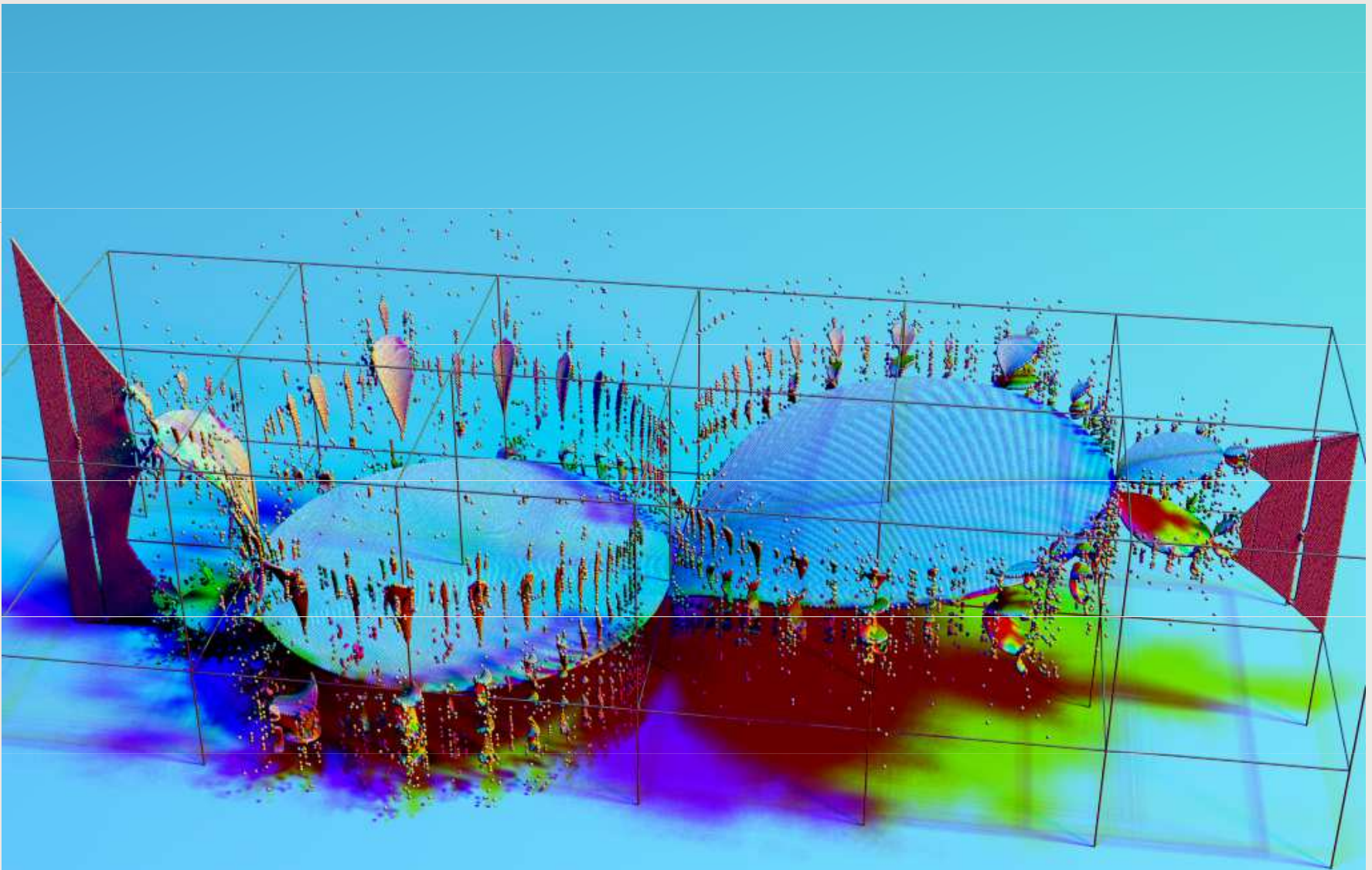
- popisuje vývoj dynamického systému v závislosti na **řídícím parametru (r)**
- podle hodnoty řídícího parametru podléhá vývoj systému **bifurkacím** – rozdvojení (jeho vývoj se stává nejednoznačným)
- **pro konkrétní hodnoty r také systém začíná být extrémně citlivý na počáteční podmínky**

Bifurkace v logistickém zobrazení



$$x_{n+1} = rx_n(1 - x_n)$$





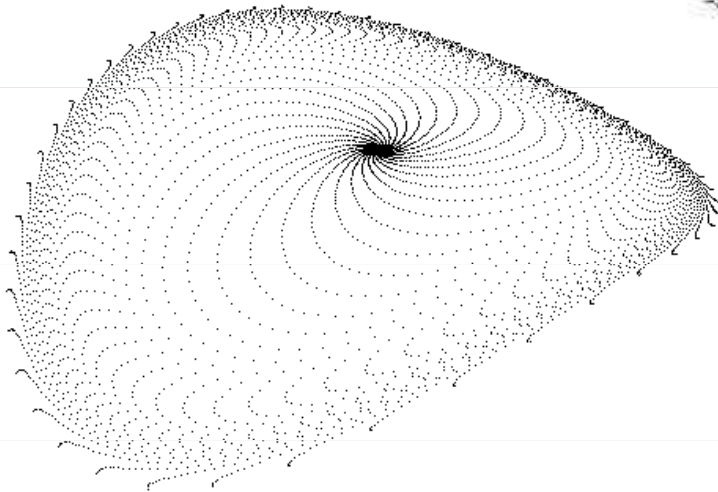
bifurkace pro komplexní r

Pravidelnost chování

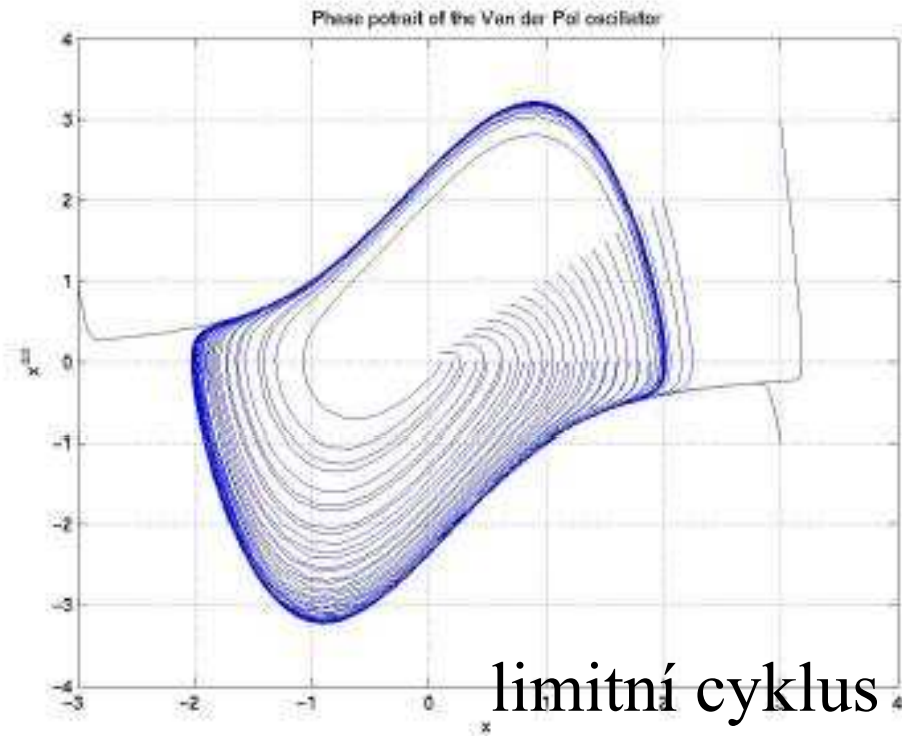
- ačkoliv systém podléhá bifurkacím a jeho chování se může stát nepředvídatelným, přesto můžeme chování systému popsat jako pravidelné
- nástrojem popisu je **atraktor** (oblast přitažlivosti) – **oblast v prostoru, v níž se odehrává pohyb systému**
- rozlišujeme: **bodový atraktor, limitní cyklus, ... podivný atraktor**

„Obyčejné“ atraktory

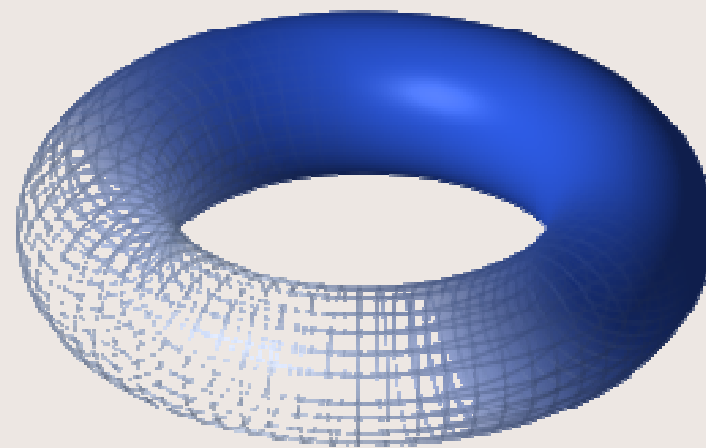
RFOUMYQULYQDQSPGYUKWKBKAUXYUSMJLJYFKJPUKEDQPJWBURCUAMXSNE



bodový atraktor

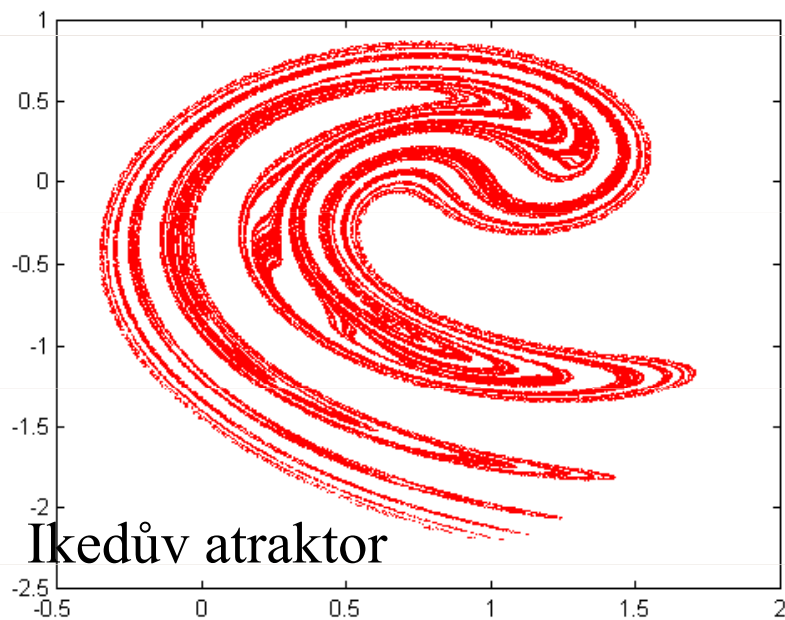
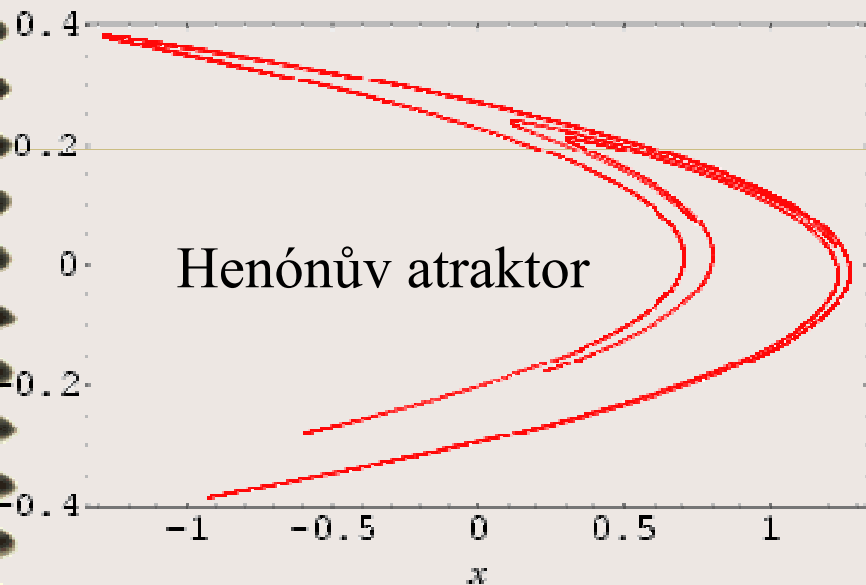


limitní cyklus

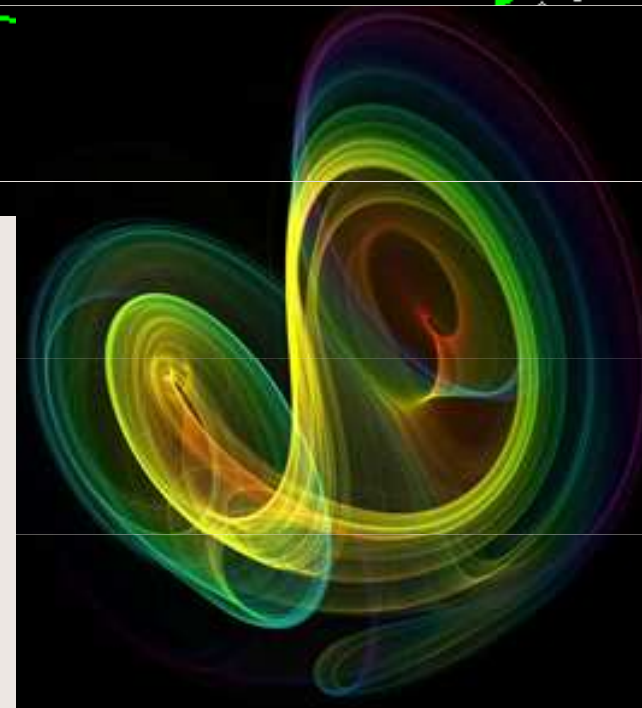
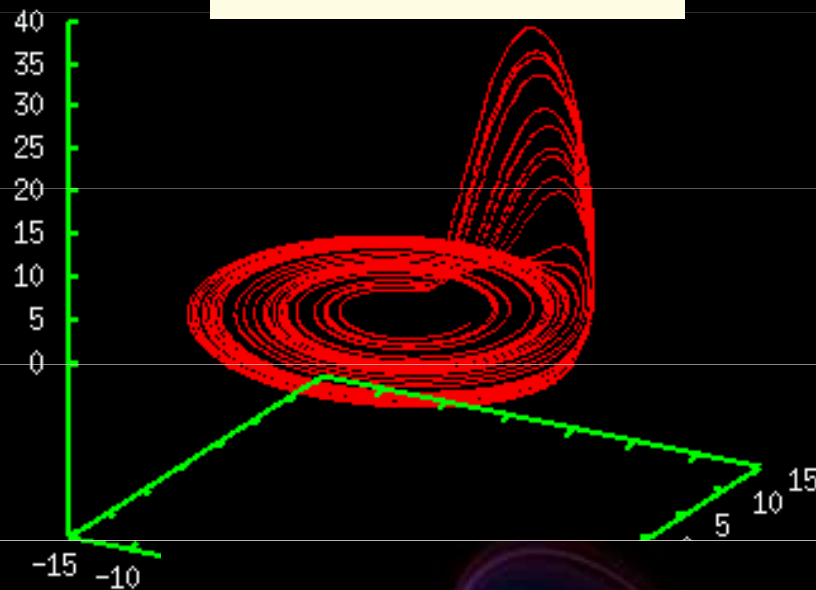


limitní torus

Podivné atraktory

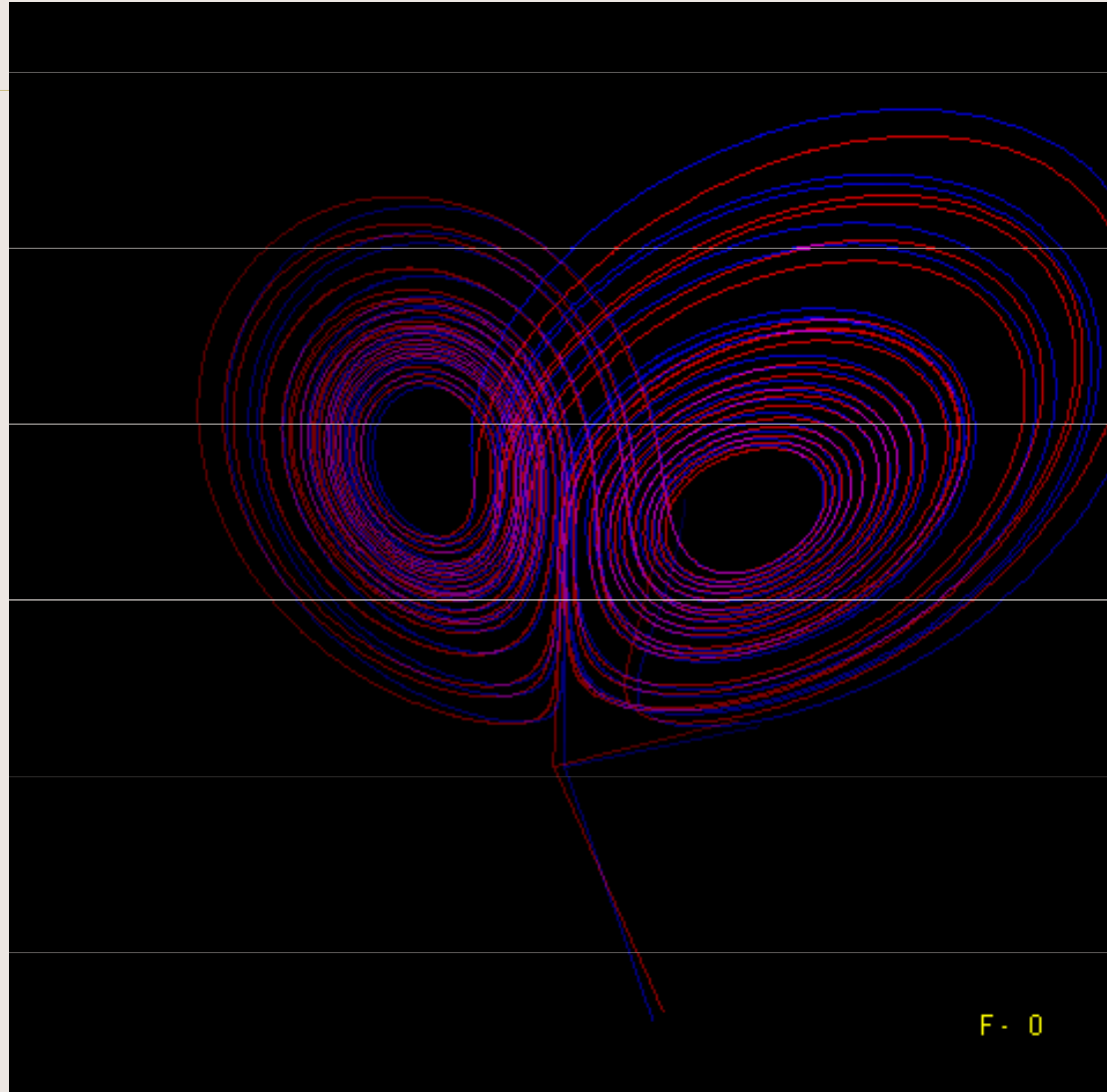


Rösslerův atraktor



Lorenzův atraktor

Lorenzův atraktor

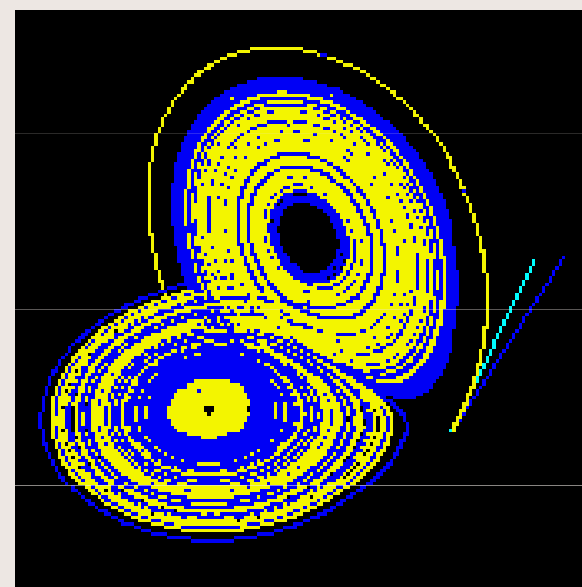
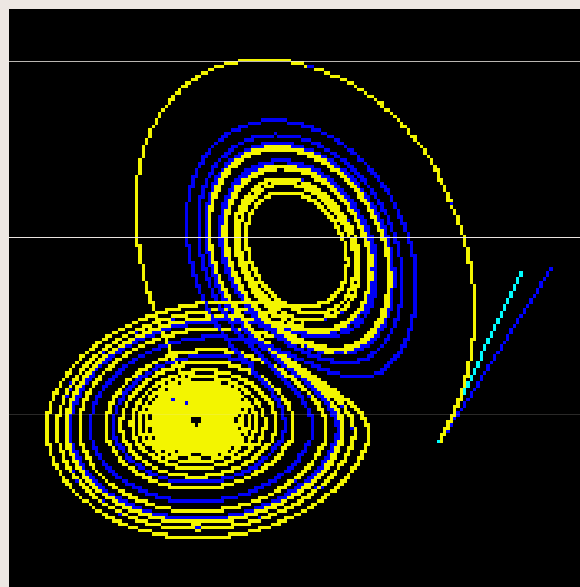
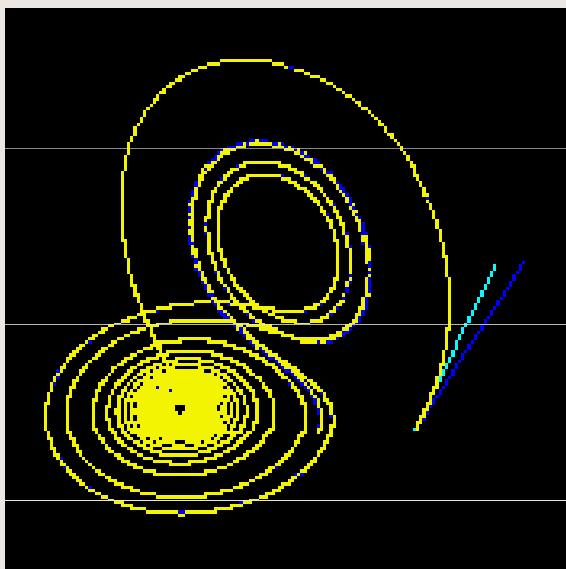


<http://faculty.virginia.edu/hudson/hudson.html?gallery1>

Co můžeme předvídat?

- jestliže systém inklinuje k „obyčejným“ **atraktorům**, pak můžeme **předvídat** principiálně **neomezeně**
- jestliže systém inklinuje k **podivným atraktorům**, pak **nemůžeme předvídat jeho detailní chování**, ale můžeme **popisovat jeho celkový stav** (kde je atraktor, tam je řád)
- systém je „lokálně nepredikovatelný, ale globálně stabilní“

Motýlí efekt



Nová podoba vědy

- **interdisciplinarita** – napříč obory zkoumány **izomorfní problémy**
- změna metod
- změna charakteru vědeckého poznávání

Nové metody

- **modelování** (počítačové)
- **numerické experimenty** („induktivní“ matematika)
- **holistický popis** systému (celek nelze analyzovat na části)
- **diachronní popis** (nevratnost)

Nový charakter poznání

- **kvalitativní x kvantitativní předpověditelnost**
- **geometrie chování x kauzální souvislosti chování**
- **popis řádu (pravidelnosti) x nalezení zákona**

Všudypřítomný chaos

- **teorie chaosu je jen speciálním případem teorie dynamický systémů (teorie komplexity)**
- **TDS se uplatňuje ve všech přírodních a už také v řadě kulturních věd**

Disipativní struktury v chemii

- samovolný vznik samoorganizovaných struktur v průběhu chemických reakcí
- řád může vzniknout spontánně, bez vnějšího působení
- *Řád z chaosu* (1984)



Ilya Prigogine

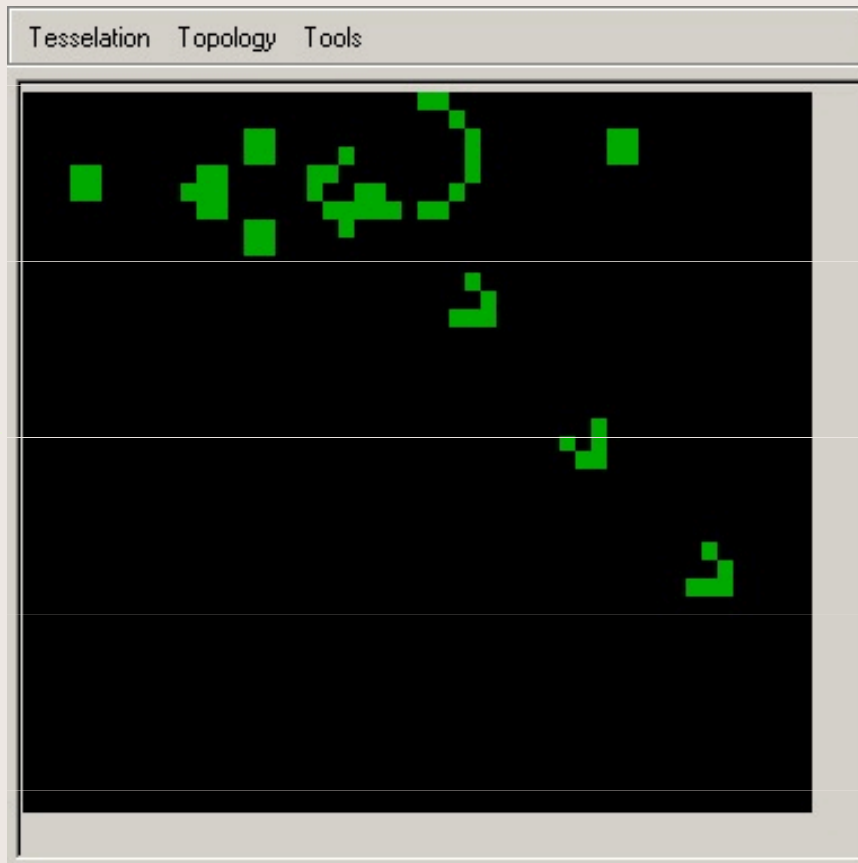
Autokatalytické sítě v biologii

- **modelování vzniku života**
prostřednictvím
autonomních agentů
tvořících
autokatalytické sítě
- matematizace biologie
- *Čtvrtý zákon* (2000)



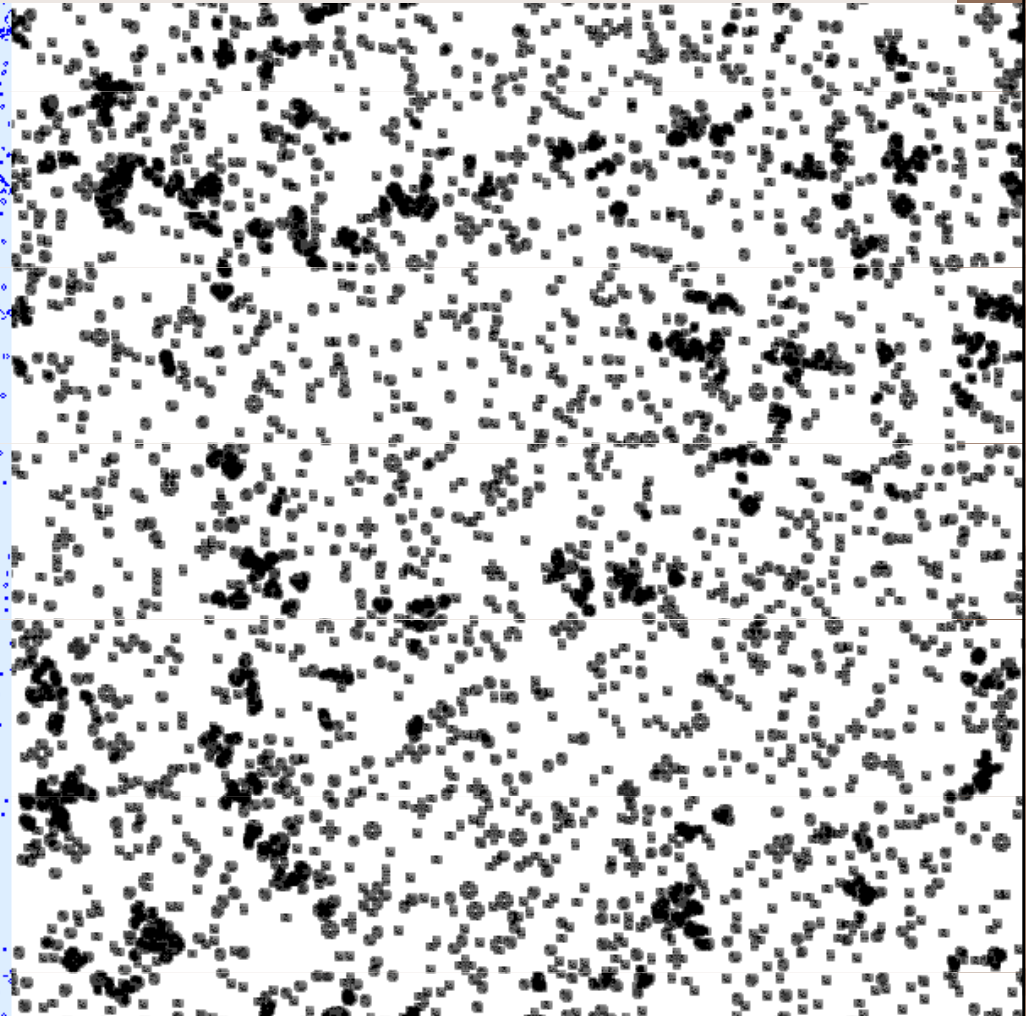
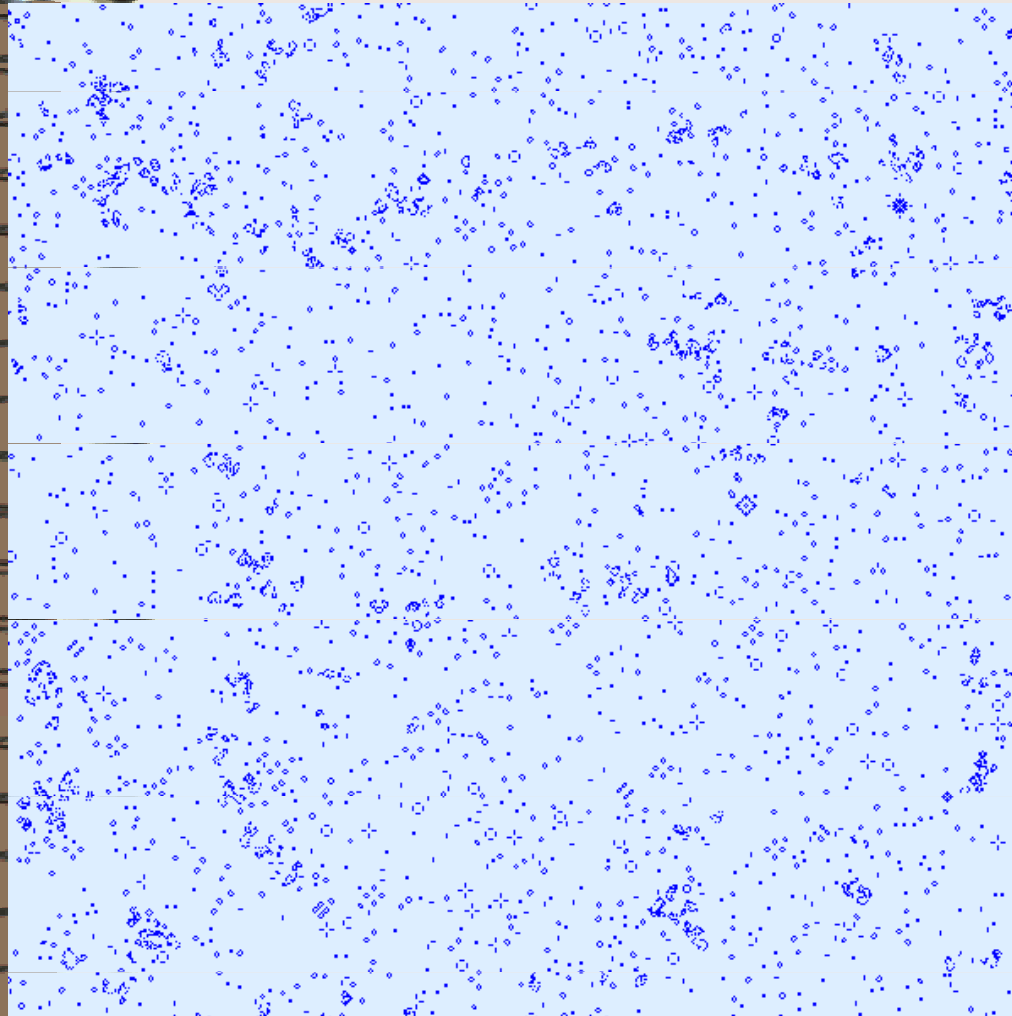
Stuart Kauffman

Modelování života



kluzákové dělo

- John Conway
Game of Life (1970)
- prostřednictvím
jednoduchých
pravidel lze generovat
složitě chování



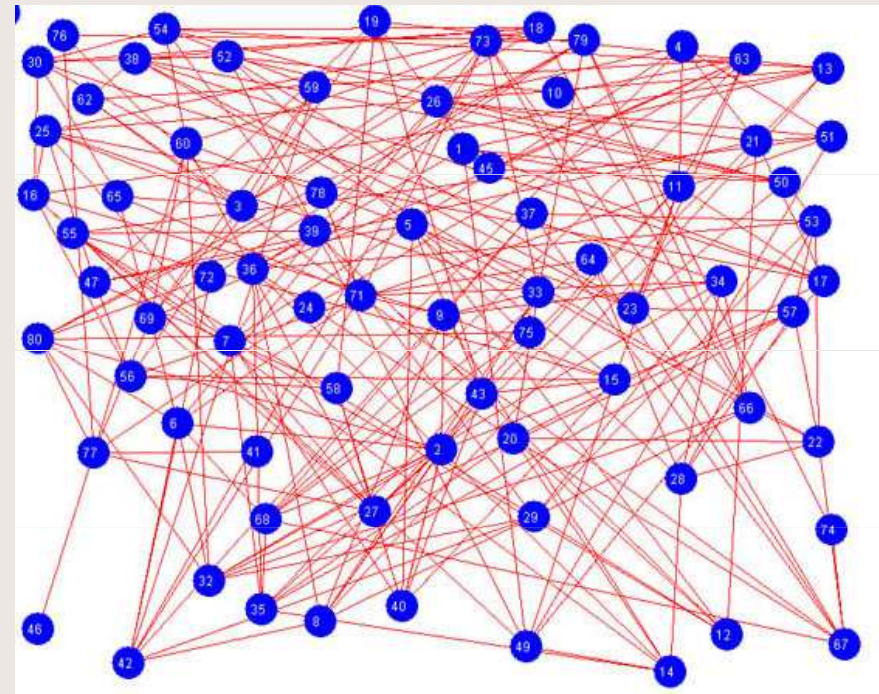
Modelování sociálních interakcí

- aplikace v ekonomii, sociologii, politologii, historii (?)



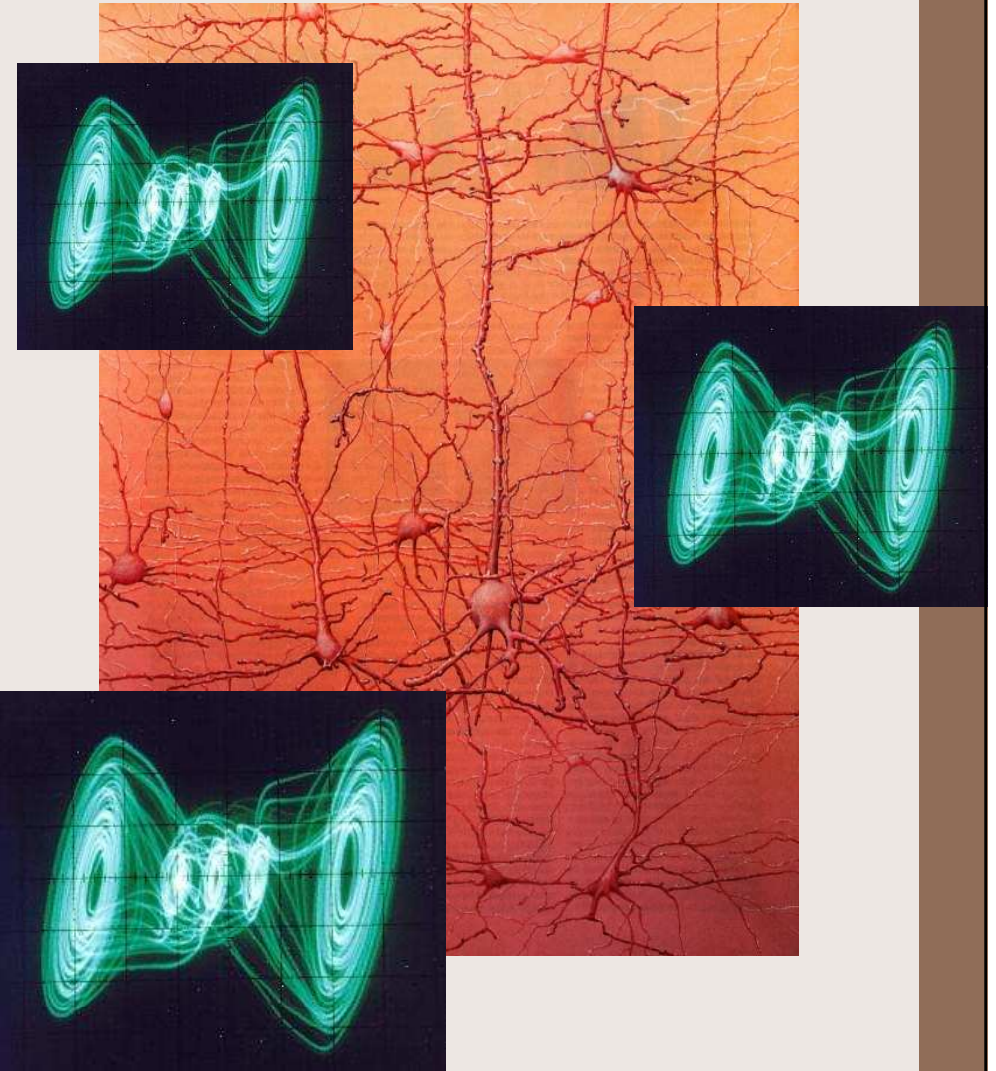
Umělé neuronové sítě

- sítě tvořené umělými neurony jsou schopny vstřebávat a uchovávat informaci (učit se a pamatovat si)
- John Hopfield (1982)

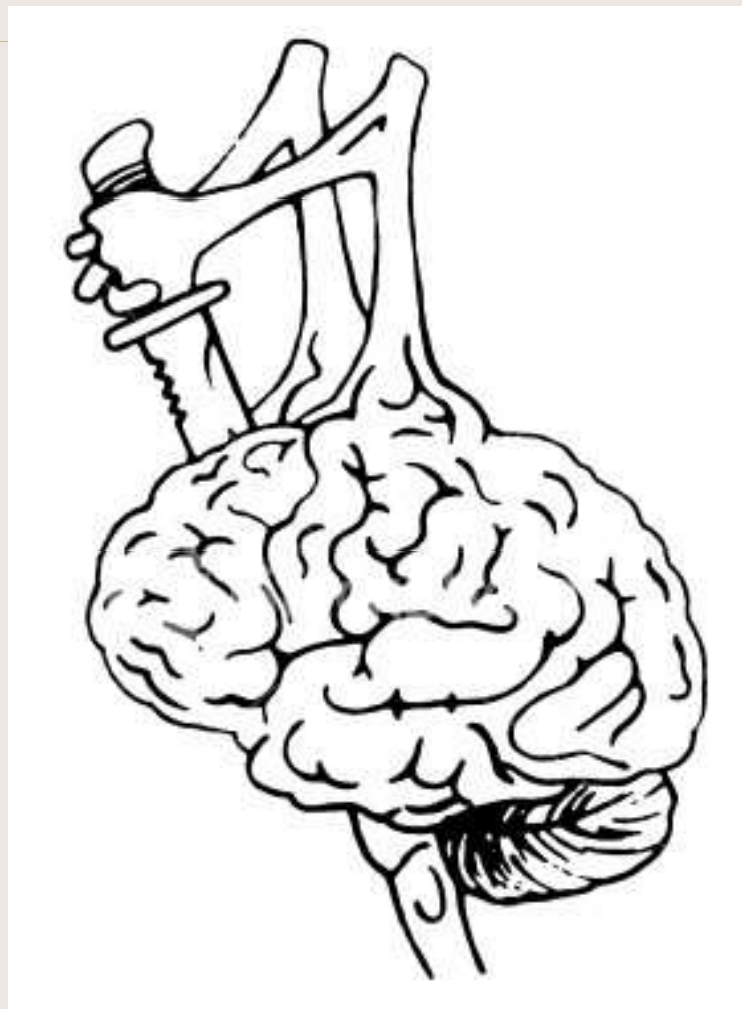


Deterministický chaos v mozku

- mozek osciluje mezi periodickou a neperiodickou aktivitou
- chaotická aktivita souvisí s pamětí a vyššími kognitivními funkcemi
- Walter J. Freeman *How Brains Make up Their Minds* (1999)



..mnoho štěstí při sebezpytování..



Děkuji za pozornost