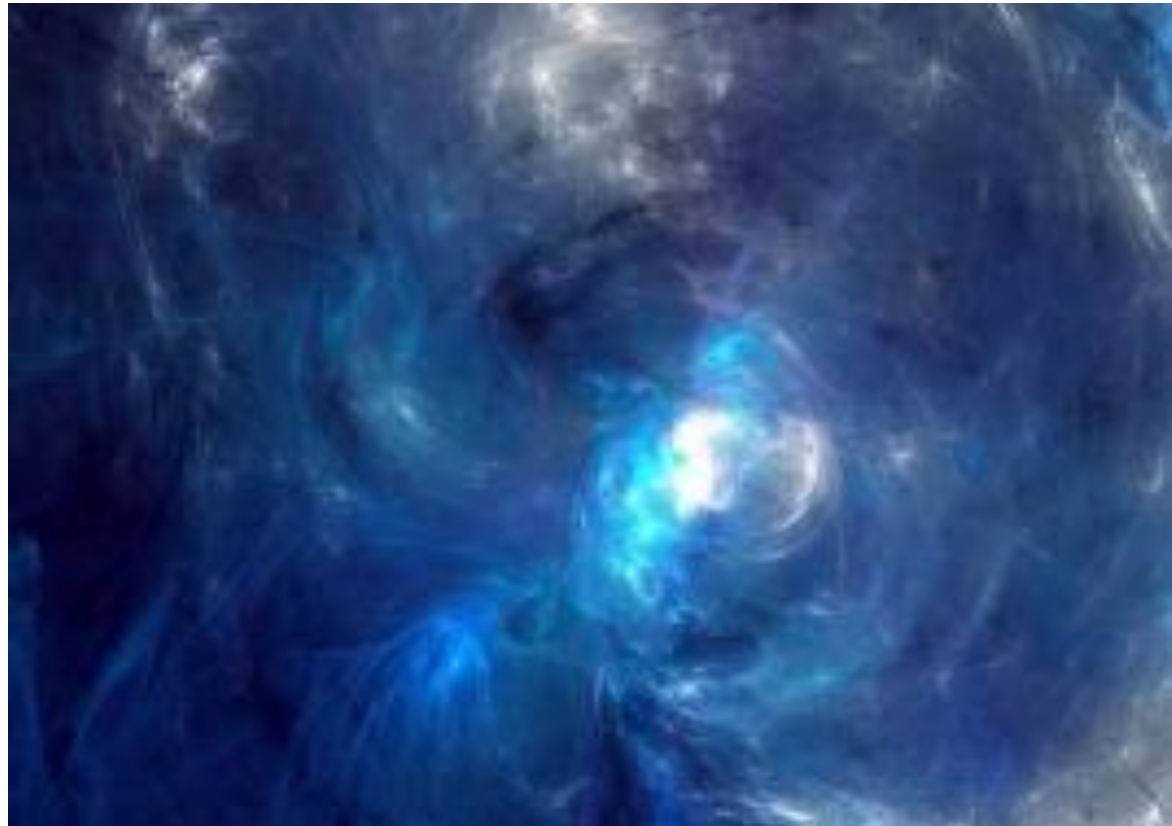


# Лекция.

## Постнеклассическая наука

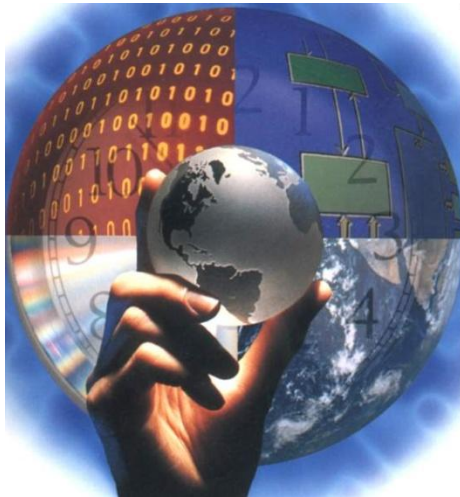


# Вопросы

1. Особенности постнеклассической науки.
2. Синергетика как наука о самоорганизации сложных систем


# 1. Особенности современной постнеклассической науки

- Во второй половине XX в. в науке произошли радикальные изменения, позволившие говорить о новом, постнеклассическом, этапе ее развития.

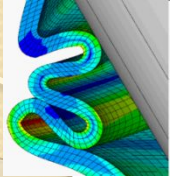


# Признаки постнеклассической науки:

- изменение характера научной деятельности, обусловленное революцией в средствах получения и хранения знаний;
- распространение междисциплинарных исследований и комплексных исследовательских программ;

- 
- изменение самого объекта - открытые саморазвивающиеся системы;
  - использование в естествознании методов гуманитарных наук, в частности, принципа исторической реконструкции;
  - включение аксиологических факторов в состав объясняющих предложений.

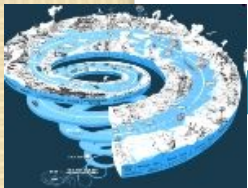
# Ключевые идеи постнеклассической науки



- нелинейность,



- коэволюция,



- самоорганизация,

- глобальный эволюционизм,



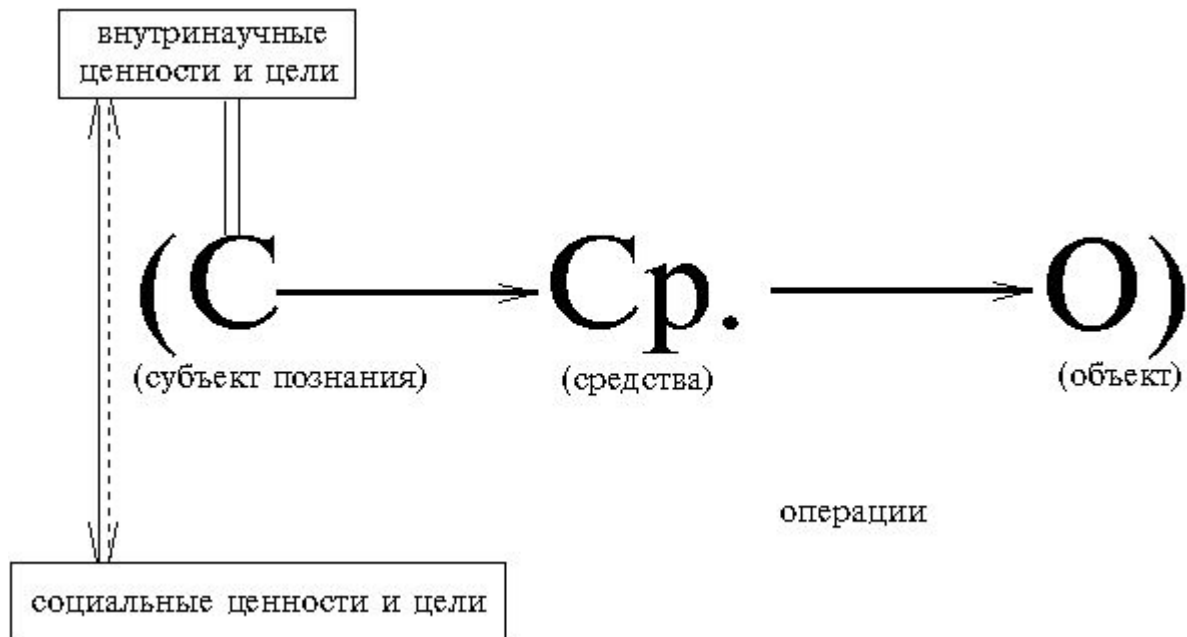
- синхронистичности,

- системности.

# Объекты постнеклассической науки имеют ряд особенностей:

- представляют собой сложные самоорганизующиеся системы исторически развивающиеся, переходящие на новые уровни организации;
- *человекоразмерность*, согласно которой человек включен в объект исследования, не только через условия познания, а как изначально необходимая часть реальности (антропный принцип), особое внимание уделяется сложным природным комплексам, включающим человека, таким как биосфера, ноосфера, биотехнические системы;
- исследуемый объект взаимодействует с множеством других объектов, являясь фрагментом целостного мира, т.е. осознается необходимость всестороннего глобального взгляда на мир.

# Схема постнеклассической научной рациональности





## 2. Синергетика как наука о самоорганизации

Илья Пригожин  
(1917-2003)



Создатель неравновесной  
термодинамики.

*Что можно сказать о хаосе?*

# **Х А О С**

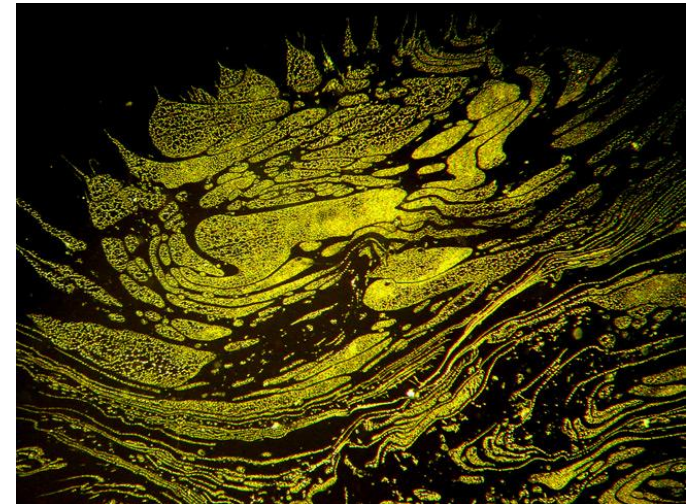
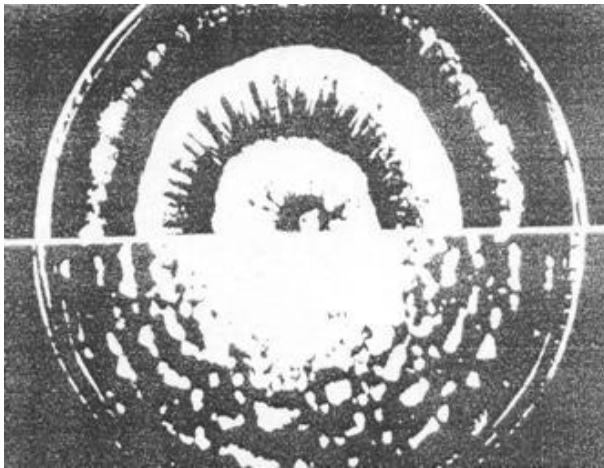
**Хаос - конструктивное начало, обязательное условие  
с а м о р а з в и т и я**

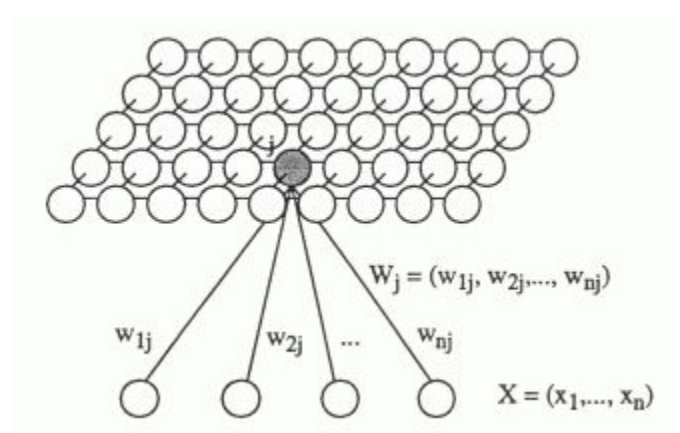
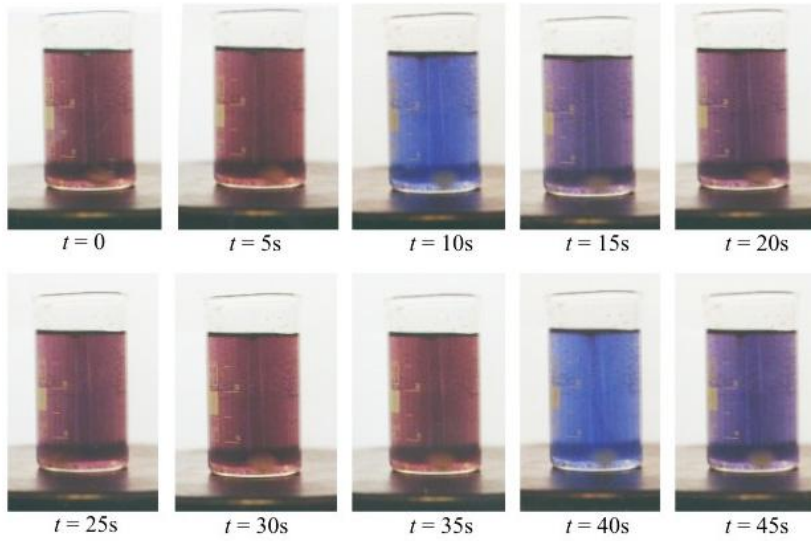
**Хаос - кажущийся беспорядок огромного числа порядков  
(пламя:  $10^{152}$  возможных структур!)**

**Это сверхсложная структура, но может быть описана  
математически, т.е. имеет внутренний порядок**

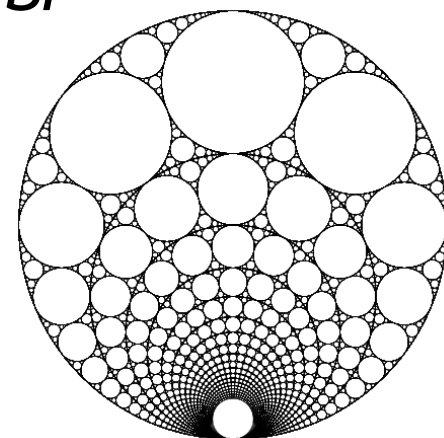
# Самоорганизация-

- Спонтанный переход открытых неравновесных систем от менее сложных и организованных форм к более сложным и организованным





- **Синергетика** (по греч. *synergos* – согласованный, совместно действующий) – наука о самоорганизации сложных систем
- *о самопроизвольном возникновении и самоподдержании упорядоченных временных и пространственных структур в открытых нелинейных системах различной природы*



## БИОСФЕРНЫЙ

Биосфера — оболочка Земли, развивающаяся под воздействием живых организмов



Планета Земля

## ЭКОСИСТЕМНЫЙ

Экосистема — совокупность живых организмов и среды обитания, связанных между собой обменом веществ, энергии и информации



Лесостепь



Антилопы

## ПОПУЛЯЦИОННО-ВИДОВОЙ

Популяция — совокупность особей одного вида, обладающих общим генофондом и занимающих определенную территорию. Виды существуют в форме популяций



Зеленая жаба



Животная клетка

## ОРГАНИЗМЕННЫЙ

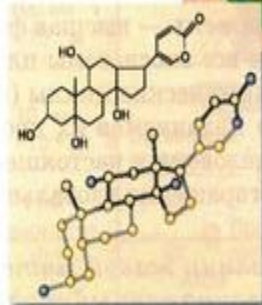
Организм — отдельное живое существо, относительно самостоятельно взаимодействующее со средой обитания

## КЛЕТочный

Клетка — основная структурная и функциональная единица живых организмов, элементарная живая система

## МОЛЕКУЛЯРНЫЙ

Органические и неорганические молекулы, входящие в состав живых систем, а также их разнообразные комплексы



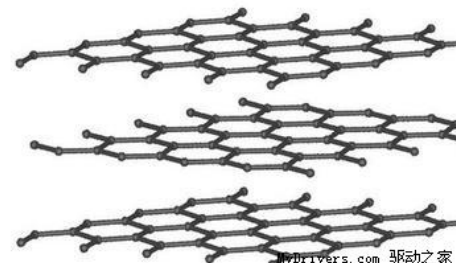
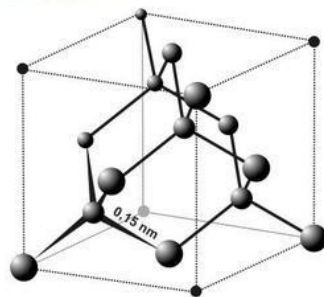
Молекула стероидного токсина зеленой жабы

**Система -**  
упорядоченное  
множество  
взаимосвязанных  
элементов,  
обладающих  
структурой.

**Структура – это**  
совокупность  
устойчивых связей и  
отношений между  
элементами.

# Наиболее общие свойства систем:

1. Поведение систем зависит не столько от свойств их элементов, сколько от композиции и связей между ними (напр. в зависимости от структуры кристаллической решетки углерод может выступать как графит, алмаз или карбин).



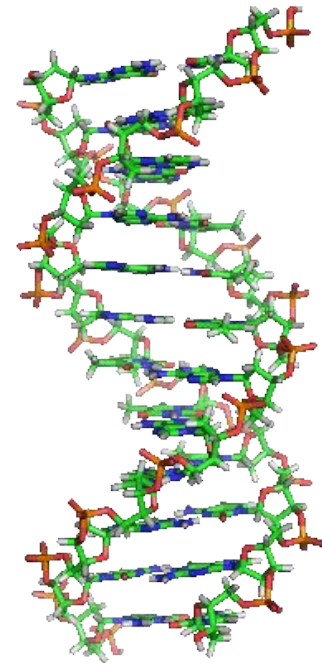
2. Свойства системы – это свойства целого, а не его элементов.
3. Каждый элемент системы может оказать воздействие на всю систему (принцип домино).





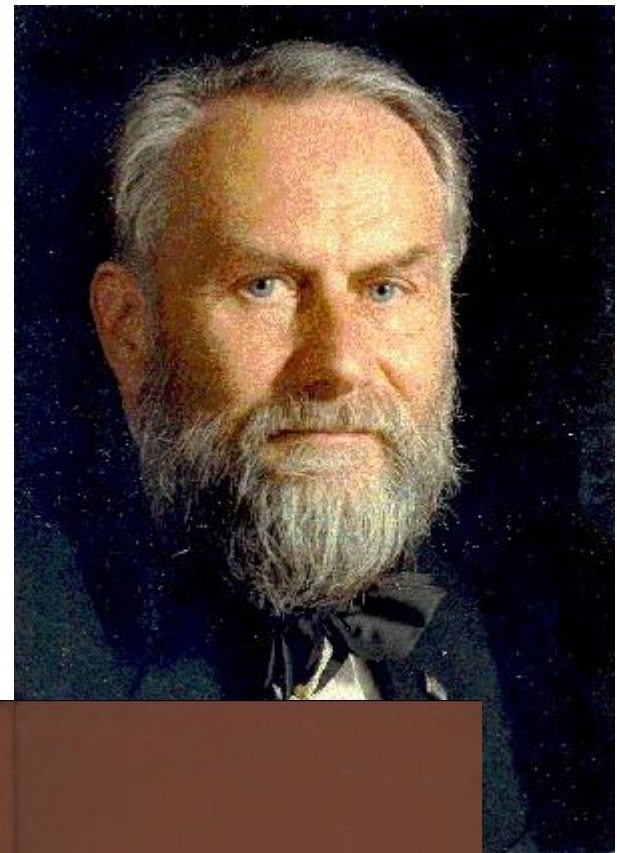
## Наиболее общие свойства систем:

4. Система стремится сохранять устойчивость путем включения связей между ее элементами. Резкое изменение может угрожать самому существованию системы.



- Термин синергетика введен немецким ученым Германом Хакеном.

- Среди представителей синергетического подхода выделяют также И. Пригожина, С.П. Курдюмова, Г.Г. Малинецкого.

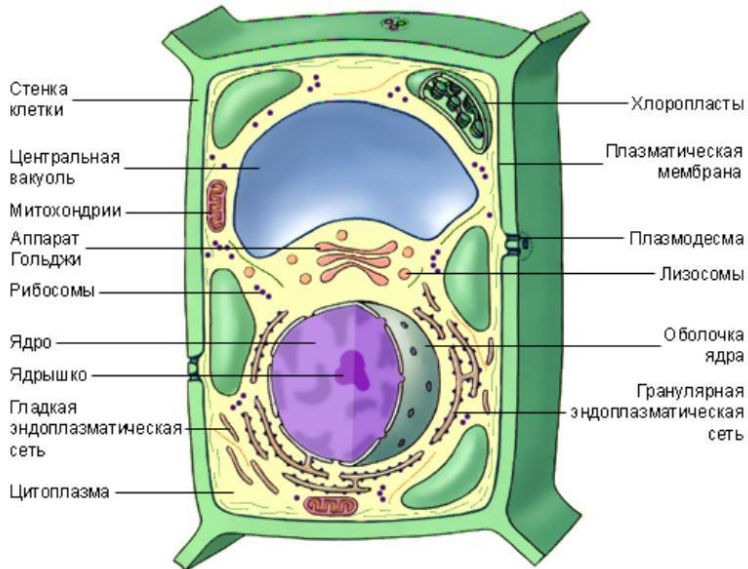


# Основные положения синергетики:

1. Мир состоит в основном из сложных и открытых систем, которые постоянно взаимодействуют друг с другом, перестраиваются (самоорганизуются).

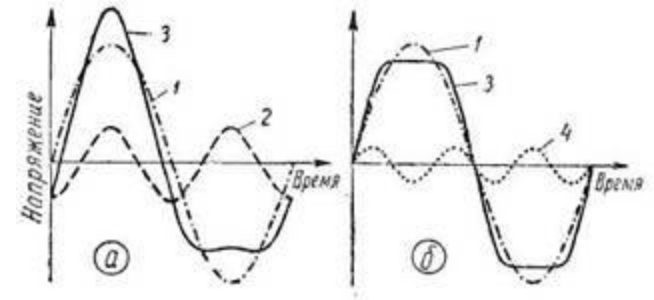
# Открытая система-

- система которая обменивается с окружающей средой веществом, энергией, информацией



# Основные положения синергетики:

2. Взаимодействующие системы постоянно изменяют происходящую ситуацию, формируя нелинейный мир.



# Основные положения синергетики:


3. В процессе развития система переживает как стабильные, так и нестабильные состояния (точки бифуркации).

Бифуркация – критические точки, вблизи которых система ведет себя неустойчиво и осуществляет смену режима развития или движения



# Основные положения синергетики:

4. В точках бифуркации на развитие системы могут оказать влияние самые незначительные факторы, которые ранее считались нейтральными, что в свою очередь ведет к невозможности длительного прогнозирования развития системы.

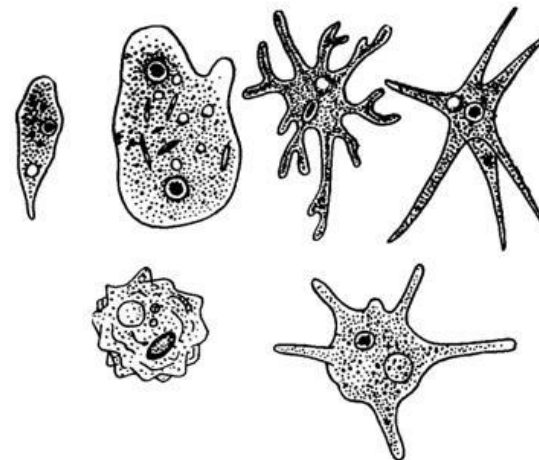


5. Бифуркационный характер развития позволяет предполагать фундаментальную роль случайности в процессе развития Вселенной.



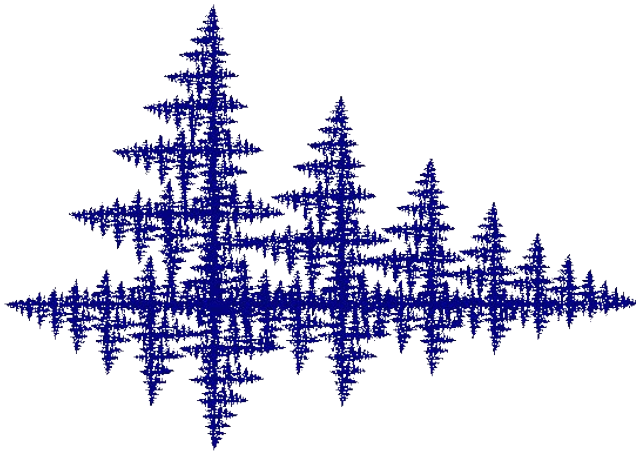
Объект изучения синергетики, независимо от его природы, обязан удовлетворять следующим требованиям:

- Открытость;
- Нелинейность;
- Переход в новое состояние скачком.



# Принцип синергетики:

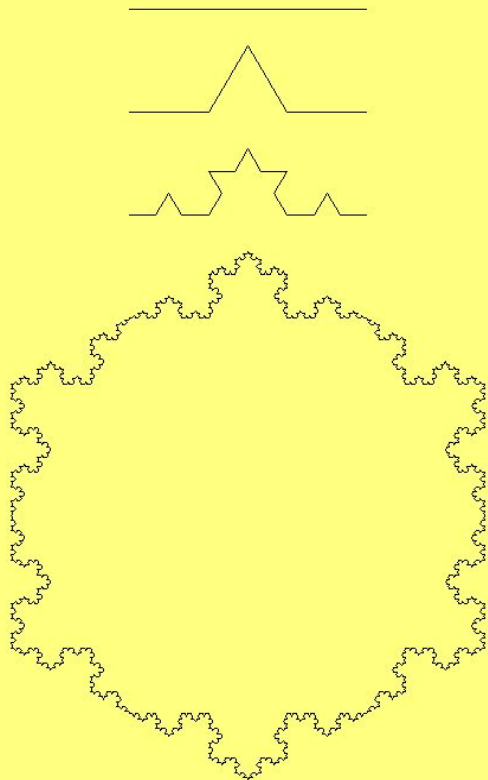
- **Принцип подчинения:** при переходе на новый уровень организации всё множество параметров неравновесной системы подстраивается под ограниченное число «параметров порядка» новой системы, управляющих её функционированием.



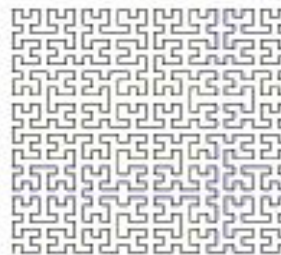
**Диссипативная структура –**  
**фрактальная по природе, хорошо**  
**противостоит разрушающим**  
**воздействиям и самовосстанавливается.**

**ФРАКТАЛ** – самоподобный объект: его любой фрагмент аналогичен целому. Примеры фракталов: линия берега, ландшафт, облака, пламя, нейронная сеть мозга, кровеносная система, **лёгкие**, структура гранита...

**Фракталы**

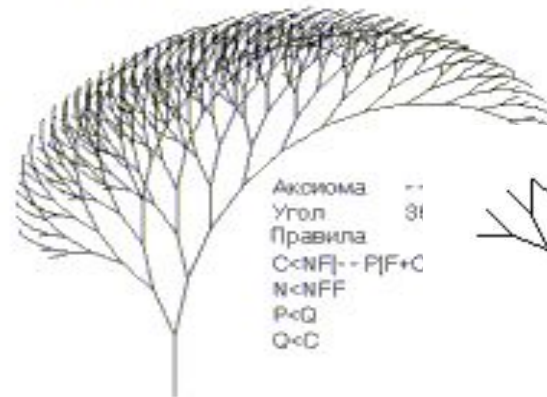


Кривая Гильберта

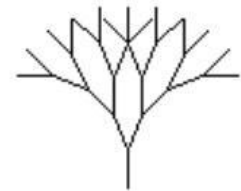


Аксиома X  
 Угол 160/4  
 Правило  
 $X \leftarrow YF \rightarrow XF \rightarrow FY$   
 $Y \leftarrow XF \rightarrow FY \rightarrow FX$

"Растение 1"



Аксиома --  
 Угол 31  
 Правила  
 $S \leftarrow NF \rightarrow F \mid F + C$   
 $N \leftarrow NFF$   
 $F \leftarrow C$   
 $C \leftarrow C$



Компьютерная  
 ПРГ  
 построения  
 фракталов  
 (L – система)

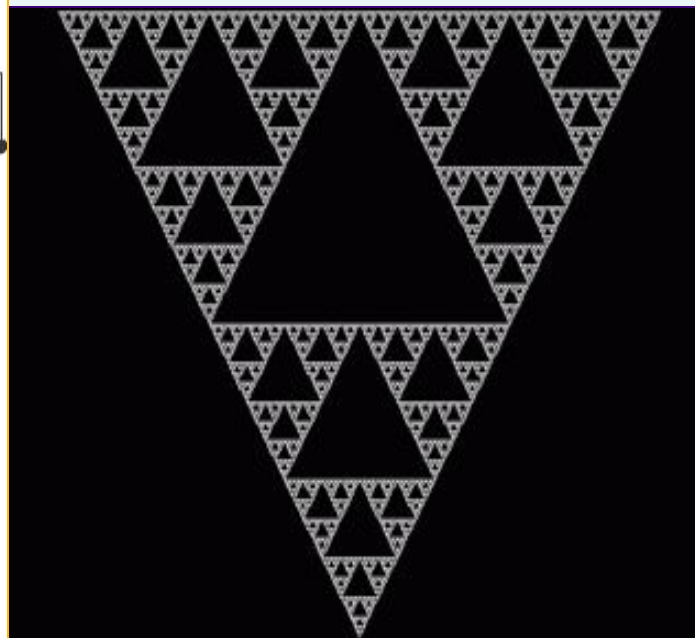
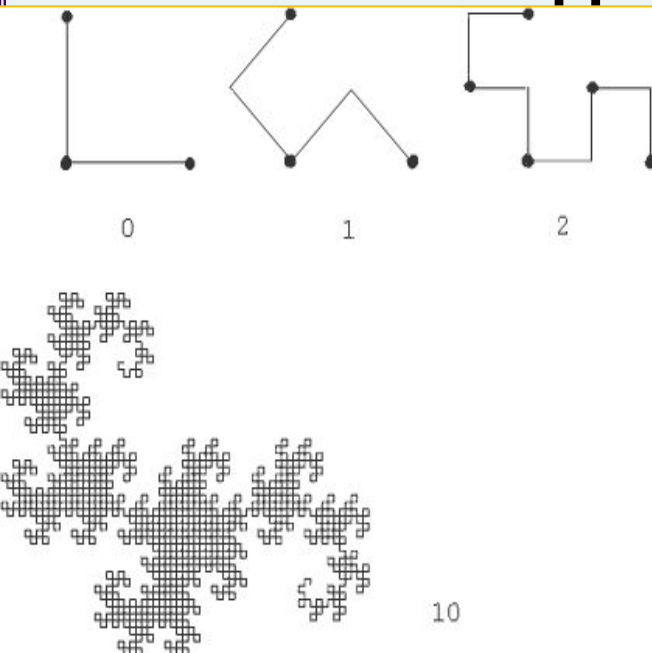
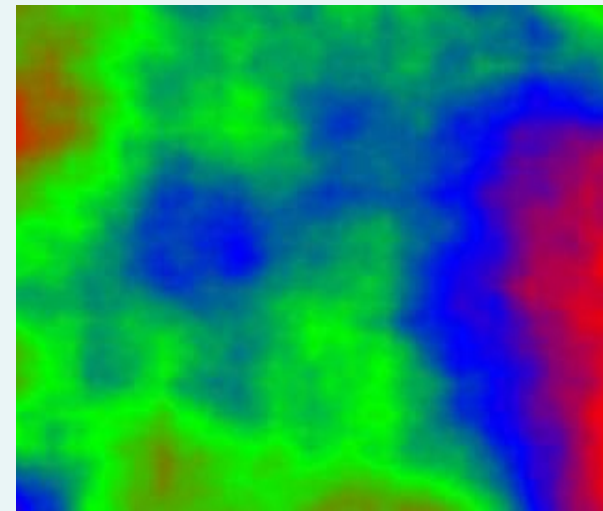







# Фракталы делятся на группы. Самые большие группы это:

- **геометрические фракталы**  
(получены путем простых геометрических построений)
- **алгебраические фракталы:  $z_{n+1} = f(z_n) + c$**   
(МНОЖЕСТВА НА ОБЛАСТИ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ)
- **системы итерируемых функций**  
(МНОГОКРАТНОЕ ПОВТОРЕНИЕ ОДНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НАЧАЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА)
- **стохастические фракталы** (ВЕРОЯТНОСТНАЯ, СЛУЧАЙНАЯ ФОРМА)



- 
- Флуктуация – случайное отклонение величины от ее среднего значения
  - Скачок – крайне нелинейный процесс, при котором малые изменения параметров системы вызывает сильное изменение состояния системы, ее переход в новое качество
  - Бифуркация – критические точки, вблизи которых система ведет себя неустойчиво и осуществляет смену режима развития или движения

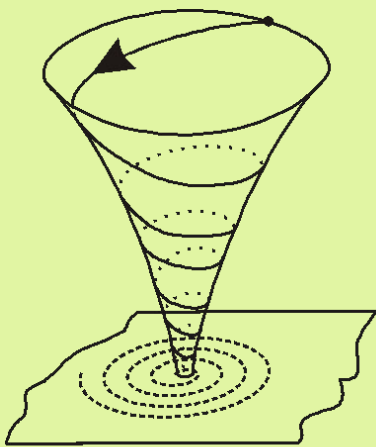
- Диссипация – рассеивание энергии, использованной системой и получение из окружающей среды новой, свежей энергии
- Энтропия – часть полной энергии системы, которая не может быть использована для производства работы
- Аттрактор- степени свободы системы, характеризуют те направления, в которых способна эволюционировать открытая нелинейная среда (в закрытой системе а. один, определяется 2-м началом термодинамики)



# Виды аттракторов

**Аттрактор** – цель (новая структура), на которую выходит система после прохождения точки бифуркации. Различают аттракторы:

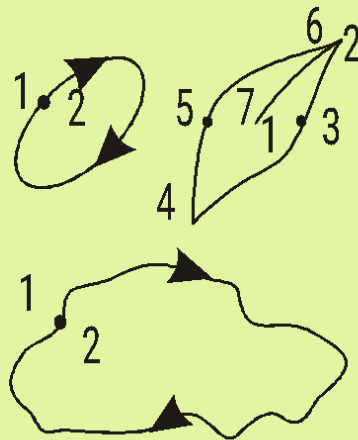
а) фокуса) фокус;  
странный



а)

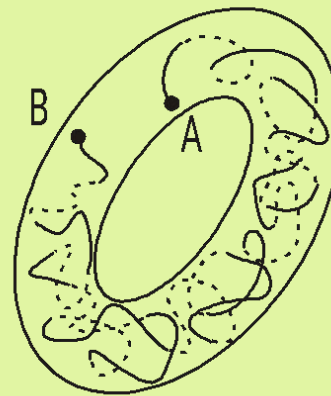
б) замкнутая

линия



б)

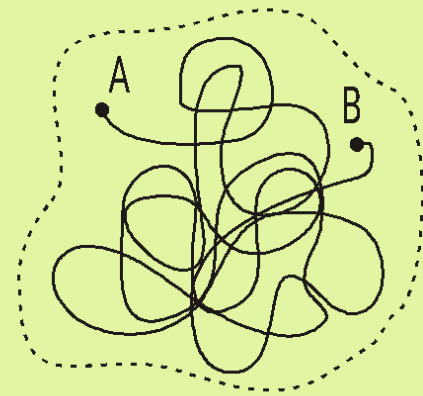
в) тор



в)

г)

аттрактор  
Фазовый объём



г)

Термин «фрактал» придумал математик Б. Мандельброт в 1975 г.

## *Р а з л и ч а ю т :*

Линейные фракталы – их алгоритм роста определяется л и н е й н ы м и функциями (часть есть точная копия целого: пример – фигуры Кох).

Нелинейные фракталы задаются н е л и н е й н ы м и алгоритмами роста (часть есть не точная, а похожая, деформированная копия целого).

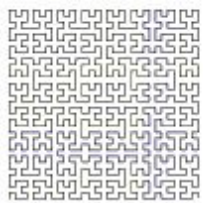
Пример: квадратичные фракталы – множества Жюлио и Мандельброта

$$z_{n+1} = z_n^2 + C \text{ (на области комплексных чисел).}$$

Стационарные фракталы: поверхности гор, контуры берегов и др. В них самоподобие состоит в инвариантности формы в разных пространственных масштабах.

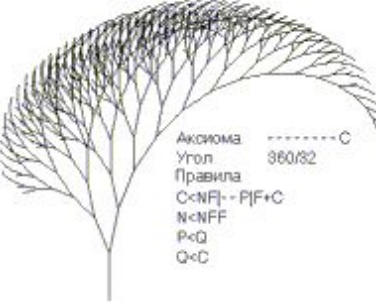
Нестационарные фракталы (атмосферные вихри, клеточный рост организма и др.). Их самоподобие состоит в неизменности законов развития структуры в разных масштабах времени

Кривая Гильберта




Аксиома  $X$   
Угол  $360/4$   
Правила  
 $X \rightarrow Y^* X^* Y^*$   
 $Y \rightarrow X^* Y^* X^*$

"Растение 1"

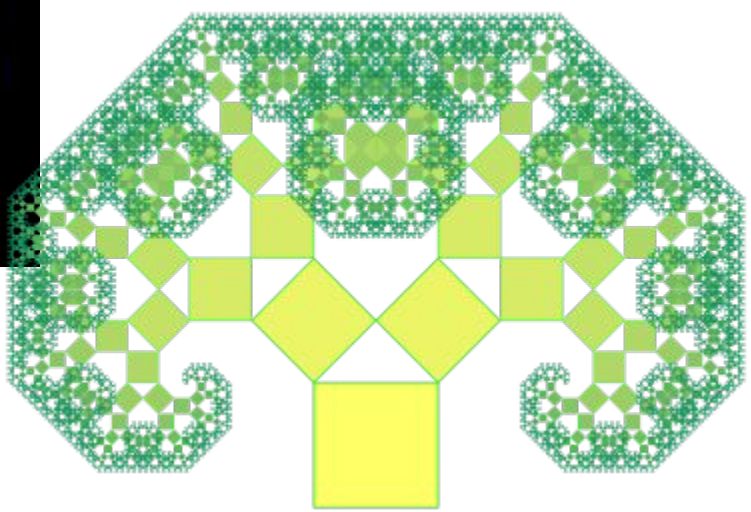


Аксиома  $-----C$   
Угол  $360/32$   
Правила  
 $C \rightarrow NF| - P|F+C$   
 $N \rightarrow NFF$   
 $P \rightarrow Q$   
 $Q \rightarrow C$

"Растение 2"

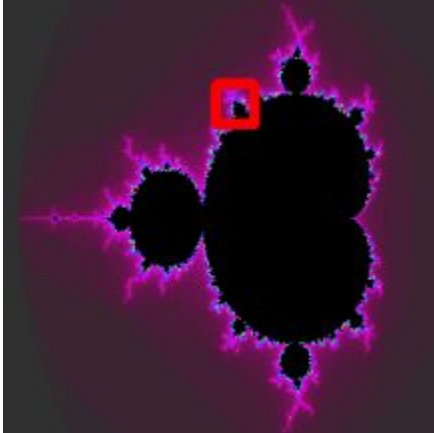
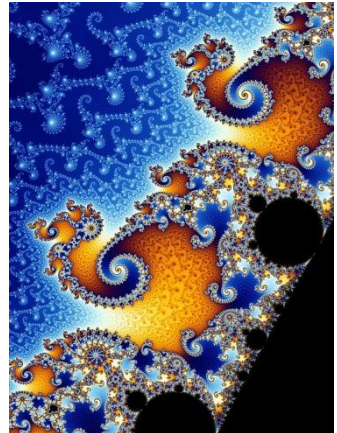


Аксиома  $----G$   
Угол  $360/14$   
Правила  
 $G \rightarrow GF[X]+G|G|$   
 $X \rightarrow Q-FFF|+FFF|FX$



Компьютер  
постро

Биомор



# Принципы синергетики

**Энтропия ( $S$ ) – мера порядка в системе: чем больше  $S$ , тем**

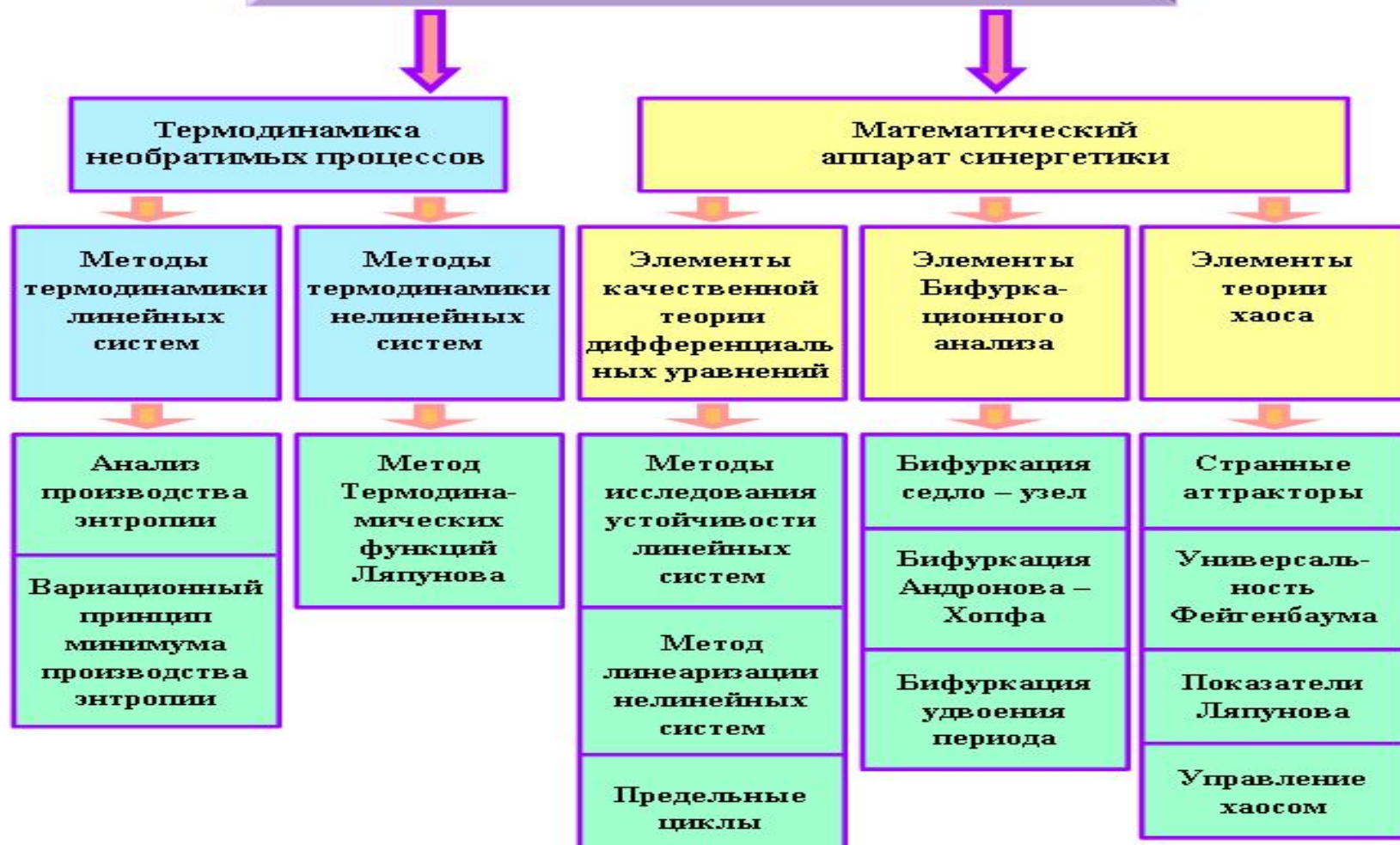
**Принцип Ле-Шателье:** в равновесной системе (процессе) внутренние силы стремятся поддерживать равновесное состояние. Энтропия её не меняется, установленный в системе порядок сохраняется.

**Принцип возрастания энтропии:** в замкнутой системе энтропия только возрастает и система приходит в состояние хаоса ( $TД$ -равновесия). В системе нарушается установленный порядок.

**Принцип эволюции:** в неравновесной системе (процессе) внутренние силы всегда изменяются так, чтобы энтропия уменьшалась.  
На микроуровне возникают новые структуры более высокого порядка, ведущие к совершенствованию этой системы.

**Всё новое в природе возникает в процессе развития  
неустойчивых состояний.**

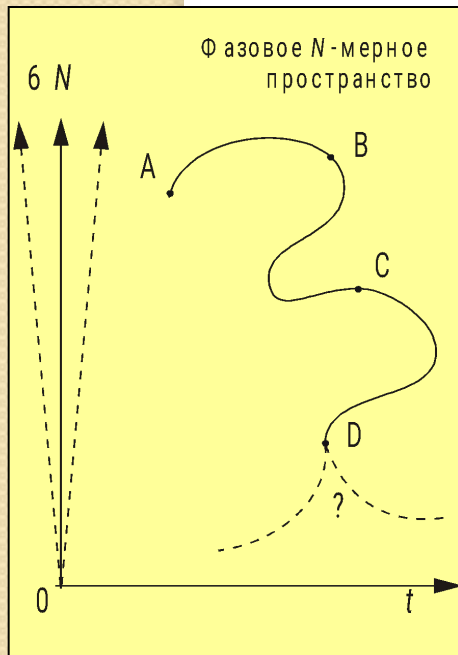
# МЕТОДЫ СИНЕРГЕТИКИ



# Бифуркация

Это состояние **повышенной чувствительности** системы к слабым, случайным внешним воздействиям.

В сложных нелинейных системах существует потенциально спектр возможных структур развития – «**поле возможностей**» системы



**САМОРАЗВИТИЕ** – инициирование извне потенциально имеющегося в системе. Это внутренний процесс случайного «блуждания» по полю возможностей системы. Случайность выбирает единственный путь дальнейшего развития данной системы.

**Исход** бифуркации теоретически **непредсказуем!**

(точка сингулярности - фазовый переход)  
Цель (конечное состояние), на которое выходит система после бифуркации называется **аттрактором**.