**Министерство науки и высшего образования РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Уфимский университет науки и технологии»**

**Кафедра** Высокопроизводительных вычислительных технологий и систем

**Дисциплина:** Математическое моделирование

Лабораторная работа №2

**Тема:** “Компьютерное моделирование движения космических тел.”

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Группа ПМ-455 | ФИО | Подпись | Дата | Оценка |
| Студент | Наумова Т.И |  |  |  |
| Преподаватель | Лукащук С.Ю. |  |  |  |

Уфа 2023

**Цель:** Получить навык численного расчета траекторий движения небесных тел под действием гравитационных сил.

**Задача 1.** Рассматривается динамика трех разновеликих небесных тел: звезды, планеты и ее спутника. В качестве примера рассматривается Солнечная система. Масса Солнца . Параметры двух других тел выбираются в соответствии с индивидуальным номером варианта из таблицы.

1) Составить уравнения движения второго и третьего тела в системе отсчета, связанной с первым (самым массивным) телом. Предполагается, что движение всех тел происходит в одной плоскости.

2) Написать программу численного интегрирования составленных уравнений движения и построить траектории движения тел. В качестве начальных условий принять следующие: все тела находятся на одной прямой, вектора скоростей движения второго и третьего тела сонаправлены. Расстояния между первым и вторым, а также вторым и третьим телами приведены в таблице. Там же указаны значения начальных скоростей второго и третьего тела.

**Задача 2.** На круговой орбите высотой второго тела находится космический корабль. В некоторый момент времени его двигатели включаются и работают в течение времени , выводя корабль на новую орбиту, пересекающую орбиту третьего тела. Вектор тяги двигателя в любой момент времени направлен по касательной к траектории движения. Определить местоположение космического корабля на первоначальной орбите в момент включения двигателя из условия минимума массы топлива, необходимой для доставки на поверхность третьего тела полезного груза массой . Местоположение определяется относительно прямой, соединяющей центры второго и третьего тел. Масса корабля складывается из массы топлива, полностью выгорающего за время , массы конструкции (0.025 стартовой массы) и массы полезной нагрузки . В конце активного участка траектории (через время ) происходит отделение полезного груза, который движется далее только под действием гравитационных сил. Скорость полезного груза при достижении поверхности третьего тела не ограничивается. Параметры задачи выбираются в соответствии с номером из таблицы.

Рекомендации:  
1) использовать результаты решения задачи 1

2) расчет активного участка траектории движения корабля произвести на основе уравнения Мещерского

**Практическая часть вариант 2:**

**Задача 1**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Расстояние от Солнца до Планеты | R12 |  |  |
| Радиус Планеты | R2 |  |  |
| Расстояние от Планеты до спутника | R23 |  |  |
| Радиус спутника | R3 |  |  |
| Масса Солнца | M1 |  |  |
| Масса Планеты(Сатурн) | M2 |  |  |
| Масса спутника(Титан) | M3 |  |  |
| Орбитальная скорость Планеты |  |  |  |
| Орбитальная скорость спутника |  |  |  |
| Гравитационная постоянная | G |  |  |

В системе действует сила притяжения космических тел, которая подчиняется закону всемирного тяготения:

Пусть – скорость Солнца, – скорость планеты, – скорость спутника.

Составим систему ОДУ из 8 уравнений:

Начальные условия:

Результат решения задачи Коши в Python:

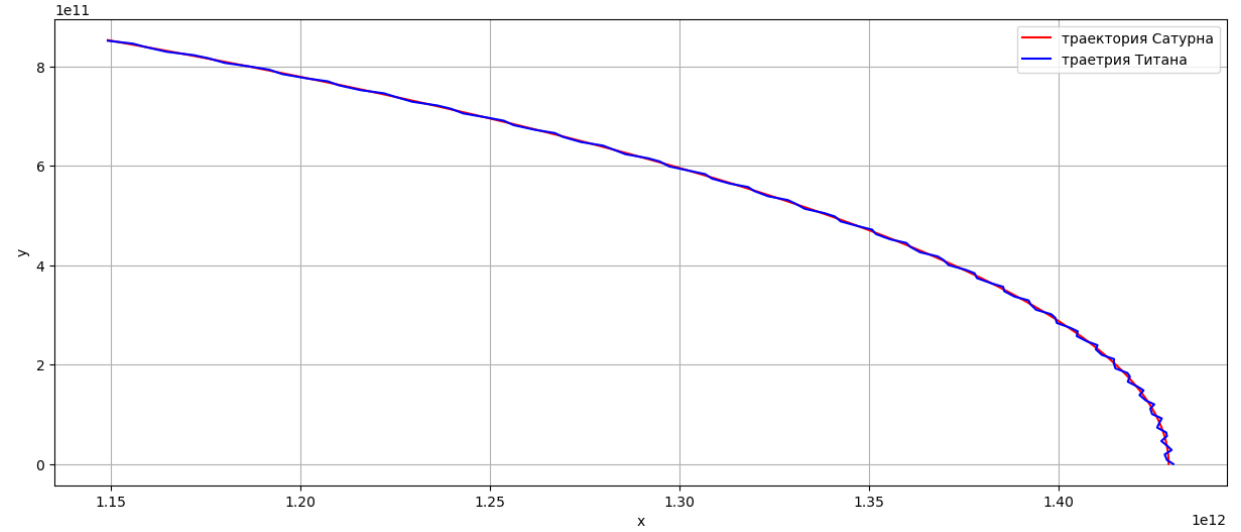


Рисунок 1. Траектория движения спутника (Титан) и планеты (Сатурн)

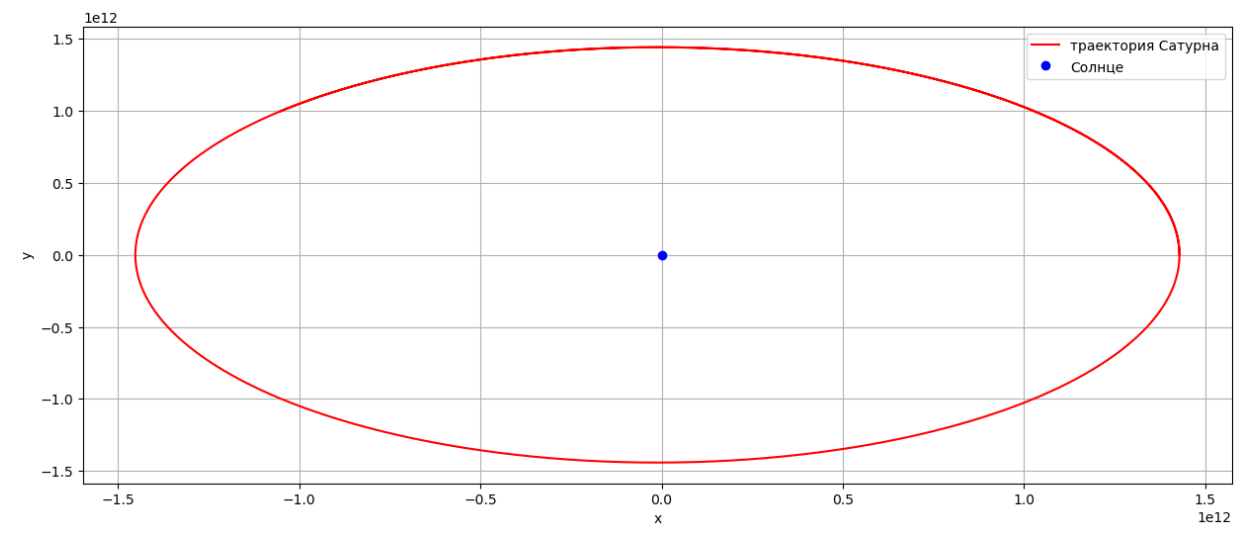


Рисунок 2. Траектория движения Сатурна вокруг Солнца

**Задача 2**

Дополнительные параметры:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расстояние от поверхности до орбиты ракеты | H, м |  |
| Время истечения топлива | T, с |  |
| Масса полезного груза | M0, кг |  |
| Горючее | Спирт(94%) | Спирт(94%) |
| Окислитель | Кислород (жидкий) | Кислород (жидкий) |
| Скорость истечения | U, м/с | 2500 |

Уравнение движения точки переменной массы – уравнение Мещерского:

Масса ракеты вычисляется по формуле:

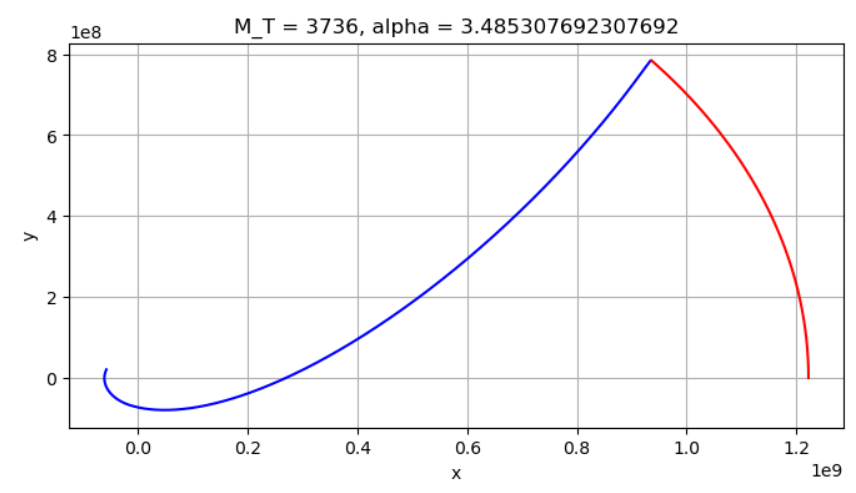
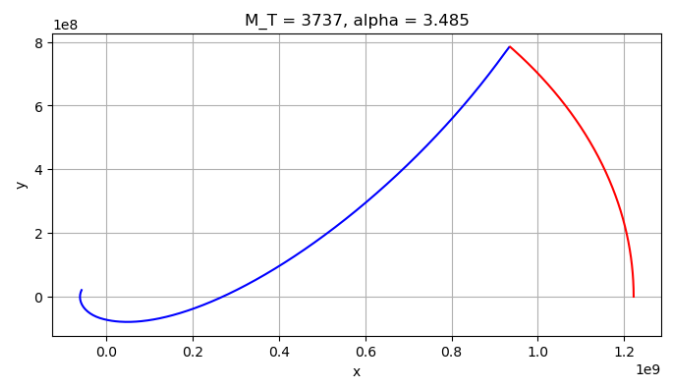
Пусть – скорость ракеты, – ее координаты.

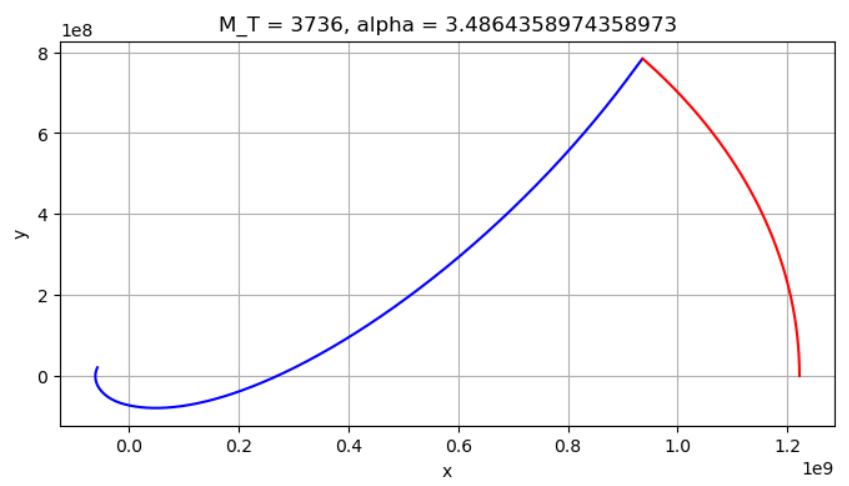
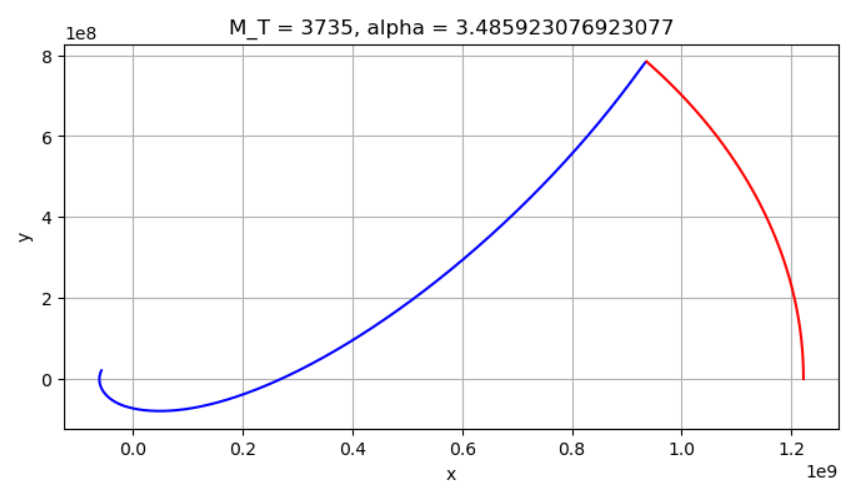
ОДУ для расчета скорости и координат ракеты:

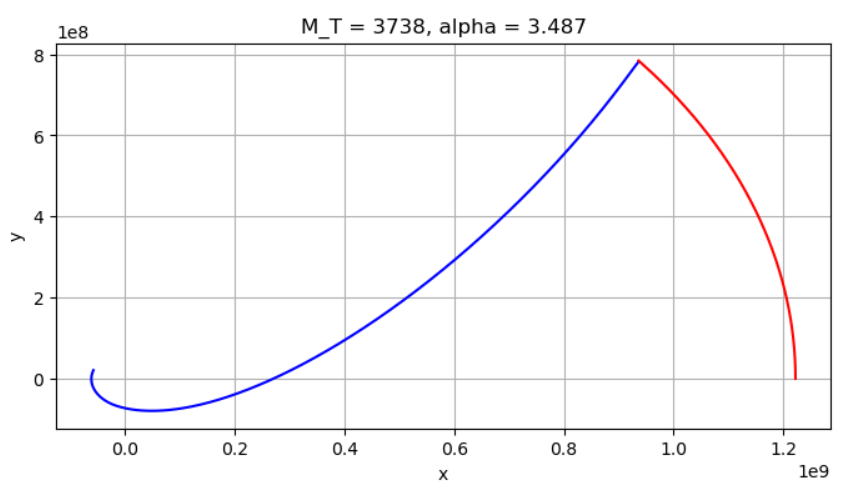
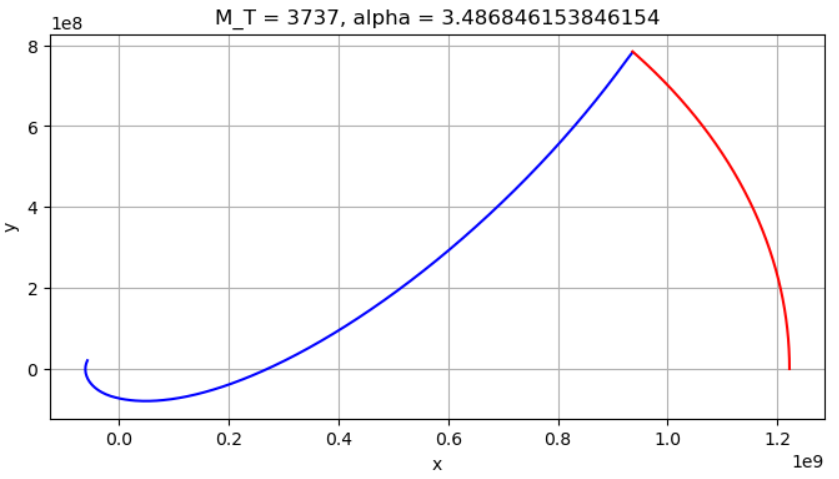
Начальные условия:

Необходимо найти такой чтобы долететь до спутника, потратив как можно меньше топлива. – угол, определяющий положение ракеты относительно планеты.

Результаты расчетов программы:







*Рис 3. Траектории полета ракеты и движения спутника*

В результате расчетов ракета затратит минимальное количество топлива при

Таким образом, при массе топлива 3735 кг получим решение поставленной задачи.

**Вывод:** в ходе лабораторной работы были получены навыки численного расчета траекторий движения небесных тел под действием гравитационных сил.  
Была построена модель движения планеты и ее спутника относительно Солнца. А также была построена модель запуска ракеты с орбиты планеты на ее спутник.