

Моделирование неравновесной агрегации: диффузионно-ограниченная агрегация (DLA)

Этап 1: Модель. Презентация по научной проблеме

Жукова Арина, Садова Диана, Агаев Арсений, Диденко Дмитрий

2026-03-21

Содержание I

1. Информация
2. Вводная часть
3. Содержание исследования
4. Результаты этапа 1
5. Выводы
6. Рекомендуемая литература

Раздел 1

1. Информация

1.1 Докладчики

- Жукова Арина

1.1 Докладчики

- Жукова Арина
- Садова Диана

1.1 Докладчики

- Жукова Арина
- Садова Диана
- Агаев Арсений

1.1 Докладчики

- Жукова Арина
- Садова Диана
- Агаев Арсений
- Диденко Дмитрий

1.1 Докладчики

- Жукова Арина
- Садова Диана
- Агаев Арсений
- Диденко Дмитрий
- студенты 3 курса

1.1 Докладчики

- Жукова Арина
- Садова Диана
- Агаев Арсений
- Диденко Дмитрий
- студенты 3 курса
- Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы

Раздел 2

2. Вводная часть

2.1 Актуальность

- Ключевой процесс в природе и технике

2.1 Актуальность

- Ключевой процесс в природе и технике
- Примеры: сажа, дендриты, «вязкие пальцы», электрический пробой

2.1 Актуальность

- Ключевой процесс в природе и технике
- Примеры: сажа, дендриты, «вязкие пальцы», электрический пробой
- Понимание механизмов роста позволяет управлять этими процессами

2.1 Актуальность

- Ключевой процесс в природе и технике
- Примеры: сажа, дендриты, «вязкие пальцы», электрический пробой
- Понимание механизмов роста позволяет управлять этими процессами
- Модель DLA — основа для предсказания структуры агрегатов

2.2 Объект и предмет исследования

- **Объект:** Процессы неравновесной агрегации в физических системах

2.2 Объект и предмет исследования

- **Объект:** Процессы неравновесной агрегации в физических системах
- **Предмет:** Модель диффузионно-ограниченной агрегации (DLA) и фрактальные структуры, возникающие в её результате

2.3 Цели и задачи

Цель работы: Изучение процесса неравновесной агрегации и его математическое моделирование

Задачи:

- 1 Изучить теоретические основы неравновесной агрегации и фракталов

2.3 Цели и задачи

Цель работы: Изучение процесса неравновесной агрегации и его математическое моделирование

Задачи:

- 1 Изучить теоретические основы неравновесной агрегации и фракталов
- 2 Разработать концептуальное описание модели DLA на квадратной решетке

2.3 Цели и задачи

Цель работы: Изучение процесса неравновесной агрегации и его математическое моделирование

Задачи:

- 1 Изучить теоретические основы неравновесной агрегации и фракталов
- 2 Разработать концептуальное описание модели DLA на квадратной решетке
- 3 Проанализировать методы определения фрактальной размерности

2.3 Цели и задачи

Цель работы: Изучение процесса неравновесной агрегации и его математическое моделирование

Задачи:

- 1 Изучить теоретические основы неравновесной агрегации и фракталов
- 2 Разработать концептуальное описание модели DLA на квадратной решетке
- 3 Проанализировать методы определения фрактальной размерности
- 4 Рассмотреть классические примеры математических фракталов

2.4 Материалы и методы

- **Материалы:** научные статьи Уиттена и Сандера (1981), работы Мандельброта по фрактальной геометрии

2.4 Материалы и методы

- **Материалы:** научные статьи Уиттена и Сандера (1981), работы Мандельброта по фрактальной геометрии
- **Методы:**

2.4 Материалы и методы

- **Материалы:** научные статьи Уиттена и Сандера (1981), работы Мандельброта по фрактальной геометрии
- **Методы:**
 - Анализ литературных источников

2.4 Материалы и методы

- **Материалы:** научные статьи Уиттена и Сандера (1981), работы Мандельброта по фрактальной геометрии
- **Методы:**
 - Анализ литературных источников
 - Математическое моделирование

2.4 Материалы и методы

- **Материалы:** научные статьи Уиттена и Сандера (1981), работы Мандельброта по фрактальной геометрии
- **Методы:**
 - Анализ литературных источников
 - Математическое моделирование
 - Методы вычислительной физики

2.4 Материалы и методы

- **Материалы:** научные статьи Уиттена и Сандера (1981), работы Мандельброта по фрактальной геометрии
- **Методы:**
 - Анализ литературных источников
 - Математическое моделирование
 - Методы вычислительной физики
 - Статистический анализ фрактальных структур

Раздел 3

3. Содержание исследования

3.1 Фракталы и фрактальная размерность

Фрактал (от лат. *fractus* — дробный) — множество, обладающее свойством самоподобия и имеющее дробную размерность

Евклидовы размерности:

- Линия $\rightarrow D = 1$

Фрактальная размерность:

3.1 Фракталы и фрактальная размерность

Фрактал (от лат. *fractus* — дробный) — множество, обладающее свойством самоподобия и имеющее дробную размерность

Евклидовы размерности:

- Линия $\rightarrow D = 1$
- Плоскость $\rightarrow D = 2$

Фрактальная размерность:

3.1 Фракталы и фрактальная размерность

Фрактал (от лат. *fractus* — дробный) — множество, обладающее свойством самоподобия и имеющее дробную размерность

Евклидовы размерности:

- Линия $\rightarrow D = 1$
- Плоскость $\rightarrow D = 2$
- Объемное тело $\rightarrow D = 3$

Фрактальная размерность:

3.1 Фракталы и фрактальная размерность

Фрактал (от лат. *fractus* — дробный) — множество, обладающее свойством самоподобия и имеющее дробную размерность

Евклидовы размерности:

- Линия $\rightarrow D = 1$
- Плоскость $\rightarrow D = 2$
- Объемное тело $\rightarrow D = 3$

Фрактальная размерность:

- Масса m связана с радиусом R степенным образом: $m \sim R^D$

3.1 Фракталы и фрактальная размерность

Фрактал (от лат. *fractus* — дробный) — множество, обладающее свойством самоподобия и имеющее дробную размерность

Евклидовы размерности:

- Линия $\rightarrow D = 1$
- Плоскость $\rightarrow D = 2$
- Объемное тело $\rightarrow D = 3$

Фрактальная размерность:

- Масса m связана с радиусом R степенным образом: $m \sim R^D$
- Для DLA-кластера на плоскости: $D \approx 1.71 \pm 0.02$

3.1 Фракталы и фрактальная размерность

Фрактал (от лат. *fractus* — дробный) — множество, обладающее свойством самоподобия и имеющее дробную размерность

Евклидовы размерности:

- Линия $\rightarrow D = 1$
- Плоскость $\rightarrow D = 2$
- Объемное тело $\rightarrow D = 3$

Фрактальная размерность:

- Масса m связана с радиусом R степенным образом: $m \sim R^D$
- Для DLA-кластера на плоскости: $D \approx 1.71 \pm 0.02$
- Для DLA-кластера в пространстве: $D \approx 2.50$

3.2 Модель DLA: алгоритм

Diffusion Limited Aggregation (DLA) — модель, предложенная Уиттенем и Сандером в 1981 году

- 1 Затравочная частица в центре решетки

Результат: разветвленный фрактальный кластер

3.2 Модель DLA: алгоритм

Diffusion Limited Aggregation (DLA) — модель, предложенная Уиттенем и Сандером в 1981 году

- 1 Затравочная частица в центре решетки
- 2 Новая частица на окружности радиуса R_{max}

Результат: разветвленный фрактальный кластер

3.2 Модель DLA: алгоритм

Diffusion Limited Aggregation (DLA) — модель, предложенная Уиттенем и Сандером в 1981 году

- 1 Затравочная частица в центре решетки
- 2 Новая частица на окружности радиуса R_{max}
- 3 Случайное блуждание по узлам

Результат: разветвленный фрактальный кластер

3.2 Модель DLA: алгоритм

Diffusion Limited Aggregation (DLA) — модель, предложенная Уиттенем и Сандером в 1981 году

- 1 Затравочная частица в центре решетки
- 2 Новая частица на окружности радиуса R_{max}
- 3 Случайное блуждание по узлам
- 4 Прилипание при контакте с кластером

Результат: разветвленный фрактальный кластер

3.2 Модель DLA: алгоритм

Diffusion Limited Aggregation (DLA) — модель, предложенная Уиттенем и Сандером в 1981 году

- 1 Затравочная частица в центре решетки
- 2 Новая частица на окружности радиуса R_{max}
- 3 Случайное блуждание по узлам
- 4 Прилипание при контакте с кластером
- 5 Удаление ушедших частиц

Результат: разветвленный фрактальный кластер

3.2 Модель DLA: алгоритм

Diffusion Limited Aggregation (DLA) — модель, предложенная Уиттенем и Сандером в 1981 году

- 1 Затравочная частица в центре решетки
- 2 Новая частица на окружности радиуса R_{max}
- 3 Случайное блуждание по узлам
- 4 Прилипание при контакте с кластером
- 5 Удаление ушедших частиц
- 6 Повторение процесса

Результат: разветвленный фрактальный кластер

3.3 Методы определения размерности

- **Метод сфер:** график $\ln m(R)$ от $\ln R \rightarrow$ угловой коэффициент = D

3.3 Методы определения размерности

- **Метод сфер:** график $\ln m(R)$ от $\ln R \rightarrow$ угловой коэффициент = D
- **Box Counting:** $N \sim L^{-D}$, подходит для природных объектов

3.3 Методы определения размерности

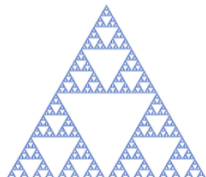
- **Метод сфер:** график $\ln m(R)$ от $\ln R \rightarrow$ угловой коэффициент = D
- **Box Counting:** $N \sim L^{-D}$, подходит для природных объектов
- **Радиус гирации:** $N \sim Rg^D$, удобен для наблюдения за ростом

3.4 Математические фракталы: классические примеры

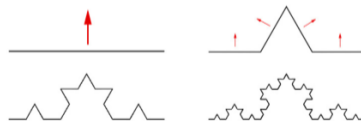
Фрактал	Размерность D
Множество Кантора	0.631
Кривая Коха	1.262
Треугольник Серпинского	1.585



Множество Кантора: "Канторова пыль"



Треугольник Серпинского:
"Салфетка Серпинского"



Кривая Коха: "Снежинка Коха"

Рисунок 1

3.5 Расширения модели

- **Химически-ограниченная:** вероятность прилипания $p < 1 \rightarrow$ более плотный кластер

3.5 Расширения модели

- **Химически-ограниченная:** вероятность прилипания $p < 1$ → более плотный кластер
- **Баллистическая:** прямолинейное движение → плотнее, изрезанная граница

3.5 Расширения модели

- **Химически-ограниченная:** вероятность прилипания $p < 1$ → более плотный кластер
- **Баллистическая:** прямолинейное движение → плотнее, изрезанная граница
- **Кластер–кластерная:** слипание кластеров → более разреженная структура

Раздел 4

4. Результаты этапа 1

4.1 Что сделано?

- Изучена научная проблема неравновесной агрегации

4.1 Что сделано?

- Изучена научная проблема неравновесной агрегации
- Описана модель DLA с алгоритмом

4.1 Что сделано?

- Изучена научная проблема неравновесной агрегации
- Описана модель DLA с алгоритмом
- Проанализированы методы определения фрактальной размерности

4.1 Что сделано?

- Изучена научная проблема неравновесной агрегации
- Описана модель DLA с алгоритмом
- Проанализированы методы определения фрактальной размерности
- Рассмотрены математические фракталы и расширения модели

Раздел 5

5. Выводы

5.1 Основные итоги

- Простое правило → сложные разветвленные структуры

5.1 Основные итоги

- Простое правило → сложные разветвленные структуры
- Ключевой механизм: **экранирование** внутренних областей

5.1 Основные итоги

- Простое правило → сложные разветвленные структуры
- Ключевой механизм: **экранирование** внутренних областей
- Фрактальная размерность D — универсальная характеристика

5.1 Основные итоги

- Простое правило → сложные разветвленные структуры
- Ключевой механизм: **экранирование** внутренних областей
- Фрактальная размерность D — универсальная характеристика
- Основа для последующей программной реализации

5.2 Фракталы в природе и моделировании

«Компьютер не добавляет возможностей человеку, а умножает их»

Раздел 6

6. Рекомендуемая литература

6.1 Основные источники

- 1 Д. А. Медведев, А. Л. Куперштох, Э. Р. Прууэл, Н. П. Сатонкина, Д. И. Карпов
Моделирование физических процессов на ПК: Учеб. пособие. - Новосибирск:
Новосиб. гос. ун-т., 2010. - 101 с.

6.1 Основные источники

- 1 Д. А. Медведев, А. Л. Куперштох, Э. Р. Прууэл, Н. П. Сатонкина, Д. И. Карпов
Моделирование физических процессов на ПК: Учеб. пособие. - Новосибирск:
Новосиб. гос. ун-т., 2010. - 101 с.
- 2 Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – Москва: Институт
компьютерных исследований, 2002. – 656 с. (Оригинал: Mandelbrot B. B. The Fractal
Geometry of Nature. – W. H. Freeman and Company, 1982).