

# Симулятор электромагнитного взаимодействия

И. В. Сивиринов

Научный руководитель: А. С. Байгашов

## Аннотация

Было создана программа для моделирования заряженных частиц в магнитных и электрических полях. Эта программа поможет учителям объяснить взаимодействие между частицами ученикам.

## Введение

Взаимодействие взаимодействия магнитов, электромагнитов, заряженных частиц является сложным и интересным особенно при добавлении больше одного магнита. А использование моделирования даёт нам возможность максимально верно и детально показать взаимодействия данных нам тел. Также это может помочь учителям наглядно объяснить материал. Так что целью работы является создать программу для моделирования заряженных частиц в магнитных и электрических полях.

Цель – создать программу для моделирования заряженных частиц в магнитных и электрических полях.

Задачи:

- Изучить язык программирования Python 3
- Изучить библиотеки scipy, numpy, matplotlib
- Изучить методы дифференциального вычисления
- Написать алгоритм для моделирования любого вида и количества элементов
- Написать программу для моделирования заряженных частиц в магнитных и электрических полях в которую можно будет легко добавить новые виды полей и сил взаимодействия

## Постановка задачи

Для описания действия заряженной частицы использовались данные формулы:

$$\begin{aligned} 1. \quad \frac{d^2x}{dt^2} &= \frac{kq_1q_0}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (x_1 - x_0) \\ 2. \quad \frac{d^2y}{dt^2} &= \frac{kq_1q_0}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (y_1 - y_0) \\ 3. \quad \frac{d^2z}{dt^2} &= \frac{kq_1q_0}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (z_1 - z_0) \\ 4. \quad \frac{d^2x}{dt^2} &= - \frac{GM_1M_0}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (x_1 - x_0) \\ 5. \quad \frac{d^2y}{dt^2} &= - \frac{GM_1M_0}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (y_1 - y_0) \\ 6. \quad \frac{d^2z}{dt^2} &= - \frac{GM_1M_0}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (z_1 - z_0) \end{aligned}$$

Для описания действия магнита использовались данные формулы:

$$1. \quad B_x = \frac{3\mu\mu_d}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{5}{2}}} \cdot (x_1 - x_0)(z_1 - z_0)$$

$$\begin{aligned}
2. \quad B_y &= \frac{3\mu\mu_d}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{5}{2}}} \cdot (y_1 - y_0)(z_1 - z_0) \\
3. \quad B_z &= \frac{(2(z_1-z_0)^2-(x_1-x_0)^2-(y_1-y_0)^2)\mu\mu_d}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{5}{2}}} \\
4. \quad \frac{d^2x}{dt^2} &= \frac{q}{m} (v_y B_z - v_z B_y) \\
5. \quad \frac{d^2y}{dt^2} &= \frac{q}{m} (v_z B_x - v_x B_z) \\
6. \quad \frac{d^2z}{dt^2} &= \frac{q}{m} (v_x B_y - v_y B_x) \\
7. \quad \frac{d^2x}{dt^2} &= -\frac{GM_1 M_0}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (x_1 - x_0) \\
8. \quad \frac{d^2y}{dt^2} &= -\frac{GM_1 M_0}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (y_1 - y_0) \\
9. \quad \frac{d^2z}{dt^2} &= -\frac{GM_1 M_0}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (z_1 - z_0)
\end{aligned}$$

Для описания действия заряженной частицы использовались данные формулы:

$$\begin{aligned}
1. \quad \frac{d^2x}{dt^2} &= -\frac{GM_1 M_0}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (x_1 - x_0) \\
2. \quad \frac{d^2y}{dt^2} &= -\frac{GM_1 M_0}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (y_1 - y_0) \\
3. \quad \frac{d^2z}{dt^2} &= -\frac{GM_1 M_0}{((x_1-x_0)^2+(y_1-y_0)^2+(z-z_0)^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot (z_1 - z_0) \\
4. \quad \frac{d^2x}{dt^2} &= \frac{q}{m} (E_x + v_y B_z - v_z B_y) \\
5. \quad \frac{d^2y}{dt^2} &= \frac{q}{m} (E_y + v_z B_x - v_x B_z) \\
6. \quad \frac{d^2z}{dt^2} &= \frac{q}{m} (E_z + v_x B_y - v_y B_x)
\end{aligned}$$

## Начальные условия и параметры

Электроны:

x	Вектор x	y	Вектор y	z	Вектор z
10	0	-10	0	10	-50
-10	0	10	0	10	-50

Магниты:

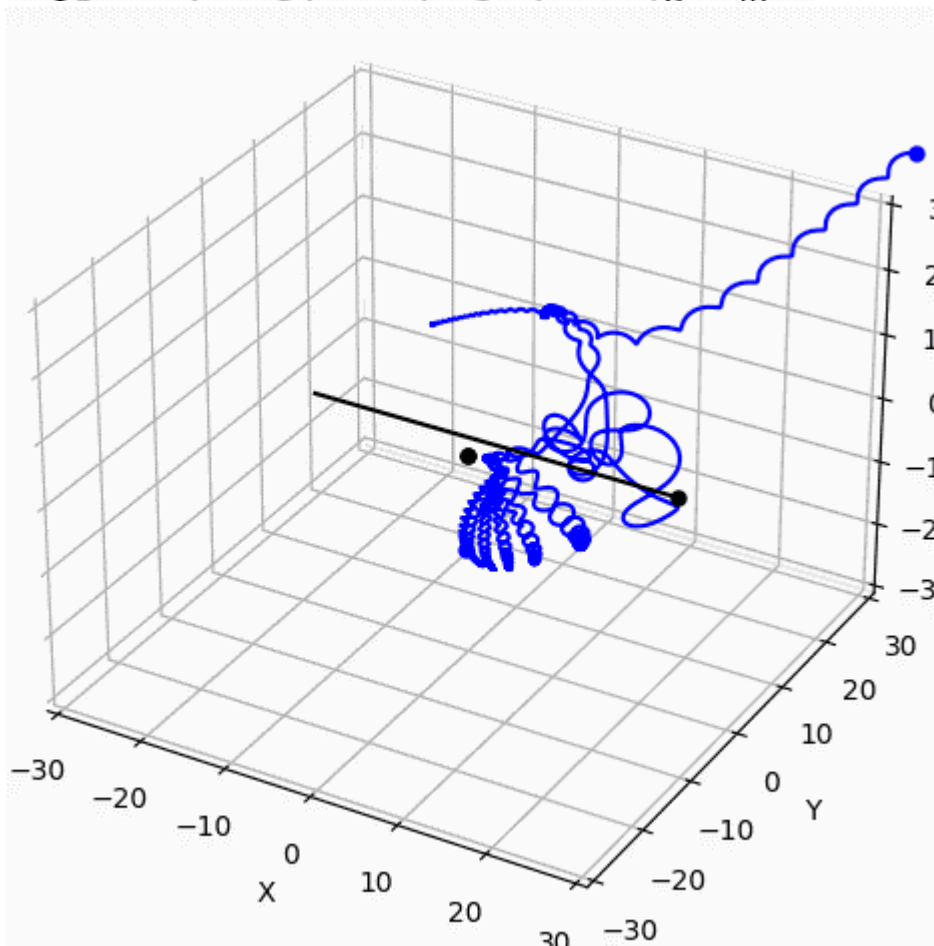
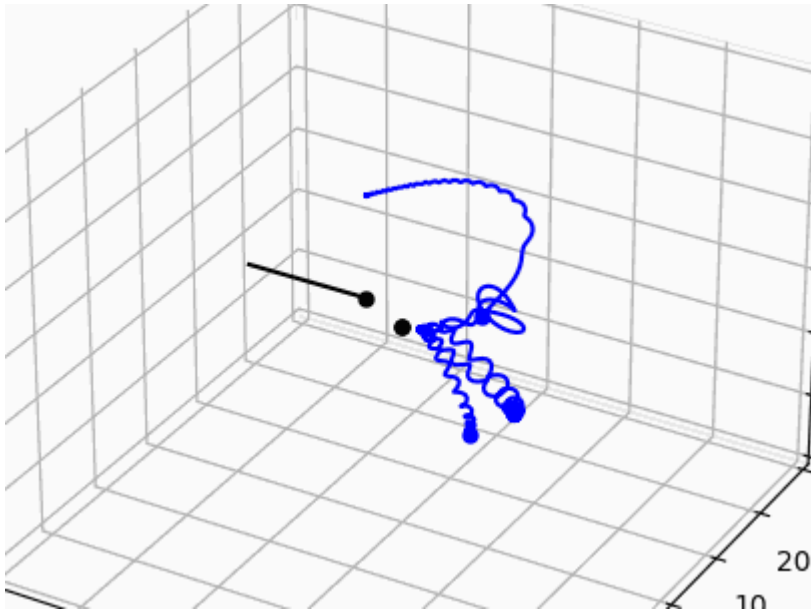
x	Вектор x	y	Вектор y	z	Вектор z	масса	Магнитный момент диполя
-20	0	3	0	0	0	2	5
0	0	0	0	0	0	10	1

Электрическое поле:

x	Вект ор x	y	Векто р y	z	Векто р z	масса	$E_x$	$E_y$	$E_z$	$B_x$	$B_y$	$B_z$
20	0	3	0	0	0	1	0.0000 00000 01	0	0	0.00 0000 0002	0	0

## Результаты моделирования

В проведённых ниже изображениях мы можем увидеть детальное моделирование заряженных частиц в магнитных и электрических полях



### Заклучение и перспективы

В будущем на базе этой программы будет написана игра-песочница, в которой можно будет увидеть взаимодействия частиц. На пример можно будет создать модель действия звёздного ветра на планеты.

### Ссылки

Репозиторий программы на GitHub: [https://github.com/IgorSivirinov/final\\_project](https://github.com/IgorSivirinov/final_project)