



Эволюционно-синергетическая парадигма

Презентацию выполнили:
Студентки 1 курса, псих.-пед.
Костина Алина и Мурашева Анна

План:

1. Концепция самоорганизации в науке;
2. Основные понятия и принципы синергетики;
 - 2.1 Открытость, нелинейность, диссипативность.
 - 2.2 Порядок и хаос
 - 2.3 Бифуркации и параметры порядка
 - 2.4 Фазовое пространство и аттракторы системы

Концепция самоорганизации в науке

Концепция самоорганизации в настоящее время приобретает все большее значения, становясь парадигмой исследования обширного класса систем и процессов, происходящих в них. В 70-х годах 20-го века возникла новая наука – синергетика, механизмы самоорганизации и развития. Областью ее исследований является изучение эволюции различных структур, относительная устойчивость которых поддерживается благодаря притоку энергии и вещества извне. В основе синергетики лежит утверждение о том, что материальные системы могут быть открытыми и закрытыми, равновесными и неравновесными, устойчивыми и неустойчивыми, линейными и нелинейными, статическими и динамическими. Принципиальная возможность процессов самоорганизации обусловлена тем, что в целом все живые и неживые, природные и общественные системы являются открытыми, неравновесными, нелинейными.

Возникновение синергетики связано, в основном, с именами:



И.Пригожина(бельгийский физик и химик, лауреат Нобелевской премии 1977 г)



немецкого физико-химика .
М. Эйгена



немецкого физика Г.Хакен



Б. Белоусов (советский химик
и биофизик)



советский и американский
биофизик, физикохимик.

И.Пригожин, разрабатывая современную термодинамику необратимых процессов (неравновесную термодинамику) **открыл явление образования упорядоченных структур из хаотического, неупорядоченного состояния системы**, т.е. самоорганизацию и сформулировал **теорему о минимуме производства энтропии в стационарном неравновесном состоянии**. К своим идеям он пришел, анализируя специфические химические реакции, которые впервые экспериментально были изучены Б. Белоусовым и А. Жаботинским. И. Пригожин со своими сотрудниками И.Стенгерс, Г.Николисом построили математическую модель таких реакций, а также показали, что в сильно неравновесных условиях может совершаться переход от беспорядка, теплового хаоса к порядку, организованности.

Г. Хакен, изучая процессы самоорганизации, происходящие в лазере, назвал новое направление исследований синергетикой, что в переводе с греч. означает совместное действие, или взаимодействие, и хорошо передает смысл и цель нового подхода к изучению явлений.

М.Эйген доказал, что открытый Ч. Дарвином принцип отбора справедлив и на микроуровне, а генезис (происхождение жизни есть результат процесса отбора, происходящего на молекулярном уровне. Он показал, что сложные органические структуры с адаптационными характеристиками возникают благодаря эволюционному процессу отбора на основе автокатализа.

Основные понятия и принципы синергетики

Порядок и хаос

В результате протекания процессов в изолированных системах сами системы переходят в состояние равновесия, которое соответствует максимальному беспорядку системы – равновесный тепловой хаос. Таким образом, самоорганизация, или эволюция в случае замкнутой системы приводит ее в состояние максимального беспорядка. В реальности часто наблюдаются совершенно противоположные явления.

Теория Канта и Лапласа об образовании упорядоченной Солнечной системы из хаотических туманностей противоречила II началу термодинамики. Но особенно ярко проявилось это противоречие с эволюционной теорией Дарвина. Согласно ей, в мире живого естественно протекающие процессы ведут к усложнению форм и структур, к увеличению порядка, избавлению от хаоса и удалению от равновесия. Другими словами, самоорганизация в живой природе приводит систему к прямо противоположному состоянию, чем самоорганизация в неживых системах. Все это привело к появлению понятия открытой системы, которое и позволило устранить упомянутые противоречия.

Открытость систем

Открытая система заимствует энергию и вещество из окружающей ее среды и одновременно выводит в окружающую среду отработанное вещество и отработанную энергию. Вырабатывая и заимствуя энергию, открытая система производит энтропию, но она не накапливается в ней, а выводится в окружающую среду. С поступлением энергии и вещества в открытую систему ее неравновесность возрастает, разрушаются прежние связи между элементами и возникают новые, которые приводят к новой структуре, новым кооперативным процессам, т.е. к коллективному поведению ее элементов.

Нелинейность

Сложные системы являются нелинейными. Для их описания используются нелинейные математические уравнения, т.е. уравнения, в которых искомые величины входят в степенях больше единицы, в составе математических функций (тригонометрических, логарифмических и т.п.) или коэффициенты зависят от свойств среды и особенностей протекания процесса. Нелинейные уравнения могут иметь несколько качественно различных решений. Физически это означает возможность различных путей эволюции системы.

Диссипативность



А.М.Ляпунов разработал общую теорию устойчивости состояний систем. Устойчивые состояния систем не теряют своей устойчивости при флуктуациях физических параметров, поскольку система за счет внутренних взаимодействий способна погасить возникающие флуктуации. Неустойчивые системы, наоборот, при возникновении флуктуаций способны усиливать их, и, в результате такого нарастания амплитуд возмущений система уходит из стационарного состояния.

Великий русский математик А.М.
Ляпунов

Критерием эволюции является величина $(dS/dt) < 0$, которая указывает направление развития физической системы к устойчивому стационарному состоянию. Эти процессы происходят достаточно медленно, поэтому на каждом этапе как бы достигается равновесие. Величина прироста энтропии за единицу времени в единице объема называется **функцией диссипации**, а системы, в которых функция диссипации отлична от нуля, называются **диссипативными**. В таких системах энергия упорядоченного движения переходит в энергию неупорядоченного движения и, в конечном счете, в тепло. Практически все системы являются таковыми, поскольку трение и прочие силы сопротивления приводят к диссипации энергии.

(диссипация < лат. dissipatio – разгонять, рассеивать).

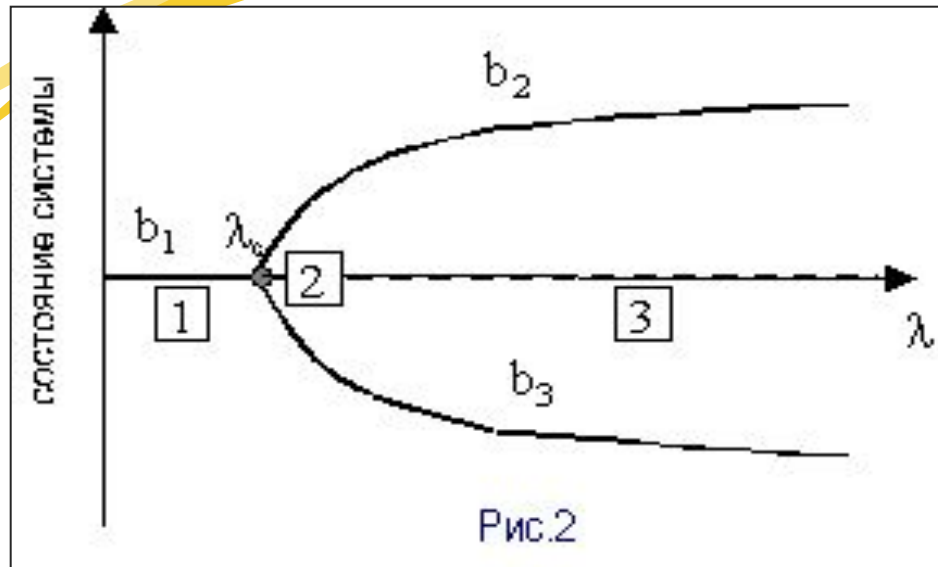
При определенных условиях суммарное уменьшение энтропии за счет обмена потоками с внешней средой может превысить ее внутреннее производство. Тогда неупорядоченное однородное состояние системы может потерять устойчивость. В ней возникают и могут возрасти до макроскопического уровня т.н. крупномасштабные флуктуации. При этом из хаоса могут возникнуть структуры, которые последовательно начнут переходить во все более упорядоченные. Образование этих структур происходит не из-за внешнего воздействия, а за счет внутренней перестройки системы, поэтому это явление и получило название **самоорганизации**. При этом энтропия, отнесенная к тому же значению энергии, убывает. Пригожин назвал упорядоченные образования, возникающие в диссипативных системах в ходе неравновесных необратимых процессов, **диссипативными структурами**.

На макроуровне диссипативность проявляется как хаос. На микроуровне хаос – это не разрушающий фактор, а сила, выводящая систему путь образования новых структур.

Бифуркации

Практически любая реальная сложная система, имеет не одно, а подчас целый спектр решений. Ответвления от известного решения появляются при изменении значения параметров системы. Изменения управляющих параметров (параметров порядка) способны вызвать катастрофические, т.е. большие скачки переменных системы, и эти скачки осуществляются практически мгновенно.

Диаграмма бифуркации



- 1 – асимптотическая ветвь, где система остается устойчивой, т.е. при малых λ имеет одно единственное решение
- 2 – точка, где $\lambda = \lambda_c$ - здесь происходит потеря устойчивости. Появляется два решения.
- 3 – система вновь находится в равновесии, причем существуют 2 устойчивые ветви b_1 и b_2 .

Точка λ_c носит название точки бифуркации (<лат. раздвоение, размножение) или «точкой катастрофы».

Ранее уже использовалось понятие флуктуации, т.е. отклонение какой-либо величины от среднего значения. Здесь, как видим, малая флуктуация управляющего параметра может иметь определяющее значение для системы (она начинает развиваться либо по ветви b_1 , либо по ветви b_2). В биологической эволюции флуктуации проявляются в мутациях, изменчивости, в то время как устойчивость обусловлена естественным отбором.

Флуктуации могут усиливаться в процессе эволюции системы или затухать, что зависит от эффективности «канала связи» между системой и внешним миром.

Аттракторы и фазовые траектории

Динамическая система

состояние
(существенная
информация о
системе)

динамика (правила,
описывающие
эволюцию системы
во времени)

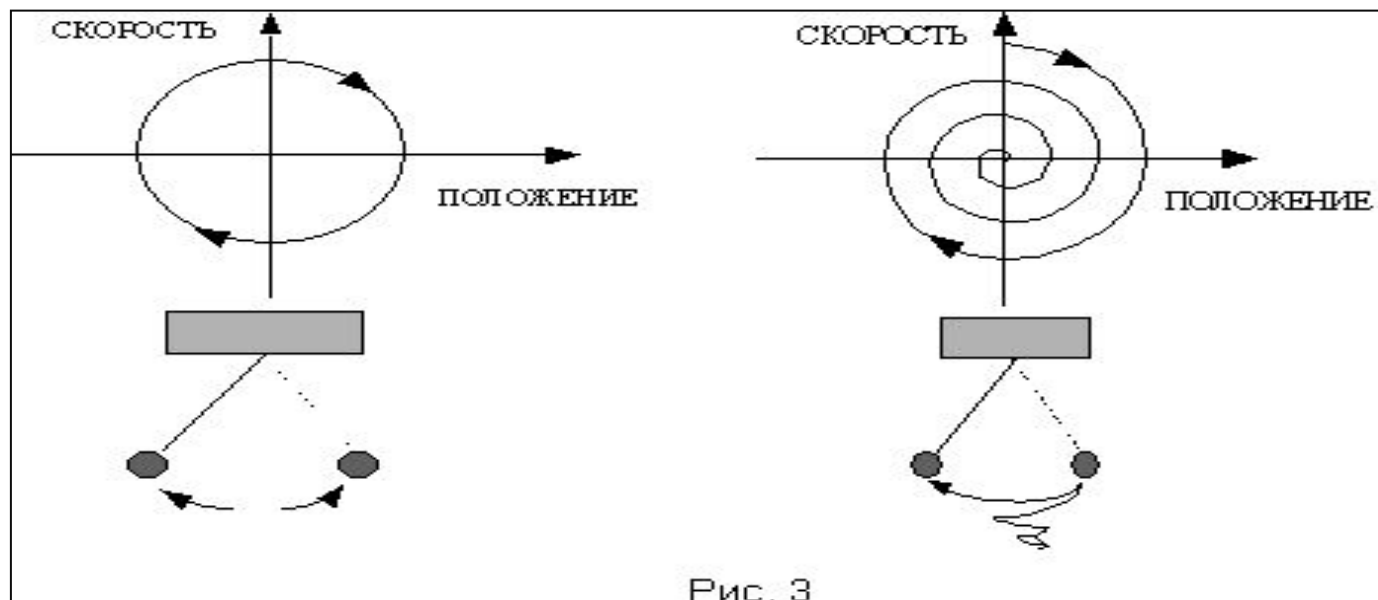
Эволюцию можно наблюдать в пространстве состояний, или фазовом пространстве, - абстрактном пространстве, в котором координатами служат компоненты состояния. При этом координаты выбираются в зависимости от контекста. **В случае механической системы** это могут быть положение и скорость, **в случае экологической модели** - популяции различных биологических видов.

Система дифференциальных уравнений вида

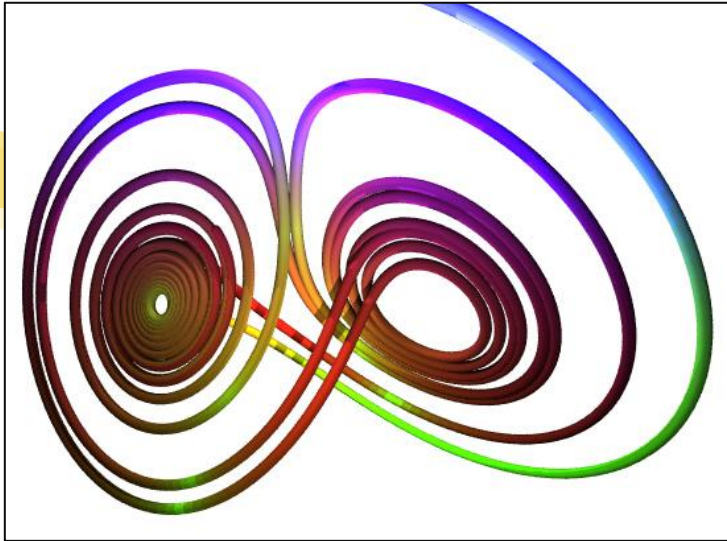
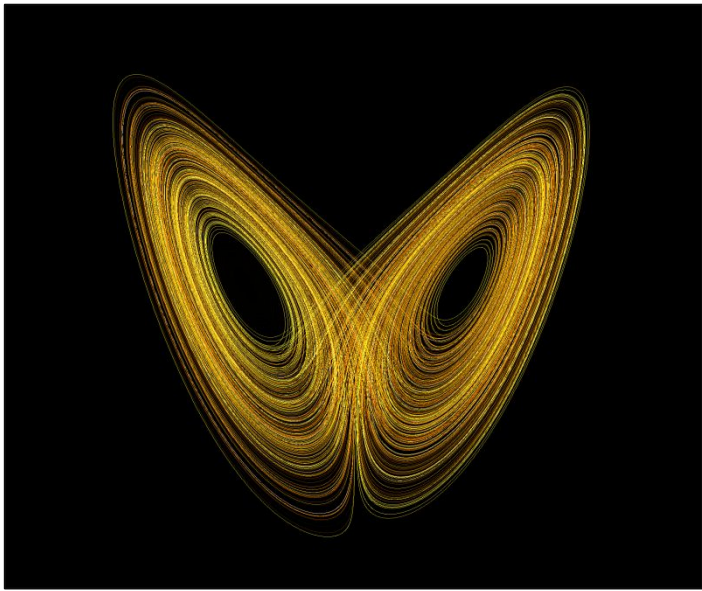
$$\frac{dx}{dt} = \bar{f}(\bar{x}), \quad \bar{x}(0) = \bar{x}_0, \quad \bar{x}(t) = (x_1(t), \dots, x_N(t))$$

Где $\bar{x}$ - N- мерный вектор, характеризующий состояние системы, $\bar{x}_0$ - начальные данные.

К числу математических моделей такого рода относятся, например, уравнения механики для системы материальных точек (движение планет Солнечной системы, груза на наклонной плоскости, элементарной частицы в электромагнитном поле и др.).



Пример динамической системы - простой маятник. Его движение задается всего двумя переменными: положением и скоростью. Его состояние - точка на плоскости, координаты которой - положение маятника и его скорость. Это означает, что размерность вектора, характеризующего состояние маятника $N = 2$. Когда маятник качается взад-вперед, его состояние движется по некоторой траектории («орбите»). В идеальном случае маятника без трения орбита представляет собой петлю; при наличии трения орбита закручивается по спирали к некоторой точке, соответствующей остановке маятника. Часы с маятником, которые заводятся при помощи пружины или гирь, также проходят циклически некоторую последовательность состояний. В фазовом пространстве его движению соответствует периодическая траектория, или цикл. Такие аттракторы называются **предельными циклами**. Другим примером системы с предельным циклом является сердце.

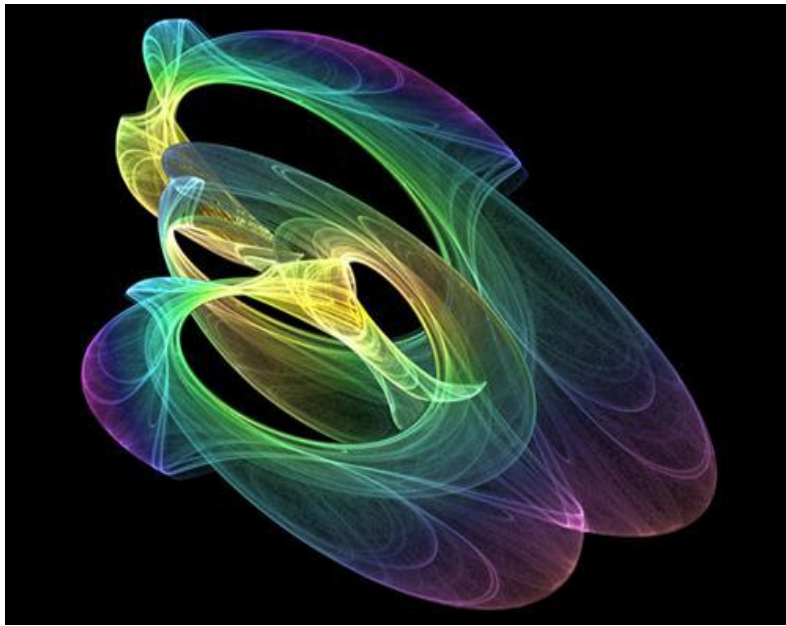


Аттрактор — это геометрические структуры, характеризующие поведение в фазовом пространстве по прошествии длительного времени.

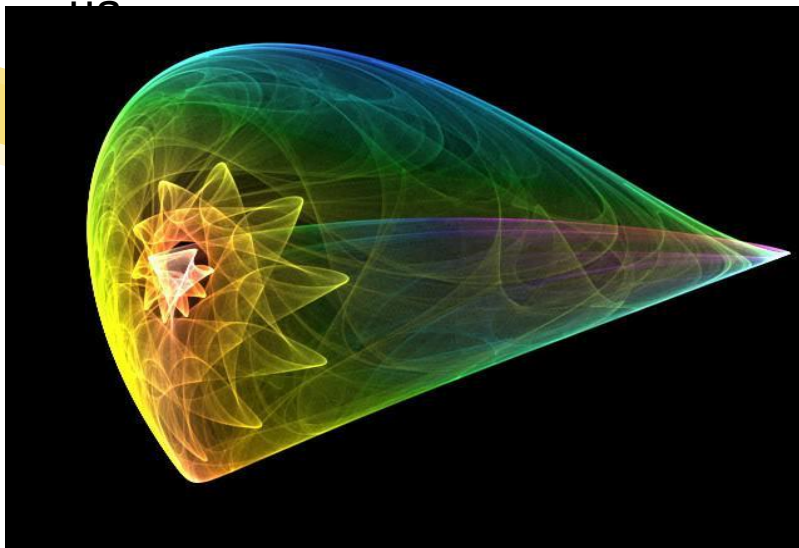
Одна и та же система может иметь несколько аттракторов. Множество точек, приводящих к некоторому аттрактору, **называется его областью притяжения**.

Система с маятником имеет две такие области: при небольшом смещении маятника от точки покоя он возвращается в эту точку, однако при большом отклонении часы начинают тикать, и маятник совершает стабильные колебания.

Свойства аттракторов задаются набором траекторий в пространстве n переменных состояния, которые зависят от времени как от параметра. В обычном аттракторе эти траектории простые (точка, окружность, эллипс и т.п.).

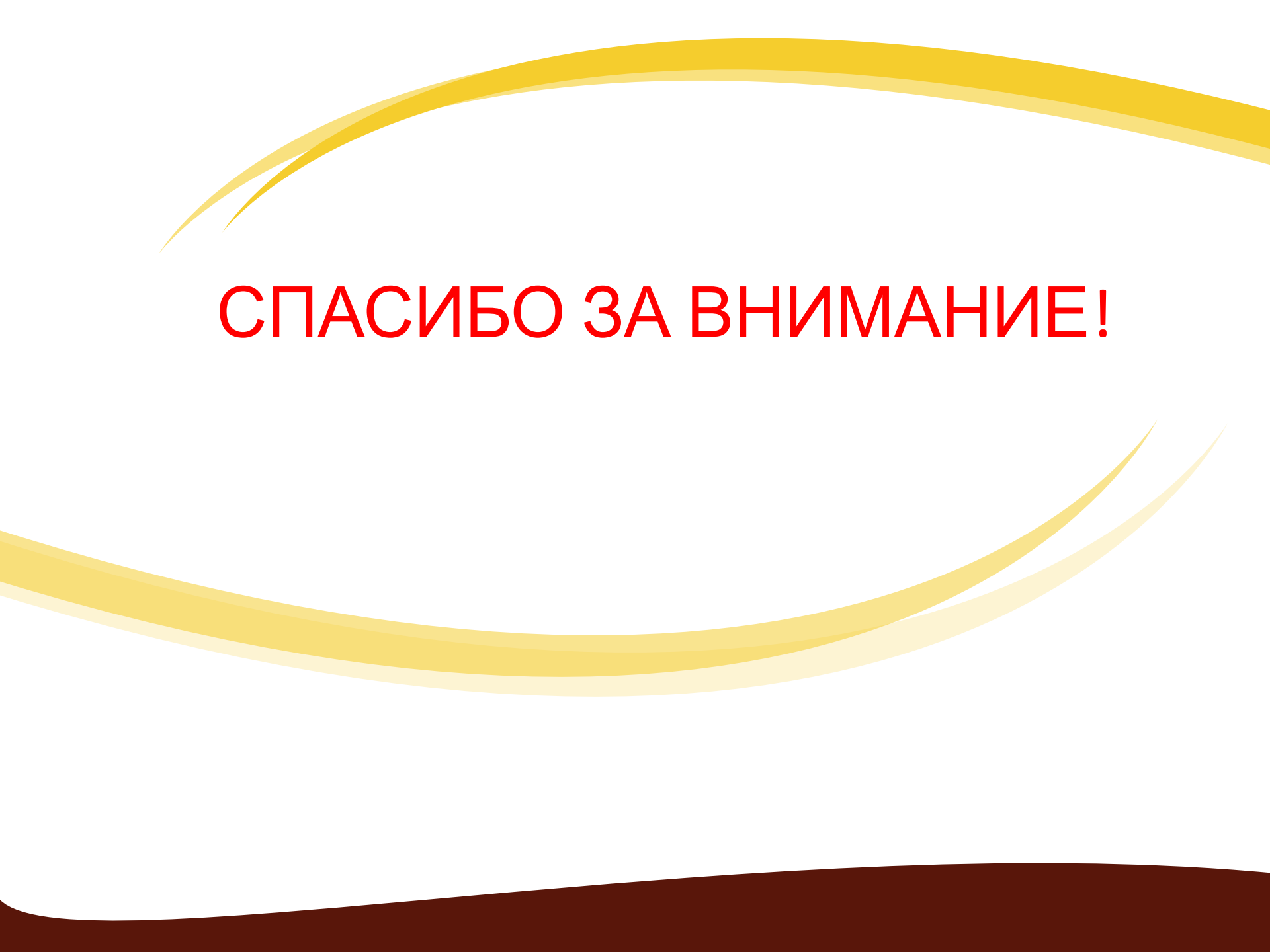


Трёхмерный аттрактор Лорен



Ряд явлений сопровождается появлением траекторий запутанных, не похожих ни на точки, ни на кривые, ни на поверхности, имеют вид «спутанных клубков», многослойных поверхностей. Такие аттракторы получили названия «странных аттракторов».

Странность состоит в том, что, попав в область странного аттрактора, точка, соответствующая состоянию системы будет «блуждать» там и только через большой промежуток времени приблизится к какой-либо точке аттрактора.

The background features decorative wavy lines. A thick yellow line curves across the top, and another yellow line curves across the middle. A dark brown line forms a wavy shape at the bottom.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!