

# Второе Задание

Выполнял: Зернов Данил

## Вариант 6

6. (Зернов) Сила Лоренца, действующая на заряженную частицу, равна  $\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$ , где  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{B}$  — электрическое и магнитное поля, действующие на частицу, а  $q$  — заряд частицы. Напишите программу, моделирующую движение электрона в однородных, перпендикулярных друг другу электрическом и магнитном полях. Покажите, что траектория частицы имеет форму спирали с шагом, зависящим от начальной скорости, и со скоростью дрейфа  $v_{\text{drift}} = \mathbf{E} \times \mathbf{B} / B^2$ .

В рамках выполнения второго проекта по Численным методом была написана программа, моделирующая движение электрона в однородных перпендикулярных друг другу электрическом и магнитном поле.

1) Вывод системы и решение системы ДУ:

На электрон действует единственная сила — сила Лоренца. Так как поля перпендикулярны друг другу мы можем так выбрать инерциальную систему отсчета, что движение частицы примет двумерный характер. Направим ОУ вдоль вектора напряженности  $\mathbf{E}$ , а ось OZ вдоль  $\mathbf{B}$ . Тогда траекторию движения будет описывать плоскость XOY, а вдоль оси OZ будет движение с постоянной начальной скоростью. Напишем получившуюся систему уравнений.

$$m\ddot{x} = qB\dot{y}$$

$$m\ddot{y} = qE - qB\dot{x}$$

В Дальнейшем сделаем замену и обезразмерим наши величины, теперь  $x^* = x/l$ ,  $y^* = y/l$ ,  $t = c*t/l$ ,  $B^* = B*m*c/(ql)$ ,  $E^* = E*m*c/(ql)$ , где  $c$  — скорость света,  $l$  — подобранный коэффициент для данной системы.

$$\ddot{x} = B\dot{y}$$

$$\ddot{y} = E - B\dot{x}$$

Понизим в нашей системе порядок, получим:

$$\dot{x} = Vy$$

$$\dot{y} = Vx$$

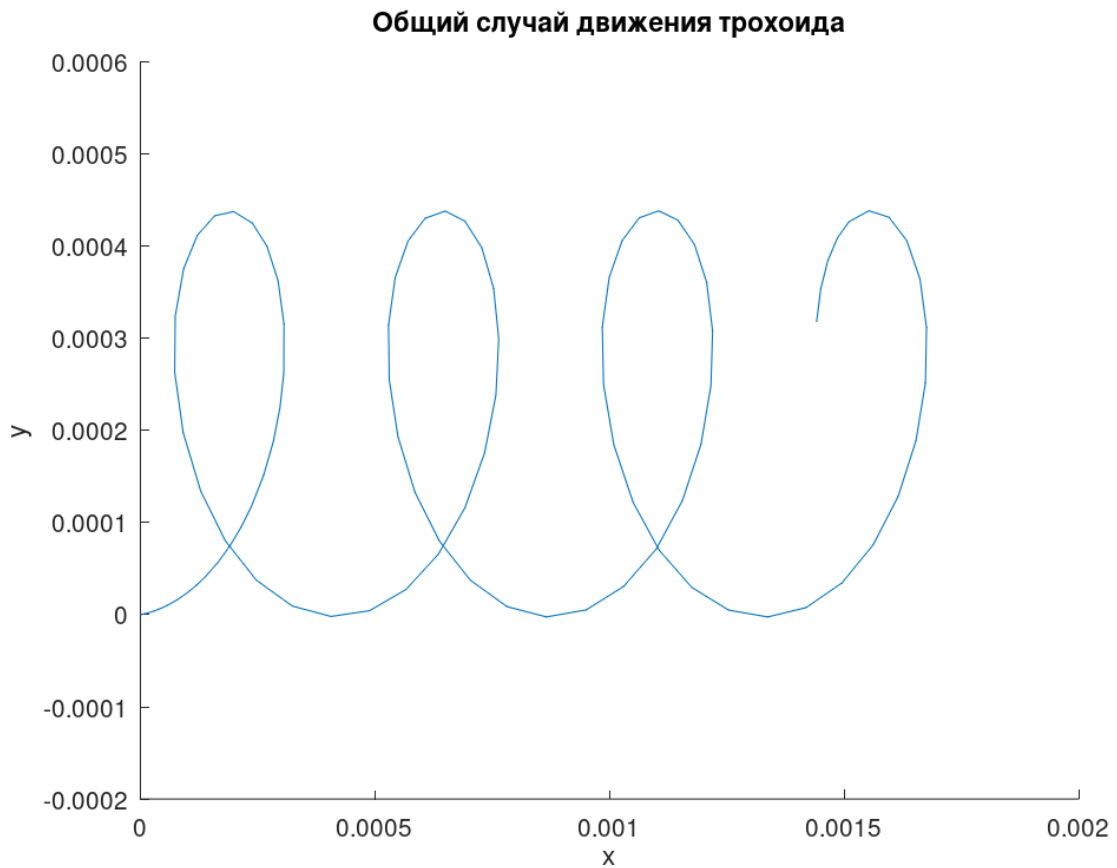
$$\dot{V}_x = BVy$$

$$\dot{V}_y = E - BVx$$

(В третьем и четвертом уравнении над компонентами скорости в левой части стоит точка). Так как в задании не был указан рекомендуемый метод, система решалась с помощью встроенной функции ode45.

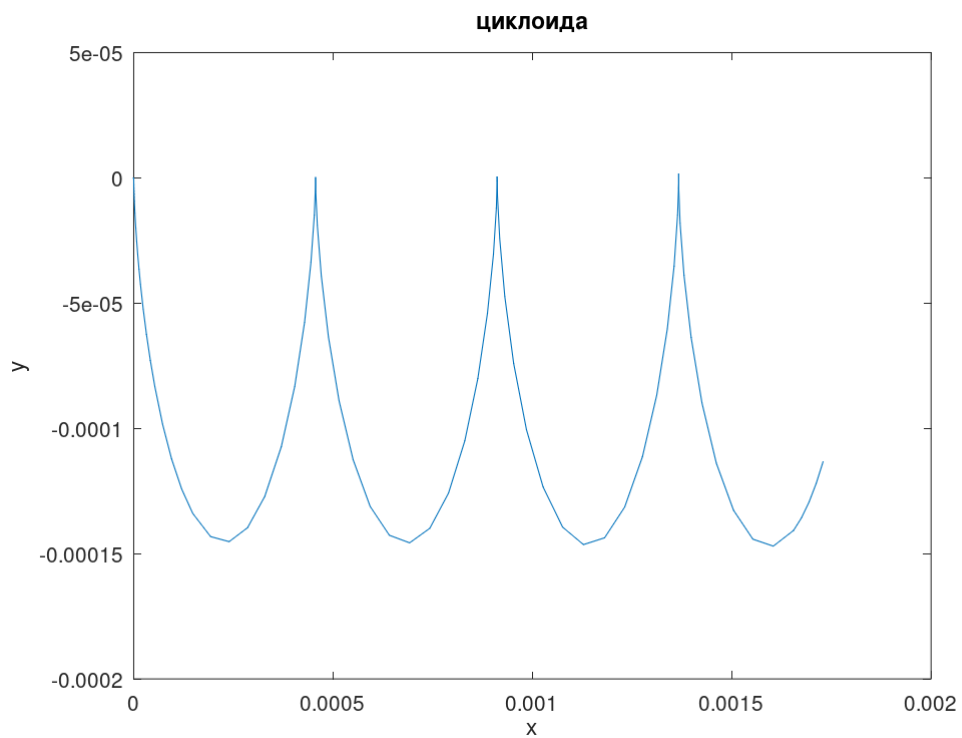
## 2) Анализ решения и графиков

Движение является суперпозицией колебательного и вращательного движения. В общем виде является трохойдой(рис.1).



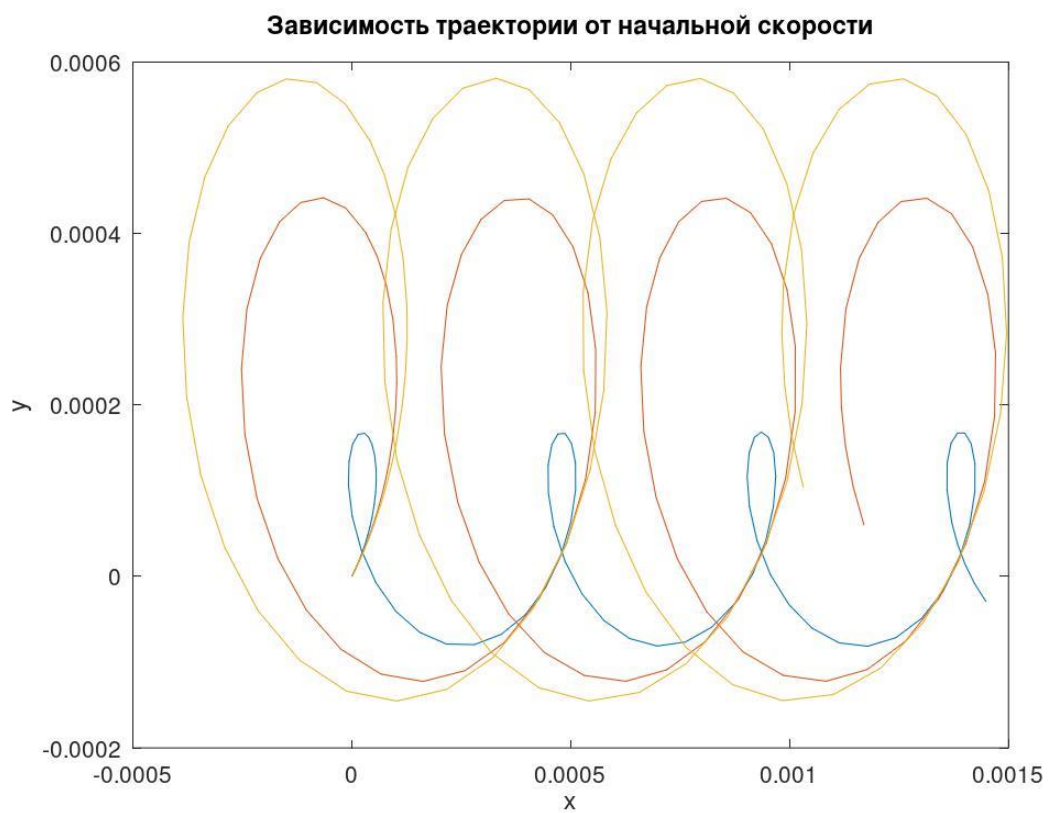
**Рис. 1**

При нулевой начальной скорости, скорость вращательного движения равна скорости поступательного движения, трохойда вырождается в циклоиду(рис.2) .



**Рис. 2**

При исследовании зависимости траектории от начальной скорости было выявлено, что чем больше начальная скорость, тем более выпуклая спираль получается. (рис.3)



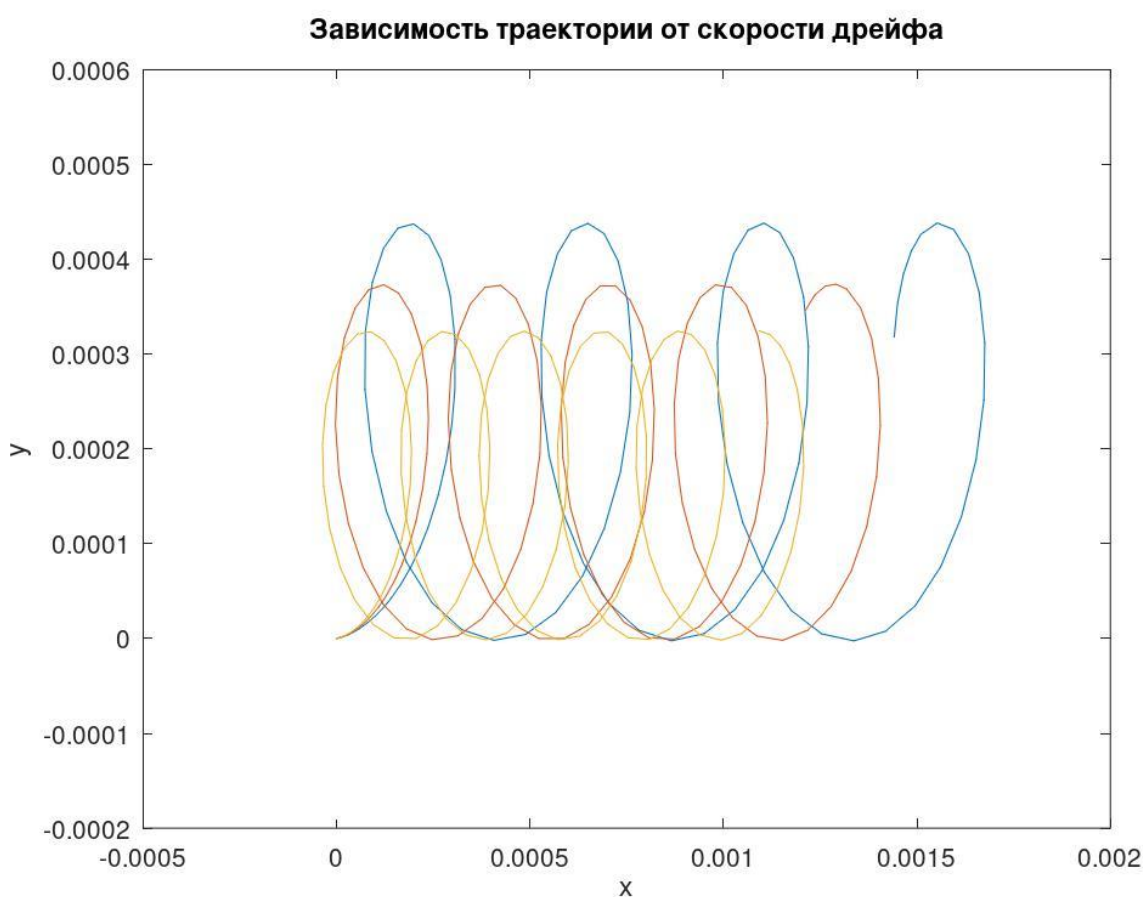
**Рис. 3**

Варьируя различные значения для индуктивности, удалось убедиться в корректности программы так как полученная скорость дрейфа, почти совпадает с формулой для скорости дрейфа предложенной в задании.

Алгоритм для вычисления скорости дрейфа следующий:

- 1) Найти номер максимального элемента во втором столбце матрицы ответов, который откладывается по ординате.
- 2) Разделить значение абсциссы в максимуме на соответствующее значение времени.

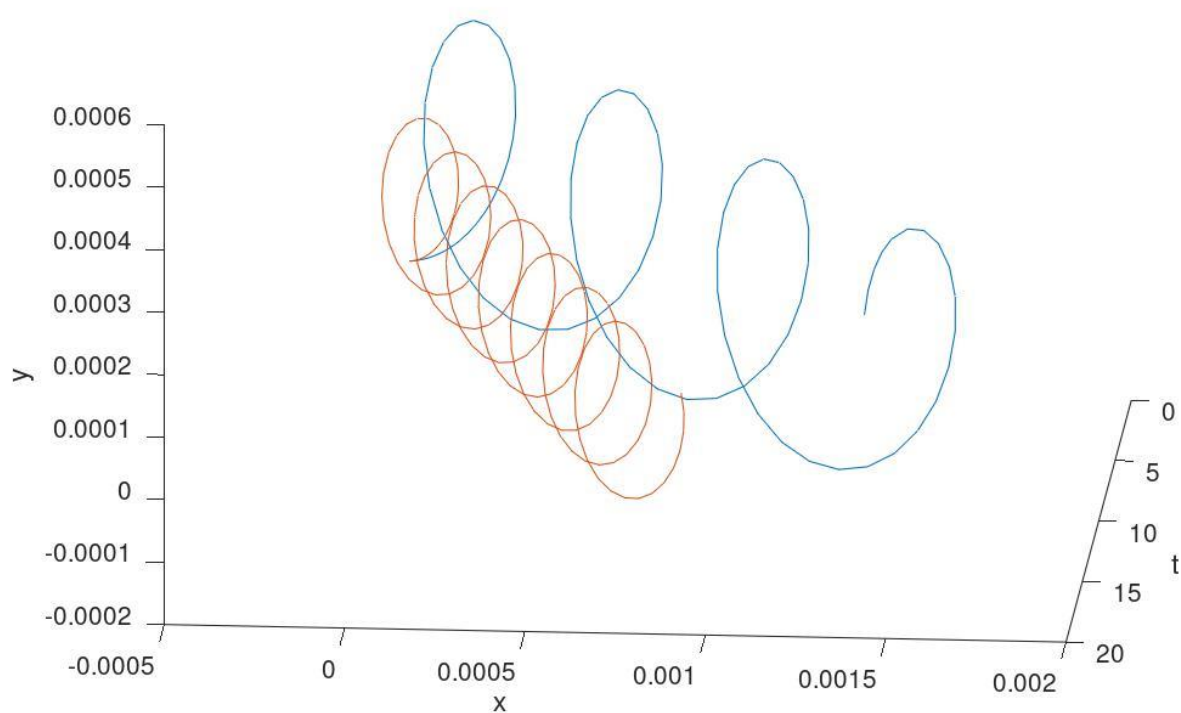
Сравнение различных траекторий для разных значений  $V$ .



**Рис. 4**

Так как векторное произведение имеет только одну ненулевую компоненту частица совершает поступательное движение вдоль оси  $OZ$ . Удалось подобрать два значения индуктивности в которых скорость дрейфа отличается примерно в два раза.(рис.5). По графику видно, что за один проход большой спирали малая, совершает два оборота.

**Сравнение двух траекторий отличающихся скоростью дрейфа примерно в два раза**



**Рис. 5**

В качестве результата Выполненной работы прилагается программа.