



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

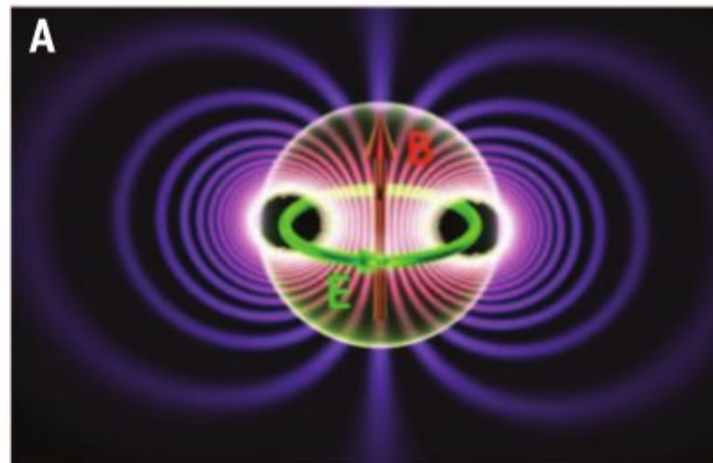
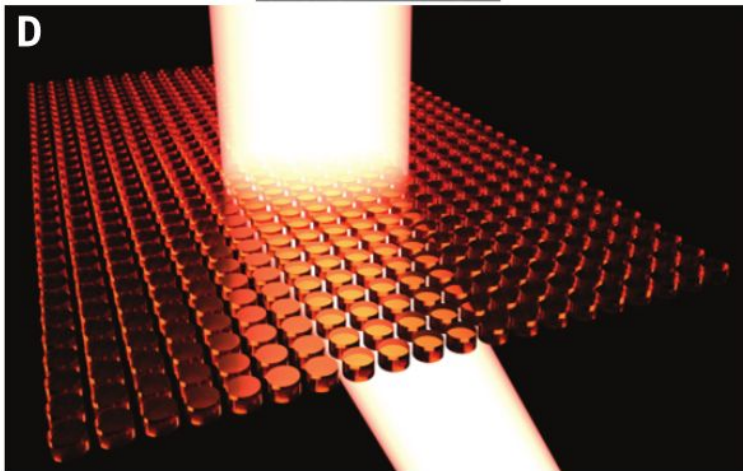
Получение дизайна метаповерхности с заданными функциональными свойствами с использованием эволюционных алгоритмов

Студент: Мельников Роман Вячеслаович, М3439

Научный руководитель: Ульянов Владимир Игоревич, к.т.н, научный сотрудник ФИТиП

Научный консультант: Барышникова Ксения Владимировна, к.ф-м.н, научный сотрудник ФТФ

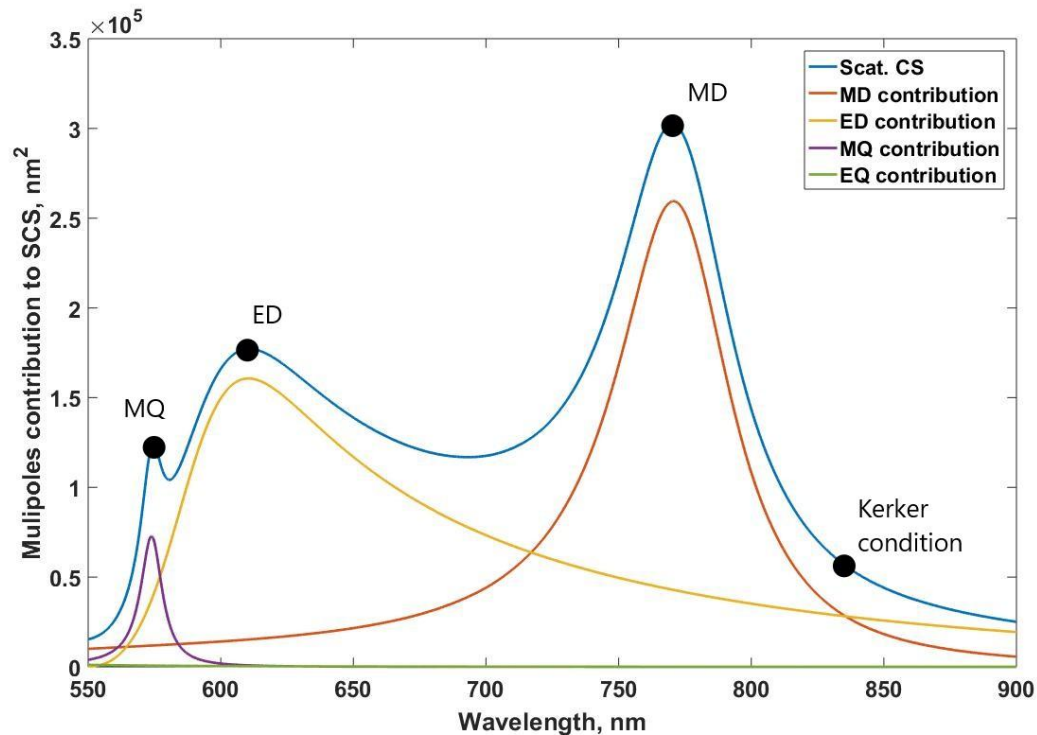
Метаматериалы



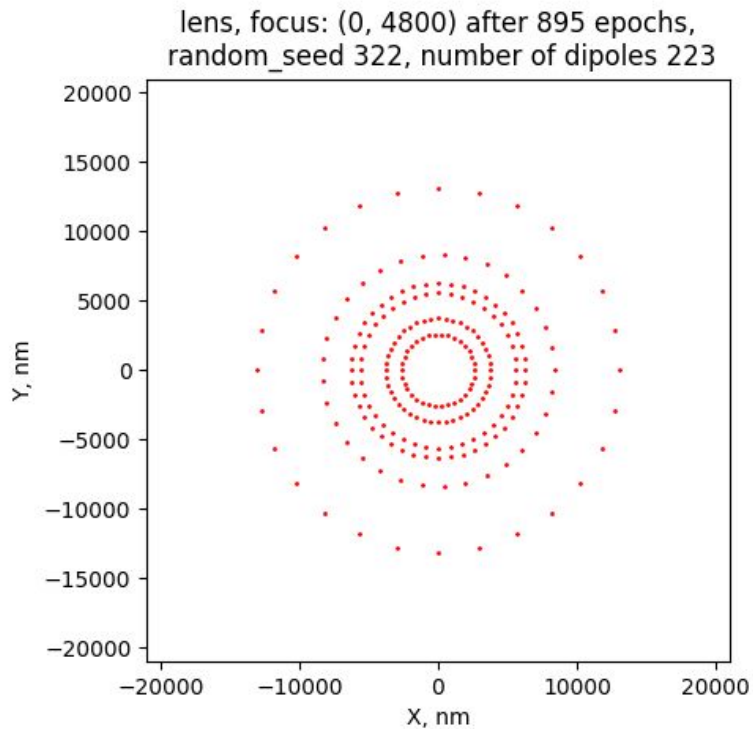
Arseniy I. Kuznetsov, Andrey E. Miroshnichenko.
Optically resonant dielectric nanostructures

Дипольное приближение

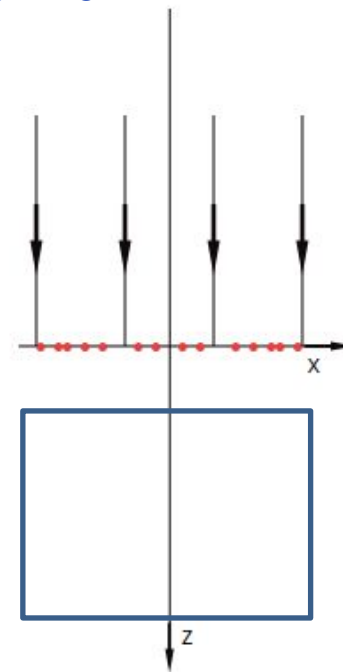
Рабочий диапазон
длин волн – 600-900 нм



Пример металинзы

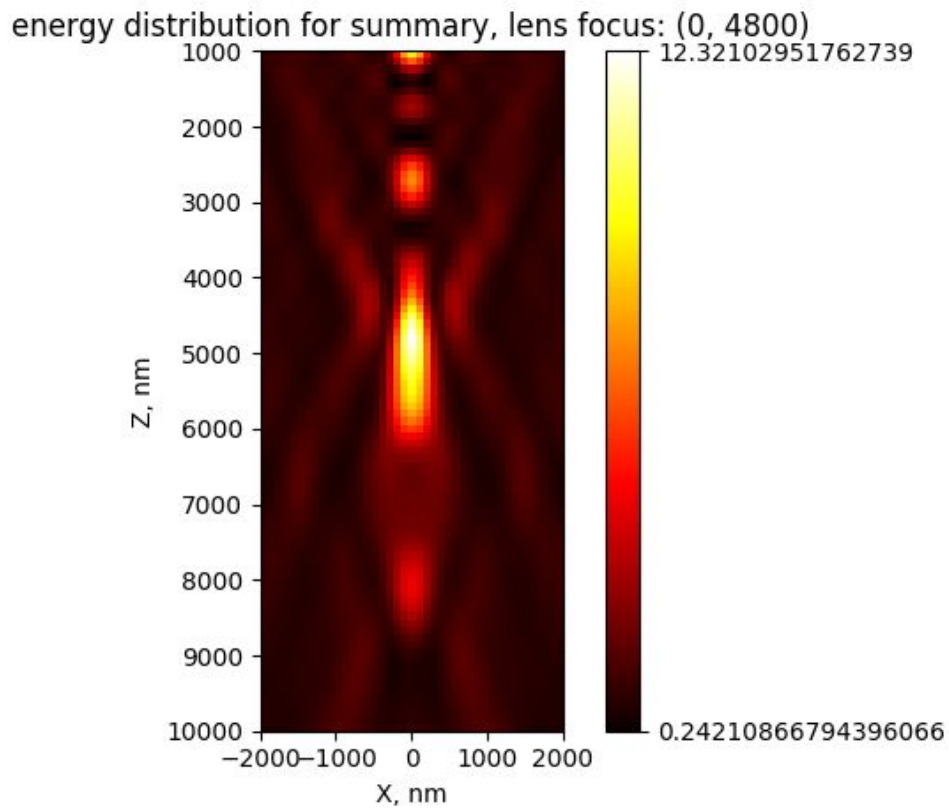


Схематичное изображение металинзы и падающей на нее плоской волны



Область
расчета
полей

Пример распределения энергии



Актуальность и целеполагание

- Зная конструкцию металинзы, можно найти ее характеристики, включая фокусное расстояние, диаметр пятна, усиление в фокусе, паразитные потери.
- Не умеем решать обратную задачу в общем случае – нужны развитые методы оптимизации.
- Начнем с задачи оптимизации фокусного расстояния.

Цели и задачи

- Цель – научиться строить металинзу с заданным фокусным расстоянием.
- Задачи: реализовать математическую модель поведения металинз, применить эволюционные алгоритмы к решению задачи о генерации металинз.

Почему задача оптимизации?

- Для линзы умеем считать ее фокусное расстояние.
- Целевая функция – расстояние от текущего фокуса до необходимого.
- Задача – минимизировать целевую функцию

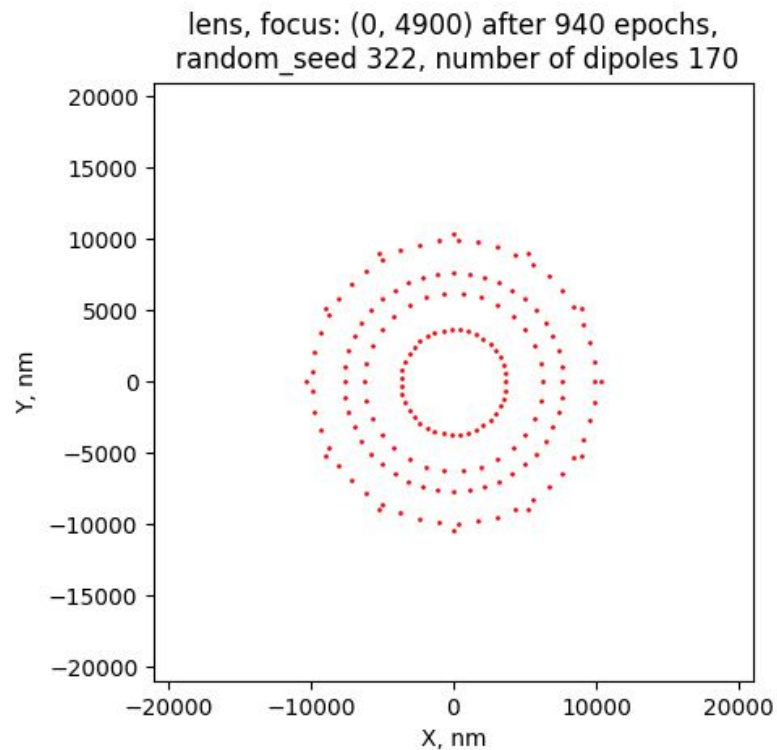
Предлагаемые решения

- Использовать эволюционную стратегию (1 + 1) и генетический алгоритм

Особь

- Металинза представляет собой список колец, каждое из которых равномерно заполнено метачастицами.
- Каждое кольцо характеризуется тремя числами: радиус, число метачастиц, начальный угол отклонения.
- Существуют ограничения: минимальное расстояние между частицами, минимальный и максимальный радиусы кольца, максимальное число частиц.

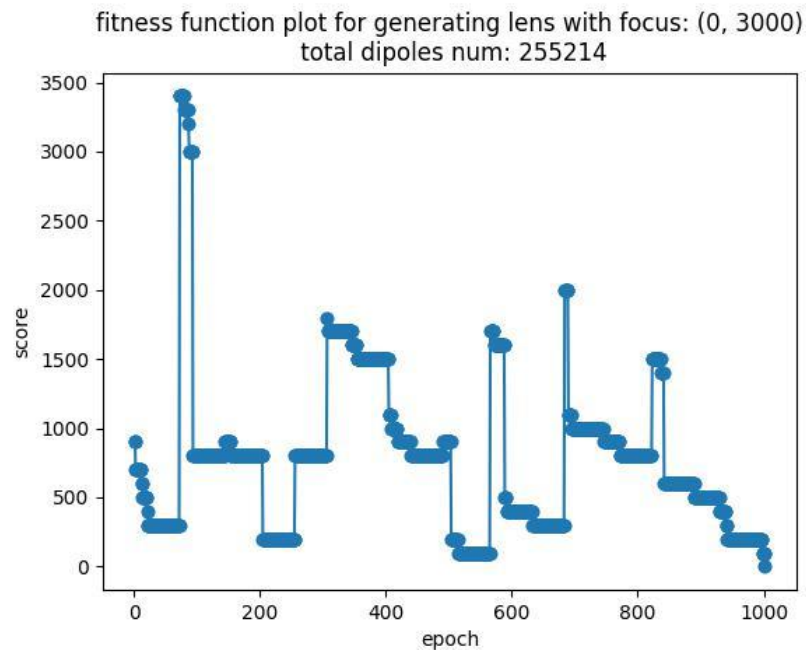
Пример особи



Мутация и скрещивание

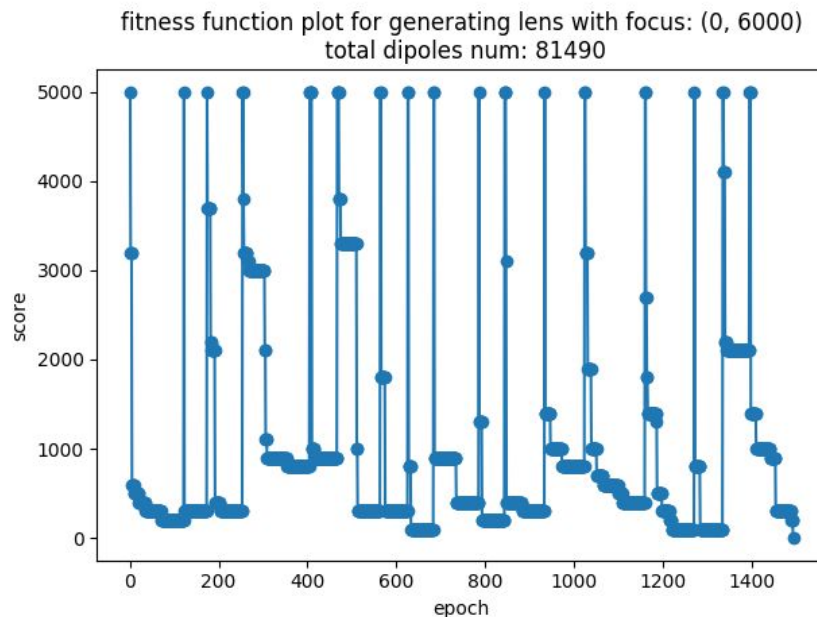
- Мутация: случайно выбираем одно из колец и случайно меняем одну из его характеристик.
- Скрещивание: как-либо упорядочиваем кольца у двух особей, i -ое кольцо новой особи получается случайным выбором из i -го кольца первого или второго родителя
- В результате мутации или скрещивания может получиться особь, не удовлетворяющая ограничениям, тогда она называется нежизнеспособной

Пробуем 1+1: не взлетело

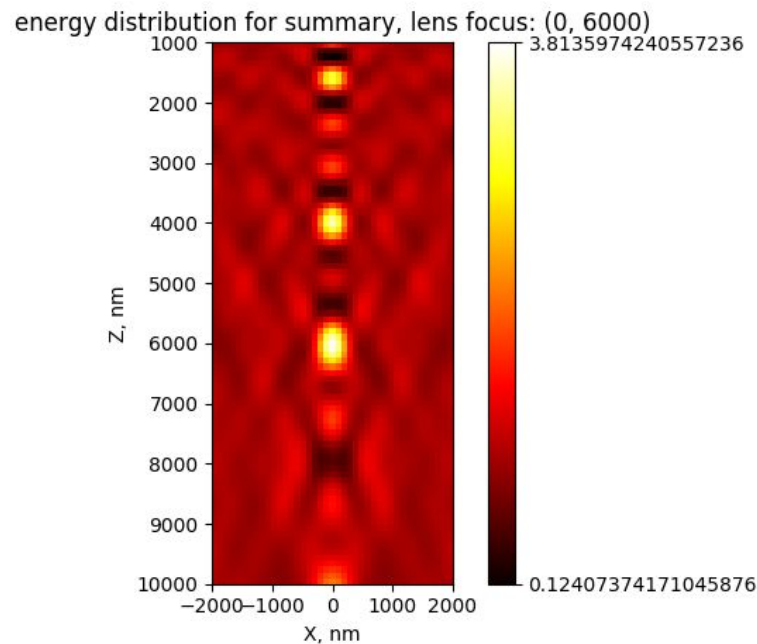
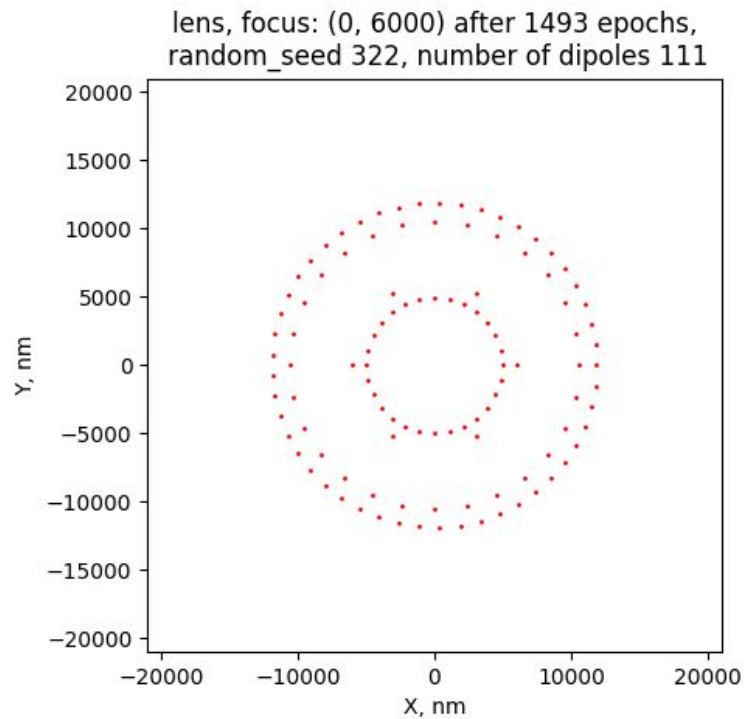


Измененный 1+1

Берем вместо случайных особей – пустые.

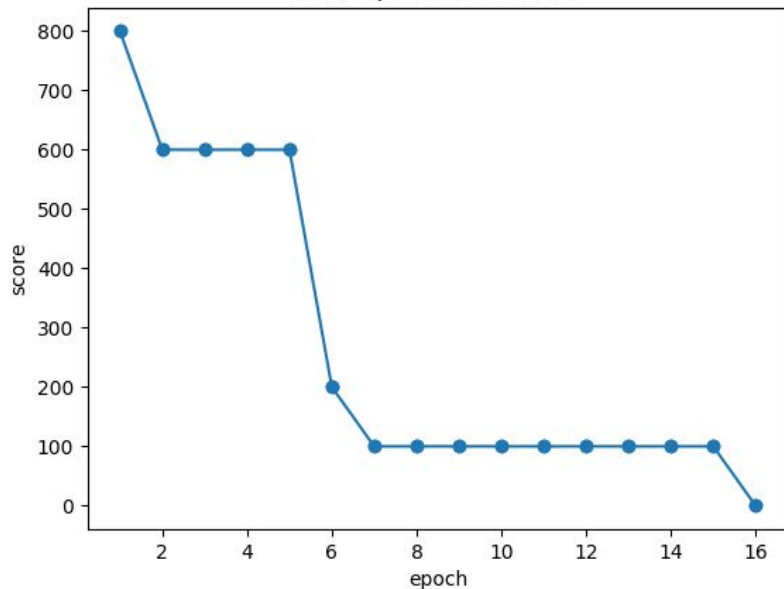


Получившаяся линза

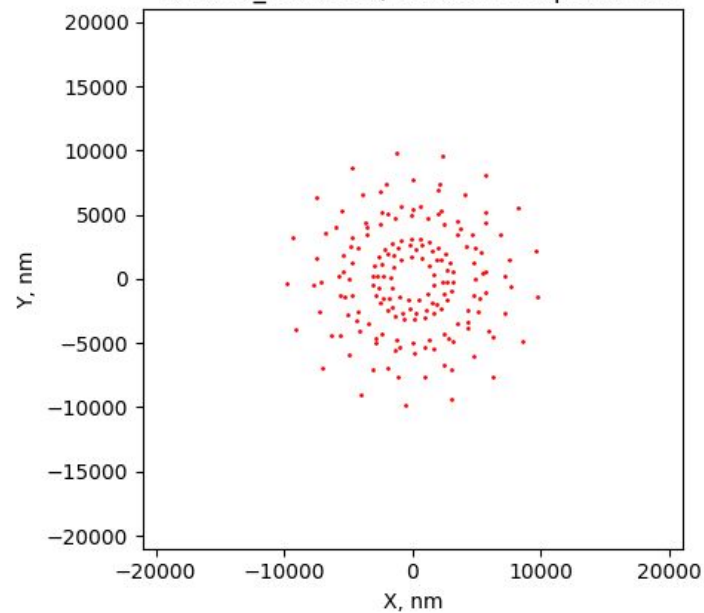


Генетический алгоритм

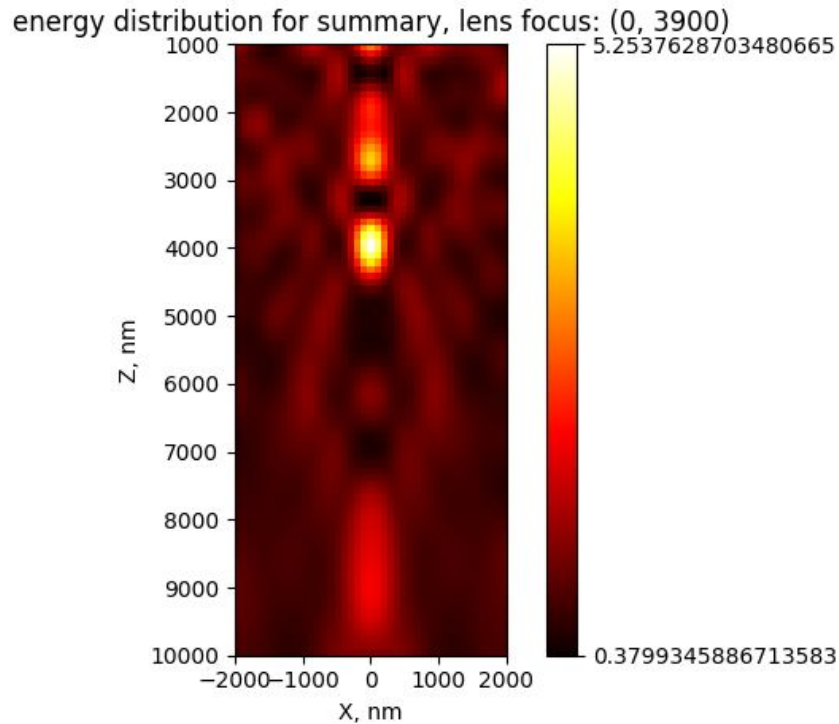
fitness function plot for generating lens with focus: (0, 3900)
total dipoles num: 55415



lens, focus: (0, 3900) after 16 epochs,
random_seed 322, number of dipoles 179



Генетический алгоритм



Выводы

- 1+1 и генетический алгоритм успешно справляются с задачей по генерации металинз с заданным фокусным расстоянием.
- С точки зрения времени работы рассмотренные алгоритмы примерно равны, однако в случае использования 1+1 структура получающихся металинз значительно проще.

Планы

- Усложнение математической модели.
- Применение других эволюционных алгоритмов.
- Генерация линз не только с заданным фокусным расстоянием, но также с заданной величиной усиления.

Спасибо за внимание!