

Групповой проект. Этап 3

Описание программной реализации.

Дворкина Е.В. Чемоданова А.А. Серёгина И.А. Волгин И.А. Александрова У.В. Голощапов Я.В.

07 мая 2025

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Информация

- Серёгина Ирина Андреевна
- Студентка учебной группы НФИбд-01-22
- Российский университет дружбы народов
- <https://github.com/irinaseregina>



Вводная часть

- Написать программу, моделирующую теплопроводность.
- Добавить в модель процесс затвердевания.
- Исследовать, как со временем изменяются количество частиц в агрегате и его среднеквадратичный радиус в различных режимах.
- Определить фрактальную размерность полученных структур
- Проанализировать, как величина теплового шума влияет на морфологию формирующихся агрегатов.

Выполнение задач третьего этапа

- Метод полиномиальной аппроксимации (polyfit, polyval)
- Среднее значение температуры (average_temperature)
- Кривизна границы (curvature)
- Количества затвердевших частиц (count_solid_particles)
- Среднеквадратичный радиус (mean_squared_radius)
- Задали начальные параметры и инициализировали сетку

```
function curvature(n, i, j, w)
    horizontal_vertical_neighbors = [
        n[i-1, j], n[i+1, j], n[i, j-1], n[i, j+1]
    ]
    diagonal_neighbors = [
        n[i-1, j-1], n[i-1, j+1], n[i+1, j-1], n[i+1, j+1]
    ]
    sum_hv = sum(horizontal_vertical_neighbors)
```

Рис. 1: Функция curvate

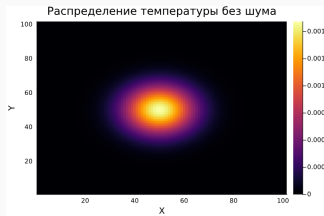


Рис. 2: Распределение температуры без шума

Реализована функция `simulate_heat_conduction` на основе уравнения обновления температуры:

$$T_{\text{temp}}[i, j] = T[i, j] + \kappa \frac{\Delta t}{h^2} (T[i + 1, j] + T[i - 1, j] + T[i, j + 1] + T[i, j - 1]) \quad (1)$$

где:

- κ : коэффициент теплопроводности,
- Δt : временной шаг,
- h : пространственный шаг.

Реализована функция

`simulate_solidification`, которая выполняет следующие шаги:

1. Обновление температур
2. Проверка условия затвердевания
3. Обновление состояний

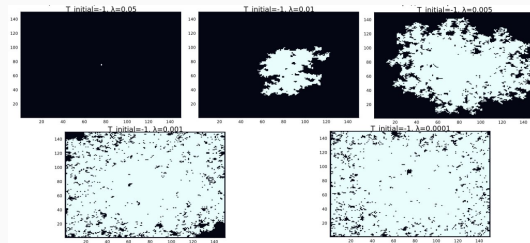


Рис. 3: Исследование влияния начального переохлаждения и величины капиллярного радиуса

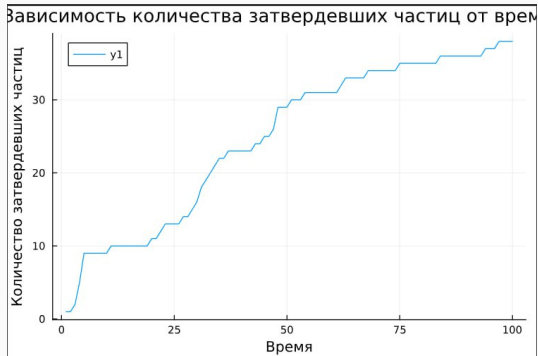


Рис. 4: Зависимость числа затвердевших частиц от времени

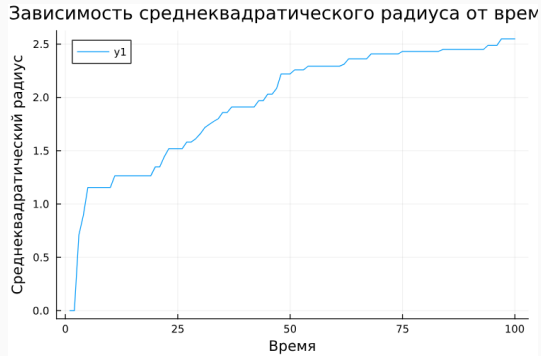


Рис. 5: Зависимость среднеквадратического радиуса от времени

Фрактальная размерность

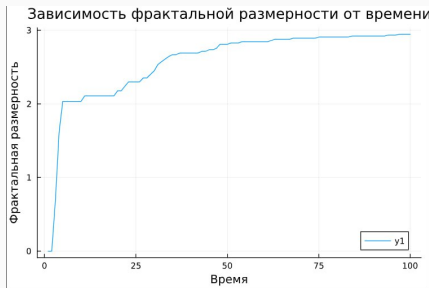


Рис. 6: Зависимость фрактальной размерности от времени

Фрактальная размерность (D) — это количественная мера, описывающая степень заполнения пространства фрактальным объектом.

Фрактальную размерность D можно определить через логарифмическую регрессию:

$$D = \frac{\log N(r)}{\log r} \quad (2)$$

где:

- $N(r)$ - количество частиц внутри радиуса r
- D - искомая фрактальная размерность

Реализована функция `fractal_dimension`

Влияние теплового шума

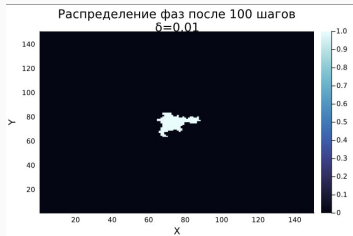


Рис. 7: Значение теплового шума (δ) 0.01

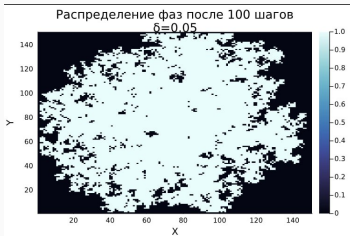


Рис. 8: Значение теплового шума (δ) 0.05

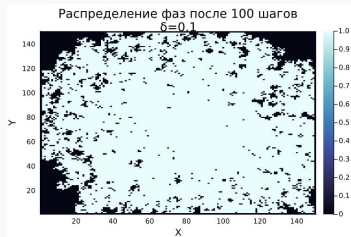


Рис. 9: Значение теплового шума (δ) 0.1

1. Смоделирован процесс теплопроводности.
2. Исследовано влияние начального переохлаждения и капиллярного радиуса на форму дендритов.
3. Проанализирована динамика роста агрегата и его фрактальная размерность.
4. Изучено влияние теплового шума на морфологию агрегатов.

Результаты показывают, что:

- Тепловой шум значительно влияет на структуру дендритов, увеличивая их нерегулярность и скорость роста.