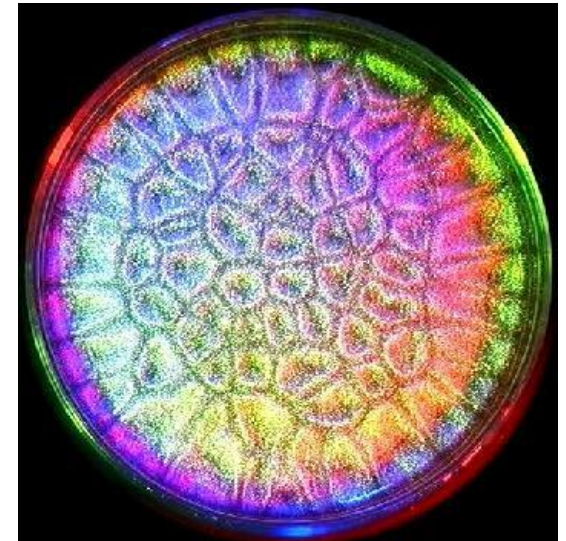


***Порядок и
беспорядок
в природе.
Синергетика.***





**«ВЕСЬ УПОРЯДОЧЕННЫЙ МИР
ВОЗНИК ИЗ ХАОСА»**

(миф)

25 января 1917

«ПОРЯДОК ИЗ ХАОСА»

(И.Пригожин)

В ходе эволюции жизни, для формирования порядка необходима энергия, которая поступает из окружающей среды — **термодинамика жизни.**

Термодинамика

- **Огонь** – одна из 4 стихий (воздух, вода, земля) жизни у натурфилософов.
- Гипотеза о **флогистоне** – «огненная субстанция».
- Гипотеза о **теплороде** - невесомой субстанции, подобной жидкости (Лавуазье).
- Теплота – это результат **внутреннего движения частиц** тела – его корпускул.



Молекулярно-кинетическая теория

(середина XIX века)

согласно которой макроскопические свойства вещества определяются совокупным взаимодействием большого числа составляющих его молекул.

Положения теории

- любое тело – состоит из большого числа молекул;
- молекулы вещества находятся в беспорядочном, хаотическом движении;
- интенсивность движения молекул, определяется их скоростью, которая зависит от температуры вещества.

- Термодинамика – наука о тепловых явлениях; раздел физики, который изучает соотношения и превращения теплоты и других форм энергии, без учета молекулярного строения тел.
- Термодинамические системы – системы, состоящие из огромного числа частиц.



Центральное понятие термодинамики

- **Энергия** – мера различных форм движения материи, которая не возникает из ничего и не исчезает; она только может переходить из одной формы в другую.

Формы энергии:

- тепловая
- химическая
- механическая
- электрическая



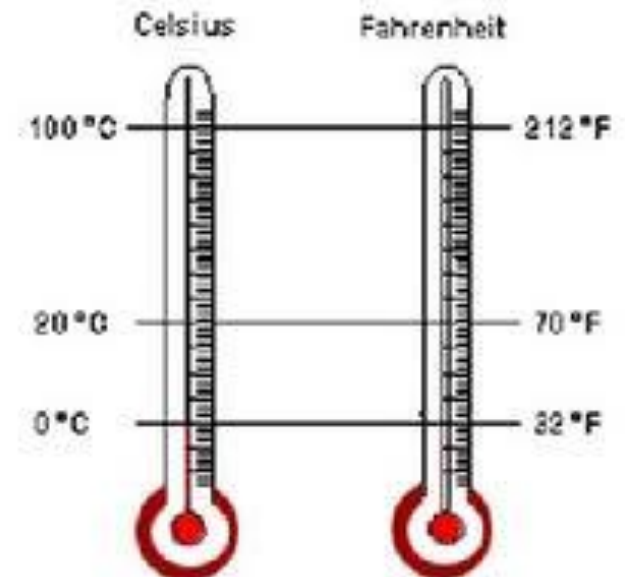
Вид энергии

(в зависимости от вида противодействия)

- потенциальная энергия - противодействие жесткости
- энергия диссипации - диссипативное противодействие
- кинетическая энергия - противодействие инертности

Температура

- это физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической системы;
- это величина, обратная изменению **энтропии** системы.



Энтропия

- степень беспорядка,
- мера необратимого рассеивания энергии,
- мера отклонения реального процесса от идеального,
- «омертвленная», «обесцененная» энергия, которую нельзя превратить в работу,
- мера хаоса, которая для всех естественных процессов возрастает.

Противоположное понятие – **негэнтропия** - характеризует степень упорядоченности системы

Законы термодинамики

- **Нулевое начало:** *для каждой изолированной термодинамической системы существует состояние термодинамического равновесия, которого она самопроизвольно достигает.*

Все термодинамические процессы, **приближающиеся к тепловому равновесию, необратимы.**

Первое начало термодинамики: *количество теплоты, сообщенное телу, идет на увеличение его внутренней энергии и на совершение телом работы (закон сохранения энергии).*

Исключает создание вечного двигателя первого рода, который мог бы совершать работу «из ничего», без внешнего источника энергии.

Второе начало термодинамики: *для всех происходящих в замкнутой системе тепловых процессов энтропия системы возрастает.*

- закон возрастания энтропии,
- принцип направленности теплообмена,
- принцип нарастания беспорядка и разрушения структур.

Исключает возможность создание вечного двигателя второго рода, работающего только за счет энергии находящейся в тепловом равновесии тел.

- Изменение систем во времени, имеет только одно направление - **«Термодинамическая стрела времени»**, которая отражает возрастание энтропии системы и показывает в каком направлении протекает процесс.
- Чем выше энтропия, тем больший временной промежуток она прошла в своей эволюции.

- **Клаузиус** , рассматривает Вселенную как замкнутую систему и, исходя из второго начала термодинамики, делает заключение о **"тепловой смерти Вселенной"**:
 - ✓ энтропия Вселенной достигнет своего максимума,
 - ✓ все формы движения перейдут в тепловые,
 - ✓ температура всех тел Вселенной сравняется,
 - ✓ наступит полное тепловое равновесие,
 - ✓ все процессы во Вселенной прекратятся.

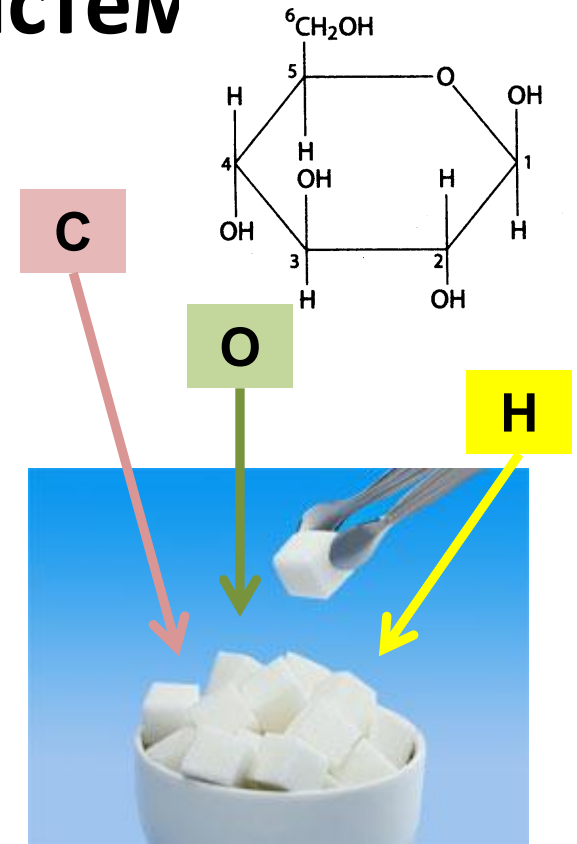
Неравновесная термодинамика

Система – представляет собой объединение некоторого разнообразия в единое и четко разделенное целое.

Целостность системы – все составные части системы, соединяясь вместе, образуют уникальное целое, обладающее *новыми интегративными свойствами*.

Принципы теории систем

- Принцип сильного звена
- Принцип обратных связей:
 - Положительные
 - Отрицательные
 - Гомеостатические
- Принцип эмерджентности



Эмерджентные свойства – это свойства, которых нет у частей системы и, которые являются следствием эффекта целой системы.

Системы по сложности организации:

- Простые – динамические законы
- Сложные – статистическими законами

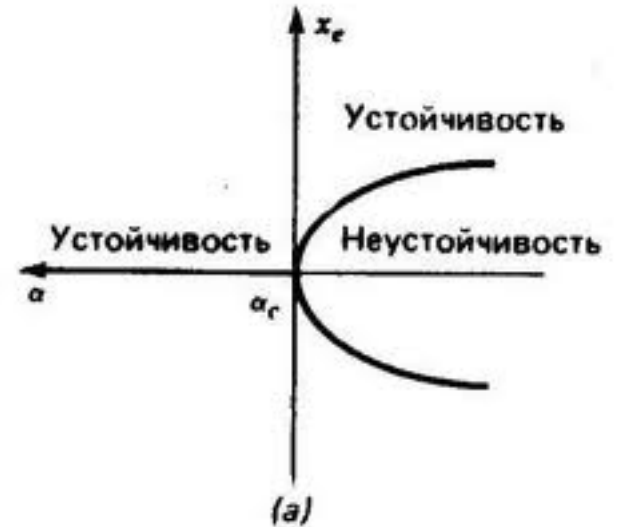
Предсказания динамических и статистических теорий совпадают, когда можно пренебречь флуктуациями (случайные отклонения системы от среднего (наиболее вероятного) состояния).

Системы с точки зрения взаимодействия с окружающей средой (обмен веществом, энергией, информацией):

- Закрытые, замкнутые системы (энтропия возрастает)
- Открытые системы (энтропия удаляется)

Принцип образования порядка через **флуктуацию**.

Бифуркация - критическая пороговая точка, в которой происходит качественное изменение поведения объекта (точка ветвления).



Предсказать поведение системы с т.бифуркации невозможно: **небольшая флуктуация** может послужить **началом эволюции** в новом направлении.

- Выход из критического состояния осуществляется резко через **скачок**.
- **Скачок** – это крайне нелинейный процесс, при котором малые изменения параметров системы вызывают очень сильное изменение состояния системы, ее переход в новое качество.

- ***Самоорганизация*** – это природные скачкообразные процессы, переводящие открытую неравновесную систему, достигшую в своем развитии критического (крайне неустойчивого) состояния, в новое устойчивое состояние с более высоким уровнем сложности и упорядоченности по сравнению с исходной.

- ***Синергетика*** - междисциплинарная наука, изучающая сложные самоорганизующиеся системы.

«Мы называем систему самоорганизующейся, если она без специфического воздействия извне обретает какую-то пространственную временную или функциональную структуру. ...»

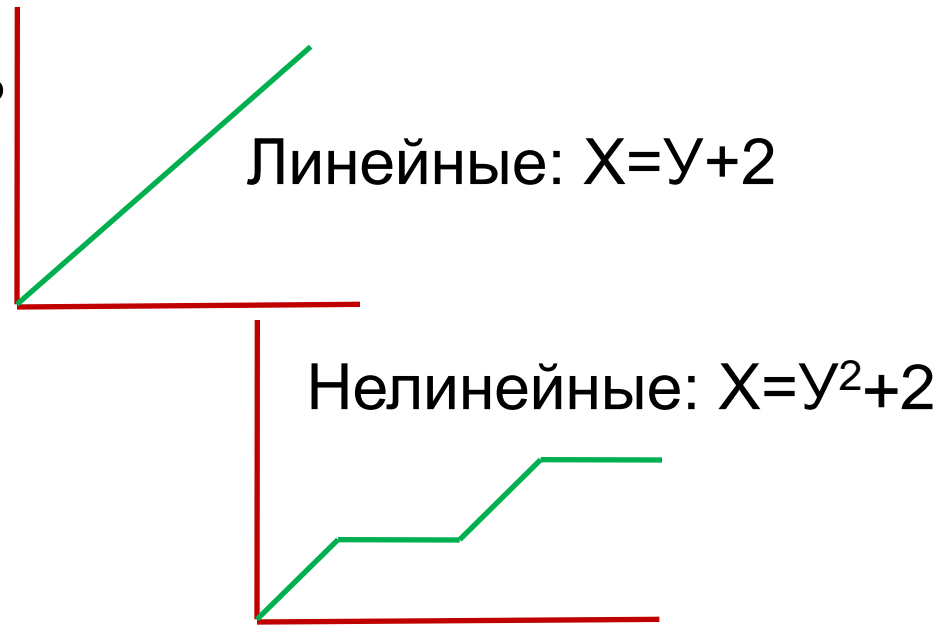


Герман Хакен
(р. 1927г)
немецкий
физик-теоретик

Условия для самоорганизации

Система должна быть

- открытой,
- нелинейной
- неравновесной
- диссипативной



Диссипативность (рассеивание) — явление, связанное с потерей энергии, характерное для неравновесных открытых систем, и возникающее в результате самоорганизации данной системы.

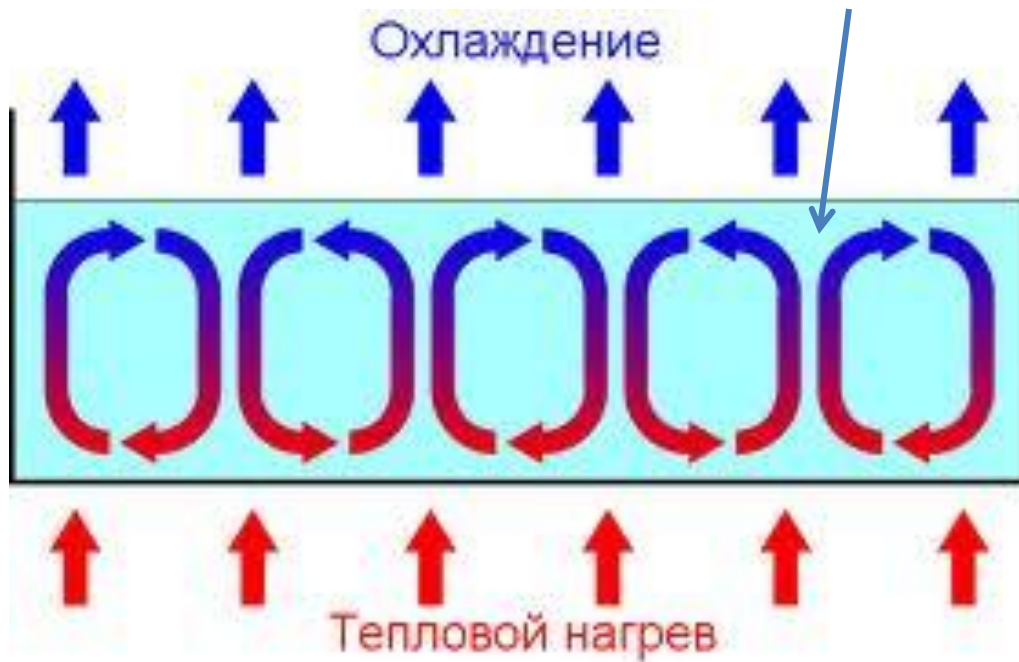
- Процесс самоорганизации сопровождается снижением энтропии системы и повышением энтропии окружающей среды.

Примером самоорганизации в простейших системах:

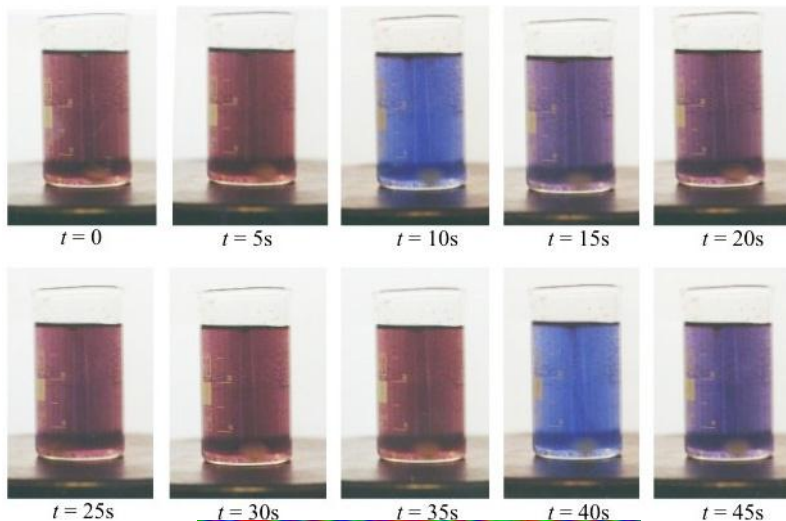
- ячейки Бенара (физические реакции),
- реакции Белоусова-Жаботинского (химические реакции)
- спиральные волны (химические реакции)

Ячейки Бенара

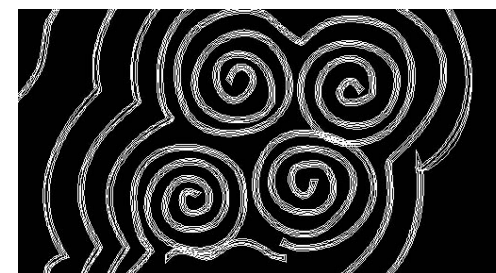
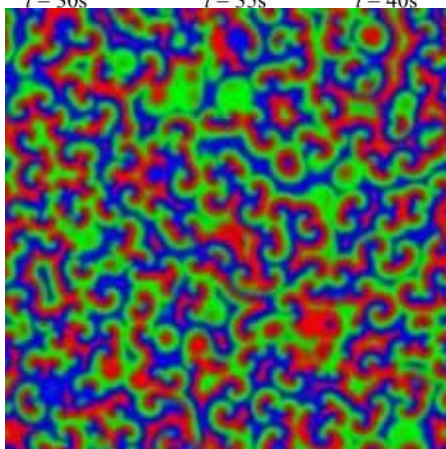
Конвективное упорядочение



Реакции Белоусова-Жаботинского и спиральные волны



<https://www.youtube.com/watch?v=jGOQR6I3-u4>



Ключевые положения синергетики:

- Системы состоят из достаточного количества взаимодействующих между собой частей.
- Они нелинейные, открытые, далекие от теплового равновесия, подвержены внутренним и внешним колебаниям, могут быть нестабильными.
- В них происходят качественные изменения. Появляющиеся в системе изменения, по принципу положительной обратной связи, не устраняются, а, наоборот, накапливаются и усиливаются. Это приводит к возникновению новых порядка и структуры.

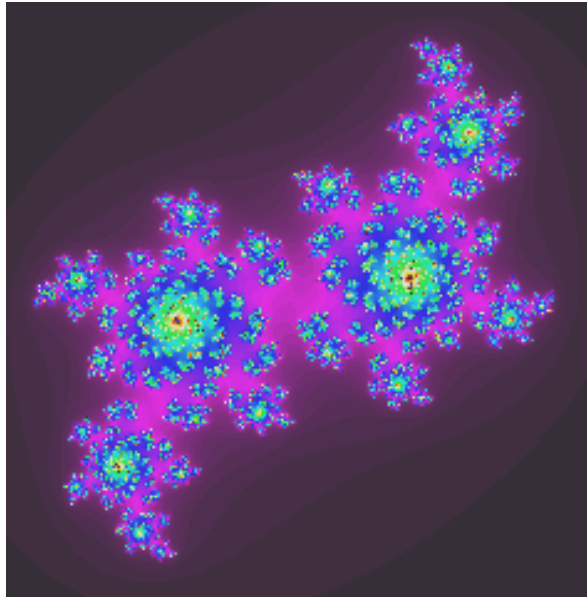
- В этих системах появляются эмерджентные качества.
- Образование этих систем идет по принципу образования порядка через флуктуации.
- Процессы самоорганизации, как и переходы от одних структур к другим, сопровождаются нарушением «старых» симметрии и установлению новых.
- Новые структуры могут быть пространственными, временными, пространственно-временными и функциональными.
- Структуры могут быть упорядоченными или хаотичными.

- **Главная идея синергетики** – это идея о принципиальной возможности спонтанного возникновения порядка из беспорядка и хаоса в результате самоорганизации.

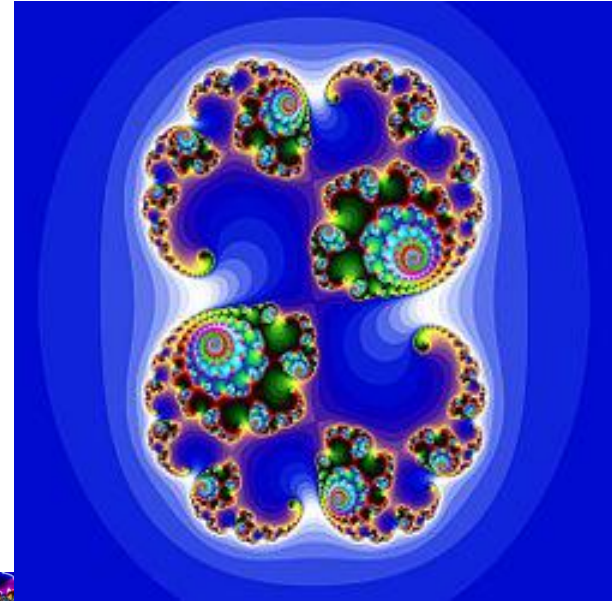
Любая эволюция должна удовлетворять трем условиям:

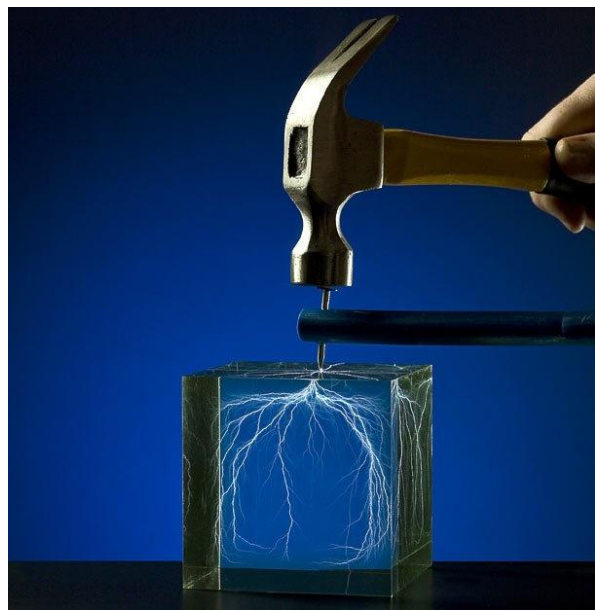
- необратимость;
- необходимость введения понятия «событие»;
- некоторые события должны обладать способностью изменять ход эволюции.

Фрактал — это бесконечно самоподобная геометрическая фигура, каждый фрагмент которой повторяется при уменьшении масштаба



Множество Жюлина





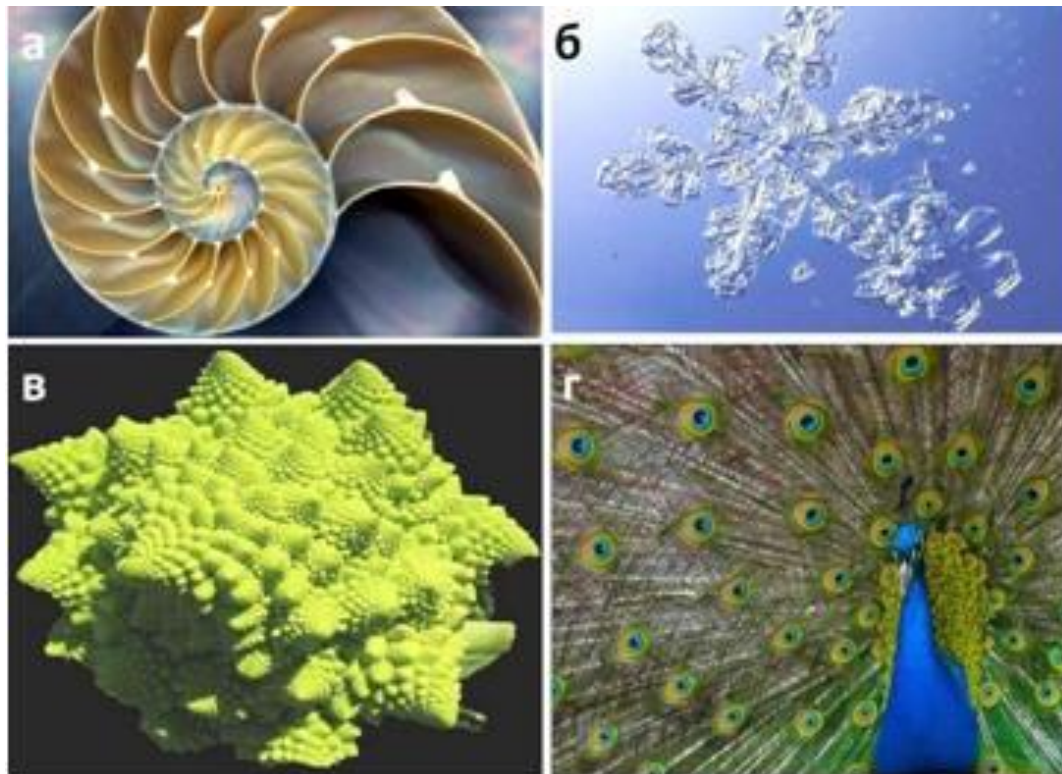
Цифры Лихтенбурга создаются путем тщательного захвата и выгрузки миллионов вольт электрического заряда внутри куска полированного прозрачного акрила с помощью пучка электронов ускорителя частиц.



ФРАКТАЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ПРИРОДЫ



Волны в океане Цунами.
Тихий океан



а) морская раковина; б) снежинка; в) капуста