Проект Этап № 1

Неравновесная агрегация, фрактальные кластеры

Хамдамова Айжана

Козлов Всеволод

Алади Принц

Ощепков Дмитрий

Содержание

# 1 Цели и задачи

**Цель работы**

Построить модели неравновесной агрегации и выявить их особенности.

# 2 Фрактальная размерность

- количество квадратов, необходимое для покрытия фрактала, - сторона квадрата, - переменная.

# 3 Фрактальная размерность

где – фрактальная размерность, – число частиц на расстоянии меньшем чем , – радиус

# 4 **Неравновесная агрегация и фракталы**

Неравновесная агрегация — это процесс, при котором частицы необратимо прилипают к растущему кластеру, образуя разветвленные структуры. *Примеры:* Образование сажи. Рост осадков при электрическом осаждении. “Вязкие пальцы” при вытеснении жидкостей в пористой среде. Эти процессы дают фрактальные структуры — объекты с дробной размерностью, которые самоподобны на разных масштабах.

# 5 **Модель агрегации, ограниченной диффузией (DLA)**

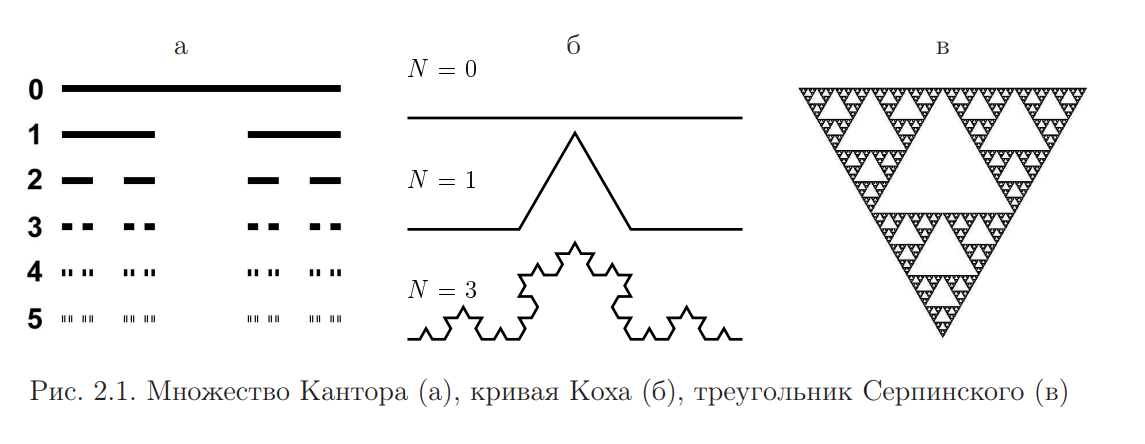
Сеточная модель: Частицы случайно блуждают по сетке и прилипают к кластеру, если оказываются рядом с ним. Бессеточная модель: Частицы движутся в пространстве без сетки, прилипая к кластеру при сближении на расстояние взаимодействия. Результат: Кластеры имеют фрактальную структуру с размерностью D ~ 1.71 на плоскости и D ~ 2.50 в трёхмерном пространстве.

# 6 Фрактальная размерность

Фрактальная размерность D описывает, как масса кластера растёт с увеличением его размера.

Методы определения: Метод сфер: Масса т ~ R°, где R — радиус сферы. Метод подсчёта клеток: Число непустых клеток N ~ L-D , где L — размер клетки.

Примеры фракталов:(рис. [??]). Множество Кантора: D ~ 0.631. Кривая Коха: D ~ 1.262. Треугольник Серпинского: D ~ 1.585.



Множество Кантора, кривая Коха, треугольник Серпинского

# 7 Описание моделей

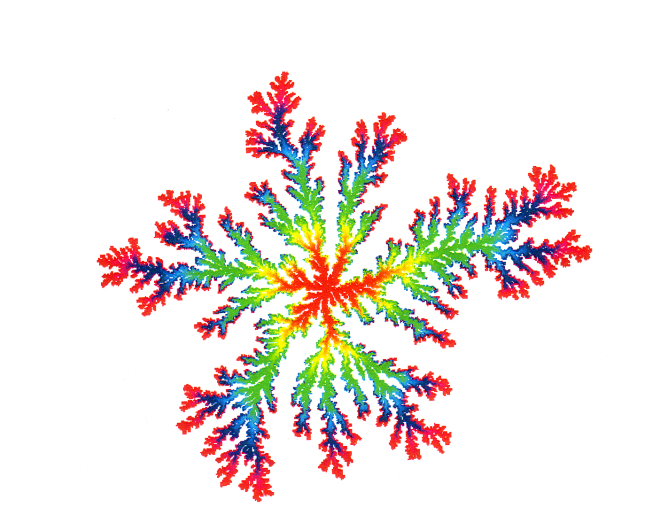
## 7.1 DLA

Химически-ограниченная агрегация, баллистическая агрегация и кластер-кластерная агрегация — это модификации или обобщения модели DLA (Diffusion-Limited Aggregation). Они расширяют базовую модель DLA, добавляя новые физические механизмы или условия. Давайте разберём каждую из них.(рис. [??]).

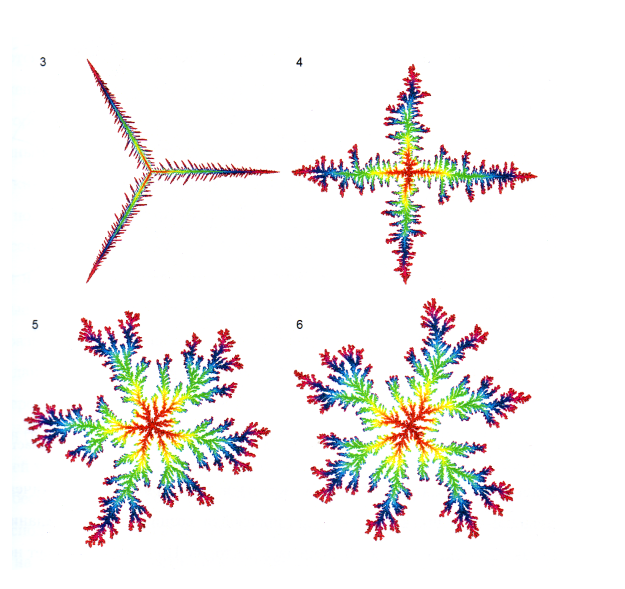
1. Химически-ограниченная агрегация (Chemically Limited Aggregation, CLA) Что это? В этой модели вероятность прилипания частицы к кластеру меньше 1. То есть частица может “отскочить” от кластера, даже если она находится рядом с ним.

Чем отличается от DLA? В DLA частица всегда прилипает к кластеру, если оказывается рядом с ним. В CLA вероятность прилипания зависит от условий (например, химических свойств частиц).(рис. [??]).

Результат: Кластеры становятся более плотными, чем в DLA, но всё ещё остаются фракталами. Фрактальная размерность D увеличивается, но остаётся меньше размерности пространства.



Фрактальный агрегат



Примеры анизотропных агрегатов для 3, 4, 5, и 6 осей симметрии

## 7.2 Ballistic Aggregation

1. Баллистическая агрегация (Ballistic Aggregation) Что это? В этой модели частицы движутся по прямым траекториям (а не случайно блуждают, как в DLA). Они прилипают к кластеру при первом контакте.

Чем отличается от DLA? В DLA частицы движутся случайно (диффузия), а в баллистической агрегации — по прямым линиям.

Результат: Кластеры получаются более плотными, чем в DLA, но их границы остаются фрактальными. Фрактальная размерность D выше, чем в DLA, но всё ещё меньше размерности пространства.

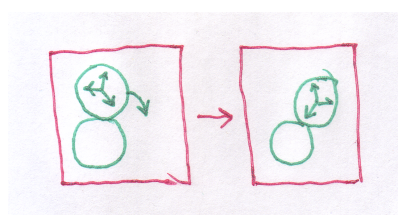
## 7.3 Cluster-Cluster Aggregation

1. Кластер-кластерная агрегация (Cluster-Cluster Aggregation, CCA) Что это? В этой модели несколько кластеров растут одновременно и могут слипаться друг с другом. Это отличается от DLA, где растёт только один кластер, а частицы прилипают к нему по одной.

Чем отличается от DLA? В DLA частицы прилипают к одному кластеру, а в CCA кластеры могут слипаться между собой.

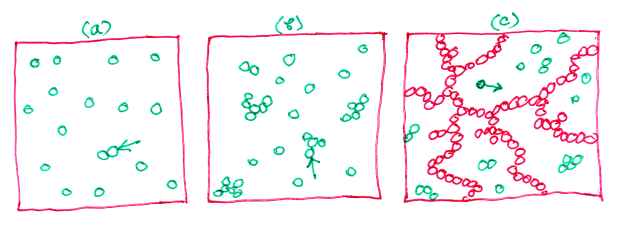
Результат: Кластеры получаются более разреженными, чем в DLA. Фрактальная размерность D меньше, чем в DLA, так как большие кластеры не могут проникать внутрь пустот.

Модель образования анизотропного агрегата: частица сначала подошла к затравке с неудачной стороны, а потом повернулась так, чтобы одна из ее осей симметрии смотрела на центр затравки.(рис. [??]).



Образование гелей (Gelation transition)

1. – исходный раствор, начальная стадия образования кластеров; (b) – развитая стадия образования кластеров: среди них уже встречаются большие, но бесконечного еще нет; (c) – гель: имеется бесконечный кластер из слипшихся частиц.(рис. [??])



Стадии образования кластеров

# 8 Выводы

Во время выполнения первого этапа группового проекта мы сделали теоретическое описание моделей неравновесной агрегации и определили задачи дальнейшего исследования.

# 9 Список литературы

1. Медведев Д.А. и др. Моделирование физических процессов и явлений на ПК: Учеб. пособие. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2010. 101 с.
2. Sander L.M. Diffusion-limited aggregation: A kinetic critical phenomenon? Contemporary Physics, 2000.
3. Тыртышников А.Ю. и др. Сравнение алгоритмов DLA и RLA при моделировании пористых структур. НИИ «Центрпрограммсистем», 2017. 244 с.