

Синергетика

Синергетика

- **Синергетика** (от греч. συν — «совместное» и греч. ερως — «действие») — наука, целью которой является выявление и исследование общих закономерностей в процессах образования, устойчивости и разрушения упорядоченных временных и пространственных структур в сложных неравновесных системах различной природы.
- Синергетика представляет собой новый этап изучения сложных систем, продолжающий и дополняющий кибернетику и общую теорию систем.
- Синергетика изначально представлялась как **междисциплинарный подход**, так как принципы, управляющие процессами самоорганизации, одни и те же в системах любой природы.

Синергетика

Синергетика пока существует как бы в нескольких вариантах, отличающихся названием и степенью общности. Область исследований синергетики до сих пор до конца не определена.

Существуют несколько школ, в рамках которых развивается синергетический подход:

- Брюссельская школа Ильи Пригожина, в русле которой разрабатывалась теория диссипативных систем, раскрывались исторические предпосылки и мировоззренческие основания теории самоорганизации.
- Штутгартская школа Германа Хакена, профессора Института синергетики и теоретической физики в Штутгарте, который ввел термин «синергетика» в 1977 году в своей книге «Синергетика» (издана на русском языке в 1980 г.).

Синергетика

• **Хакен (Haken) Герман** (р. 1927) — немецкий физик-теоретик. До ноября 1997 был директором Института теоретической физики и синергетики университета Штутгарта. С декабря 1997 является почетным профессором и возглавляет Центр синергетики в этом Институте. Он является издателем шпрингеровской серии книг по синергетике, в рамках которой к настоящему времени опубликовано уже 69 томов.



Синергетика

Синергетическая модель Хакена для объяснения становления когерентного поведения (самоорганизации) включает три важнейших представления:

- параметры порядка;
- принцип подчинения;
- циклическую причинность.

В неравновесной открытой системе в результате флуктуаций и конкуренции параметров порядка (мод) устанавливаются когерентные образцы поведения. Параметры порядка определяют поведение всех элементов системы (принцип подчинения). Элементы системы, в свою очередь, воздействуют на параметры порядка (феномен циклической причинности).

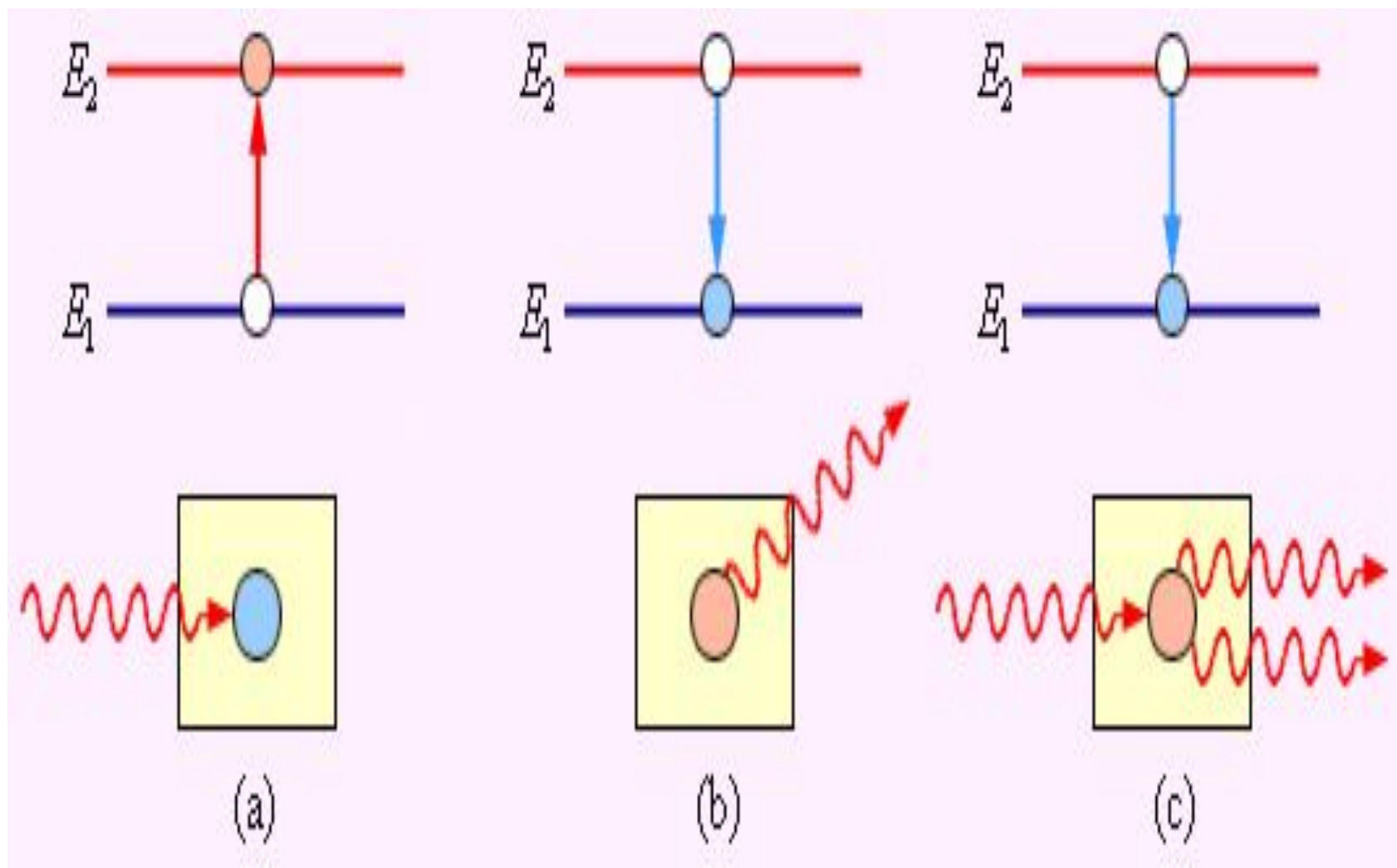
Синергетика

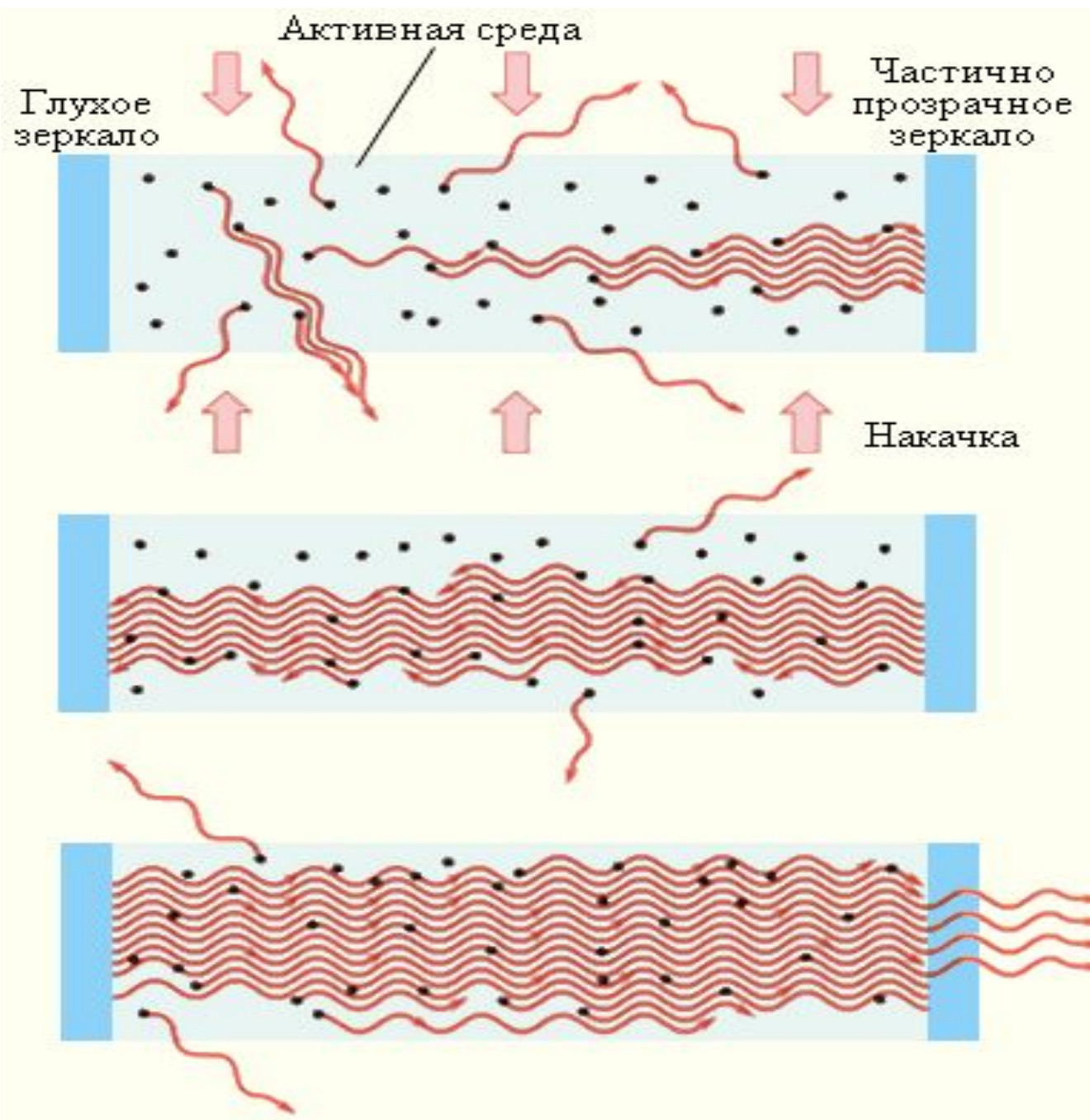
- **Ячейки Бенара.** Параметром порядка здесь является разность температур между нижней и верхней поверхностями жидкости. Когда разность температур превышает некоторое критическое значение, возникает макроскопическое конвективное движение жидкости, порождающее ячеистую структуру.
- Изменением одного параметра удается организовать управление движением огромного количества молекул, подверженных хаотическому тепловому движению.
- **Излучение лазера.** Параметром порядка является налетающий фотон, под действием которого происходит индуцированное излучение. Ширина линии лазерного излучения зависит от тепловых флуктуаций.



Синергетика

- Лазер (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* — «усиление света посредством вынужденного излучения») — устройство, преобразующее энергию накачки в энергию когерентного, монохроматического потока излучения.
- Возбуждённый атом способен излучить фотон под действием другого фотона без его поглощения, если его энергия равна разности энергий уровней атома до и после излучения. Таким образом происходит усиление света. Излучённые фотоны вызывают последующие акты индуцированного излучения (положительная обратная связь).





Синергетика

- По мере возрастания интенсивности внешних потоков система подходит к точке выбора (бифуркации), после которой начинает преобладать некоторый выделенный тип кооперативного поведения.
- Происходит сжатие огромного количества информации, которую необходимо было бы обработать при описании системы как совокупности ее отдельных частей, поскольку изменения системы в макроскопических масштабах управляются параметрами порядка, число которых невелико

Синергетика

Самоорганизация в обществе- усвоение ребенком родного языка.

- Язык –типичный параметр порядка в обществе, который живет дольше, чем его носитель.
- Ребенок усваивает язык своих родителей – в терминах синергетики он подчинен усвоению этого языка.
- Члены общества оказывают влияние на состояние языка, что приводит к изменением в параметре порядка.

Коллективное поведение сообщества людей - появление единого ритма в аплодисментах зрителей по окончании всем понравившегося концерта: эти аплодисменты переходят в единоклассные ритмические хлопки при наличии управляющего параметра.

Синергетика

- Самоорганизующаяся система является сложной, состоящей из многих элементов.
- Элементы любой системы всегда обладают некоторой самостоятельностью поведения. Малые отклонения в поведении – флуктуации.
- В системе существуют механизмы коллективного поведения – обратные связи. Коллективные механизмы подавления отклонения в поведении – отрицательные обратные связи. Отрицательные обратные связи необходимы для существования устойчивых систем.
- Система остается открытой, неравновесной и нелинейной.

Синергетика

- При некоторых условиях (увеличении неравновесности выше некоторого предела) доминирующую роль начинают играть положительные обратные связи, которые усиливают малые индивидуальные отклонения.
- Система переходит в неустойчивое состояние;
- Выход из неустойчивости переходит скачком за счет быстрой перестройки элементов системы – бифуркация.
- Бифуркации описываются математически в рамках теории катастроф и теории нелинейных дифференциальных уравнений.
- Бифуркации и катастрофы – универсальные свойства материи и общества.

Синергетика

- Наблюдается согласованное поведение элементов системы, которое приводит к переходу системы в качественное состояние с упорядоченной структурой (пространственной или временной).
- В момент бифуркации возможно не одно, а множество вариантов структурного преобразования, что ограничивает возможность точного прогнозирования.
- Выбор одного из возможных новых состояний является случайным.
- Исторический процесс развития любых систем состоит из этапов количественного изменений свойств и этапов качественного усложнения структуры (происхождение жизни, происхождение человека, развитие сознания).

Синергетика

- Синергетика относится к направлению универсализма.
- Синергетика не сводит поведение системы ни к поведению отдельных элементов (редукционизм), ни к макроскопическому поведению (холизм), а исследует установление и функционирование связи между этими двумя уровнями.
- Системы, составляющие предмет синергетики, могут быть различной природы и изучаться различными науками.
- Обнаружение общих закономерностей позволяет синергетике делать достижения одной науки доступным пониманию представителям других наук.

Синергетика

- Синергетика прогрессирует с развитием математического аппарата описания нелинейных и неустойчивых систем и соответствующими вычислительными методами, основанными на компьютерном моделировании.
- Предпринимаются все более активные попытки использования синергетических методов в экологии, социологии, истории, экономике, в области социально-гуманитарного знания.

Синергетика

- В России вклад в развитие синергетики внесли академик Н. Н. Моисеев — идеи универсального эволюционизма и коэволюции человека и природы.
- Синергетический подход в биофизике и информатике развивается в трудах члена-корреспондента РАН М. В. Волькенштейна
- Синергетический подход в теоретической истории развивается в работах Д. С. Чернавского, Г.Г.Малинецкого, Л.И.Бородкина, С.П.Капицы и др.

Синергетика

- синергетика - наука о самоорганизации физических, биологических и социальных систем;
- синергетика - наука о коллективном, когерентном поведении систем различной природы;
- синергетика - термодинамика открытых систем вдали от равновесия;
- синергетика - наука о неустойчивых состояниях, предшествующих катастрофе, и их дальнейшем развитии (теория катастроф);
- синергетика - наука об универсальных законах эволюции в природе и обществе.

Синергетика

Постепенно предмет синергетики распределился между различными направлениями:

- теория динамического хаоса исследует сверхсложную упорядоченность;
- теория детерминированного хаоса исследует хаотические явления, возникающие в результате детерминированных процессов;
- теория фракталов занимается изучением сложных самоподобных структур, часто возникающих в результате самоорганизации;
- теория катастроф исследует поведение самоорганизующихся систем в терминах бифуркация, аттрактор, неустойчивость;

Синергетика

- Нелинейное развитие системы, когда малое воздействие на нее приводит к принципиально новому результату, называется **бифуркационным**.
- В точке бифуркации система может начать развитие в новом направлении (пример бифуркаций – выбор учебного заведения, выбор спутника жизни, картина Васнецова «Витязь на распутье»).
- В соответствии с синергетическими представлениями в нелинейных средах изначально существует **спектр возможных структур** развития данной системы (например, физический вакуум содержит в себе возможность рождения всех элементарных частиц).

Синергетика

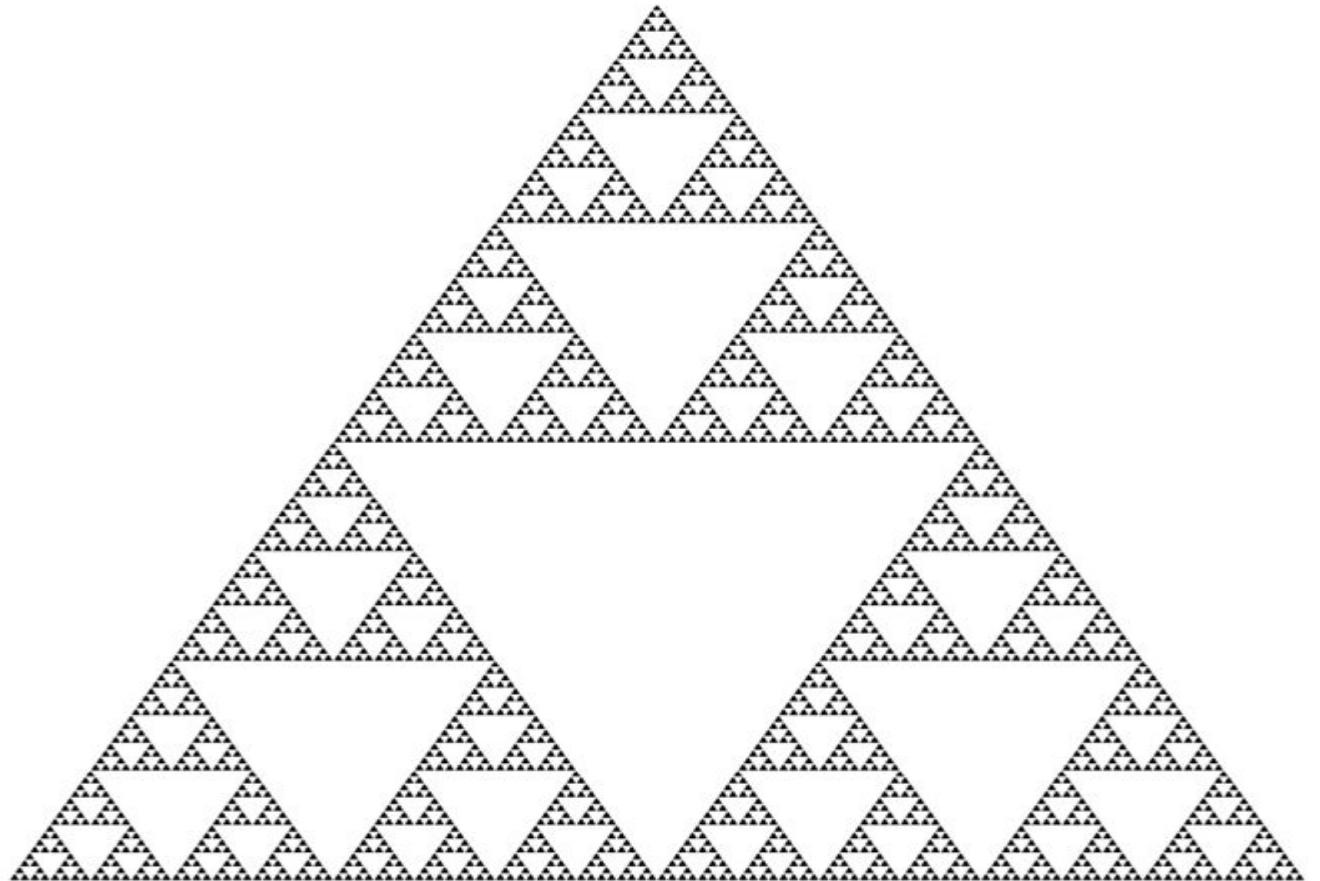
- Процессы самоорганизации носят **целенаправленный характер**. Цель, направляющая поведение нелинейной системы, называется **аттрактором**. Иногда аттрактор рассматривается как новообразованная структура, на которую система выходит после точки бифуркации.
- Пример – горное озеро, в которое стекаются ручьи (озеро – аттрактор, рельеф местности, направляющий ручьи – законы эволюции).
- Наличие флуктуаций и вероятностный характер взаимодействия снова переведут систему в неравновесное состояние – к новой бифуркации, а затем – к выходу на другой аттрактор.

Синергетика

- В открытой неравновесной системе флуктуации могут привести к образованию диссипативных структур – самопроизвольному выстраиванию структуры на микроуровне в результате согласованного взаимодействия элементов
- Разрастание диссипативной структуры связано с понятием **фракталов**.
- Главное свойство – подобие (любой малый фрагмент аналогичен более крупной части и объекту в целом).



Треугольник
Серпинского



Фракталы

- Фракталы - самоорганизующиеся фигуры. Для их описания в моделируемом нелинейном уравнении задается начальное условие, дальше оно методом итераций начинает развиваться, создавая структуру.
- Фракталы образуются при самоорганизации природных систем.
- Фрактал – своего рода «микрозатрака» в начальный момент самоорганизации, из которой новая структура вырастает до макроуровня в том же виде (пример – пламя, нейронная сеть мозга, кристаллическая структура).
- Фрактальная структура, благодаря избыточности, хорошо противостоит повреждениям.

Фракталы



Фракталы



Фракталы



Фракталы



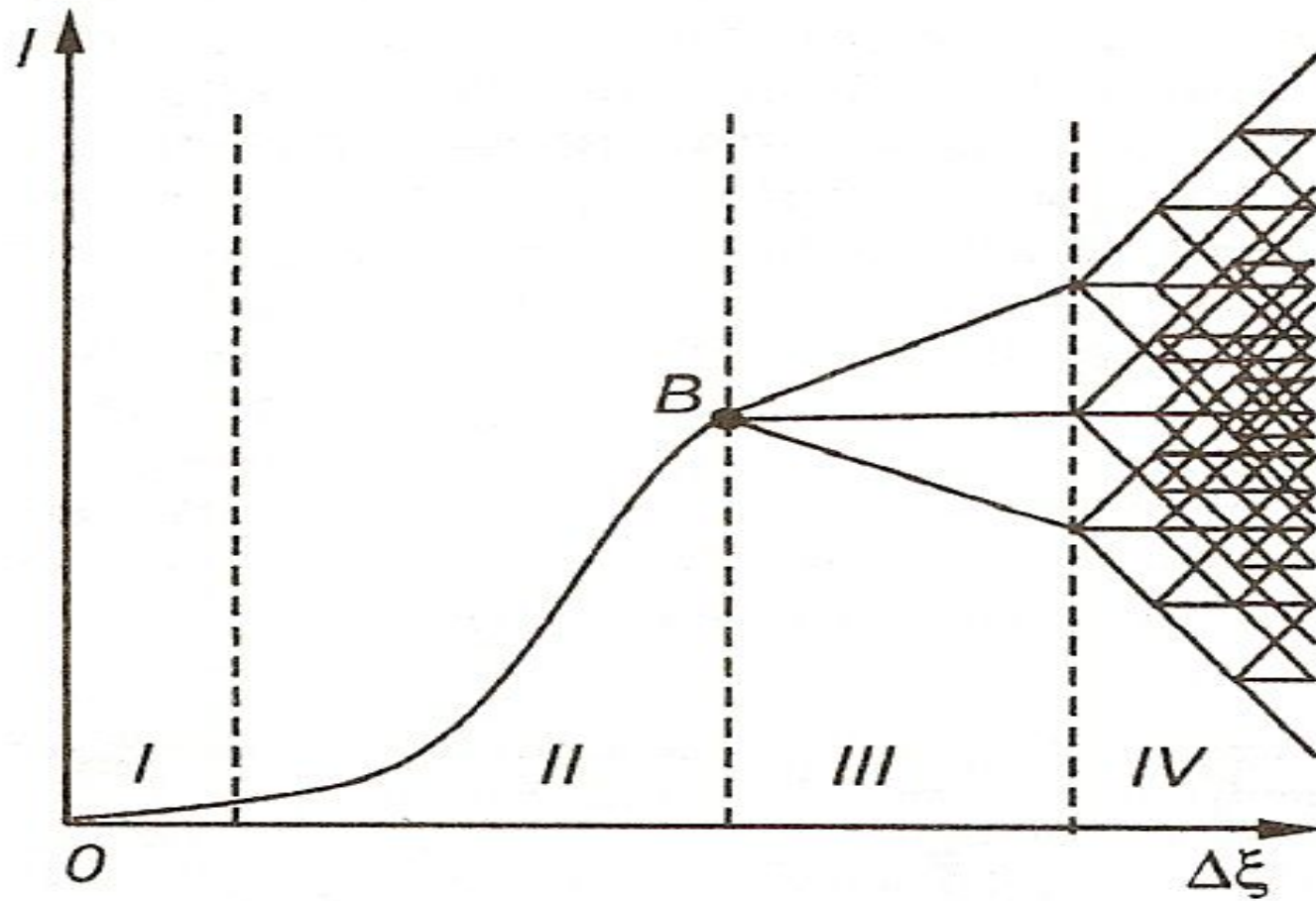
Хаос

- Под действием внешних факторов система выбирает дальнейший путь существования и развития. Таким образом, **развитие – инициирование потенциально существующего в системе порядка, а не наведение порядка извне.**
- Новизна синергетического подхода заключается в том, что развитие понимается как внутренний процесс, в котором **конструктивным началом выступает «детерминированный» хаос.**
- Случайность и детерминированность на этапе бифуркации состоят в соотношении неопределенности (случайность – «блуждание по полю возможностей»).

Хаос

- **Хаос** контролирует и направляет систему в момент входа и выхода из аттрактора.
- Благодаря конструктивной роли и возможностям самоструктуризации **хаос** можно рассматривать как **сверхсложную структуру**.
- Физический хаос, представляемый как кажущийся беспорядок, может быть строго описан математически.
- Физический хаос имеет внутренний порядок, но он очень сложен. Хаос можно представить как «беспорядок множества порядков».

Синергетика



Эволюционно-синергетическая парадигма

- В настоящее время можно говорить о наступлении нового, **постнеклассического** этапа в развитии науки - формирование **эволюционно-синергетической парадигмы**. Ее важнейшими составляющими являются:
- **Принцип глобального эволюционизма** – невозможность существования любых рождающихся во Вселенной структур вне общего эволюционного процесса;
- **Представление об универсальности общих законов развития** как проявления самоорганизации в сложных природных и социальных системах.

Эволюционно-синергетическая парадигма

- **Синергетика** как наука о самоорганизации сложных систем возникла в рамках естествознания, но **постепенно становится одной из методологических основ общественных и гуманитарных наук.**
- Ключевые понятия и подходы синергетики используются для описания сложных экономических и социально-гуманитарных явлений.
- На основе общих положений синергетики делаются **попытки осмыслить ход исторического развития,** оценить роль той или иной личности в исторических катаклизмах. Действия выдающейся личности можно считать «флуктуацией», которая определяет выбор пути дальнейшей эволюции.

Исторический процесс

- На бифуркационном этапе истории существует множество обстоятельств, каждое из которых способно радикально и непредсказуемо повлиять на ход исторических событий (например, личностный фактор). В истории человечества случайность играла различную роль в разные периоды развития:
- В период устойчивого развития случайность (например, смерть лидера) лишь переводила развитие страны на близкую траекторию (немного менялось благосостояние народы или внешняя политика);
- В период неустойчивого развития аналогичные случайности приводили к катастрофическим изменениям (войнам и революциям).

Самоорганизация общества

- Самоорганизующееся общество - свободная деятельность индивидов, которая осуществлялась бы при минимальном контроле или даже без всякого контроля.
- Принцип смещения конфликта.
- С точки зрения экономистов создание все больших возможностей для принятия самостоятельных решений в частной жизни приводит к сокращению управленческих шагов - это может сэкономить общественные средства и сама хозяйственная система будет работать эффективнее.

Самоорганизация общества

Прекращение регулирования:

- устранение полиции, переход к самозащите, каждый с этой целью имеет право обладать оружием. Для малонаселенных районов, включая сельские общины, этот шаг может быть рациональным.
- Частные охранные предприятия.
- Добровольные пожарные дружины.
- Приватизация сферы исполнения наказаний.

Самоорганизация общества

- Самоорганизующееся общество откажется от государственно финансируемых и контролируемых университетов.
- После того как студент или студентка вносит высокую плату за обучение, возникают его/ее собственные сильные интересы закончить учебу как можно в более короткие сроки и добиться одновременно как можно более высоких результатов. Это ведет к тому, что стремятся успешно работать и преподаватели, которые в конечном счете обеспечивают свою жизнь от платы студентов за обучение.

Самоорганизация общества

- Насколько далеко смещение конфликта может быть вынесено за пределы государства, т.е. отдалено от общего консенсуса?
- Даже **этика** могла бы стать объектом свободных переговоров. Конкретные поводы для обсуждений появляются все чаще, например, помощь умереть смертельно больным, клонирование людей, использование эмбриональных стволовых клеток.
- Как смотрит на эти вопросы синергетика: новые технические и медицинские возможности действуют как управляющие параметры, при критических значениях которых поведение системы меняется или даже должно изменяться. По-видимому, может даже возникать новый параметр порядка - и таковым является **биоэтика**.

Самоорганизация общества

- Понятие личной ответственности все в большей мере оказывается на переднем плане. Но несмотря на это ситуация для отдельных людей не становится проще. Каждый из нас принимает решение в некоем окружающем его поле, которое становится все более и более турбулентным.
- В самоорганизующемся обществе во все возрастающей мере выпадает прямой государственный контроль. Это дает нам ощущение свободы. Тем не менее место того прямого контроля занимают - совершенно в духе синергетики - вещественные принуждения. Мы живем - отдаем ли мы себе в этом отчет или нет, - обладая лишь иллюзией свободы.

Самоорганизация общества

- В экстремальных случаях, например, в период длительного экономического кризиса, высокого уровня безработицы и т.д., доверие населения к государству или к партиям может быть поколеблено, система становится неустойчивой. Новые параметры порядка, часто инициированные относительно малыми группами, формируются, вступают в конкуренцию друг с другом, наконец один из них побеждает и определяет тем самым новые отношения. Это может быть новая демократическая система, но также и тоталитарная диктатура.
- Достойное человека самоорганизующееся общество может продолжительно существовать только тогда, когда каждый поступает так, как если бы он в рамках своей собственной деятельности был ответственен за целое.

Эволюционно-синергетическая парадигма

Методологическая ценность синергетики.

- **Природа подвержена непрерывной эволюции.**
Изменения происходят на всех уровнях материальных структур, которые сами являются результатом эволюционного процесса. В природе непрерывно происходит увеличение разнообразия и сложности.
- **Эволюция - проявления самоорганизации в сильно неравновесных системах.**
- **Идея о глобальном эволюционном процессе, который охватывает Вселенную, определяет эволюцию всех ее подсистем и единство наиболее общих закономерностей эволюции, составляет содержание концепции глобального эволюционизма.**

Эволюционно- синергетическая парадигма

- Становление эволюционно-синергетической парадигмы способствует разрешению проблемы двух культур, т.к. определяет направление **интеграции естественно-научного и социально-гуманитарного знания.**
- В исследовании творческого процесса синергетические представления позволяют по-новому интерпретировать понятия интуиции и вдохновения.
- Одно из проявлений – формирование **нелинейного мышления**, которое связано с учетом малых факторов и обратных связей в изучаемых явлениях.