

Группа М3104

Студент Диковицкий Виталий Андреевич

Преподаватель Тимофеева Эльвира Олеговна

## Моделирование.

### Небесная механика

#### Построение математической модели:

Модель рассматривает тела разной массы, движущиеся в космическом пространстве. На каждое тело действует сила  $F_{i,j} = G \frac{m_i * m_j}{R_{i,j}^2}$ , направленная от самого тела к очередному рассматриваемому телу. Согласно второму закону Ньютона имеем:

$$a_{i,j} = G \frac{m_j}{R_{i,j}^2}.$$

В векторной форме:

$$\vec{a}_{i,j} = k \frac{m_2}{R_{i,j}^3} \vec{R}_{i,j}$$

Далее находится результирующее ускорение с помощью суммирования векторов всех ускорений. Заметим, что ускорение тела никак не зависит от его собственной массы.

#### Способ моделирования:

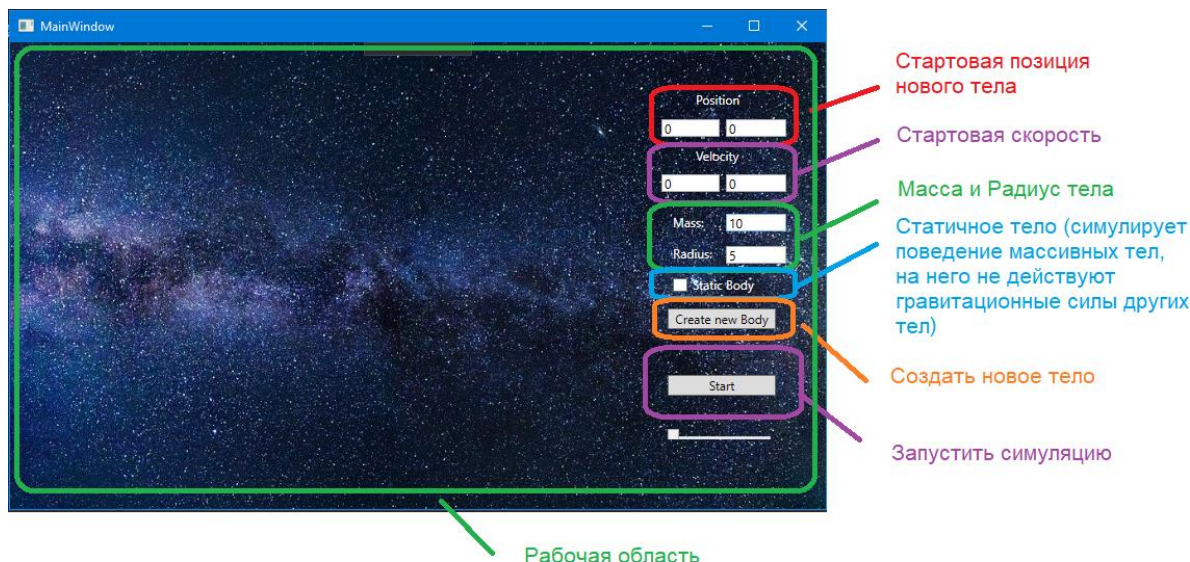
Модель представляет из себя дискретный процесс, основанный на представлении дифференциала как изменении значения функции при малом изменении аргумента:

$$\Delta \vec{V} = \vec{a} \Delta t, \quad \Delta t \rightarrow 0$$

$$\vec{V}_{i+1} = \vec{V}_i + \Delta \vec{V}_i = \vec{V}_i + \vec{a}_i \Delta t$$

$$\vec{R}_{i+1} = \vec{R}_i + \Delta \vec{R}_i = \vec{R}_i + \vec{V}_i \Delta t$$

## Руководство по использованию модели:



Код модели был написан на языке C# в wpf. Для просмотра кода рекомендуется Microsoft Visual Studio 2016

Для создания нового тела надо ввести его координаты, ортогональные составляющие скорости, массу и радиус (влияет только на отрисовку). Также телу можно задать параметр “статичное”, такое тело ведет себя как Звезда и на него не действуют никакие силы (однако может быть собственная скорость). Статичные тела выделяются Желтым и имеют больший радиус. Планеты окрашиваются в Красный, Зеленый, Синий по порядку добавления. Когда параметры тела введены, надо нажать кнопку “Create body”. Далее можно добавить другие тела. Нажмите кнопку “Start”, чтобы запустить симуляцию. После запуска также можно добавлять новые тела

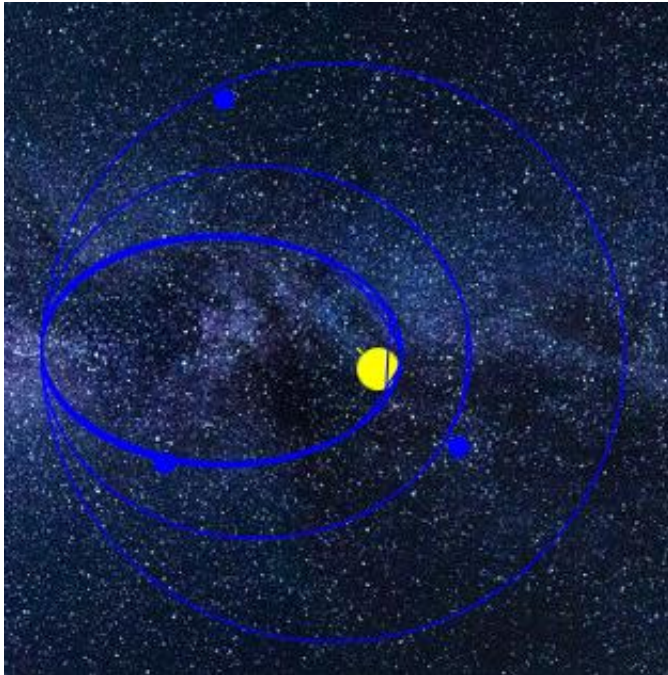
Новые объекты не стоит создавать слишком близко друг к другу, потому что тогда сила их взаимодействия устремится в бесконечность, и траектория будет резко меняться. Объекты с одинаковыми координатами центра игнорируют друг друга, чтобы избежать деления на ноль. Массу можно задать нулевой, что будет значить, что объект никак не действует на другие тела. Для ввода дробных данных надо использовать запятую “,”.

Диапазон оптимальных стартовых значений:

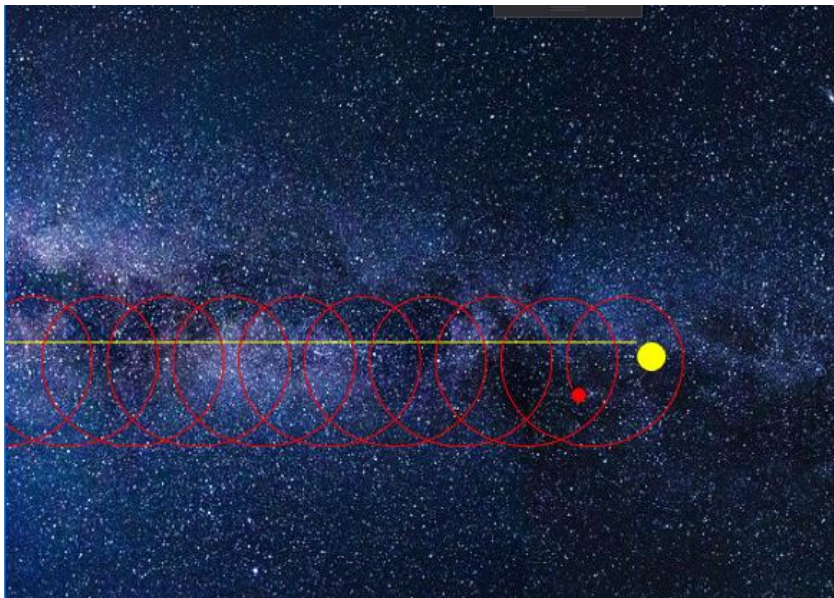
|           |                               |
|-----------|-------------------------------|
| Положение | X: [-550; 550] Y: [-300; 300] |
| Скорость  | X,Y [-5; 5]                   |
| Масса     | [0; 20]                       |



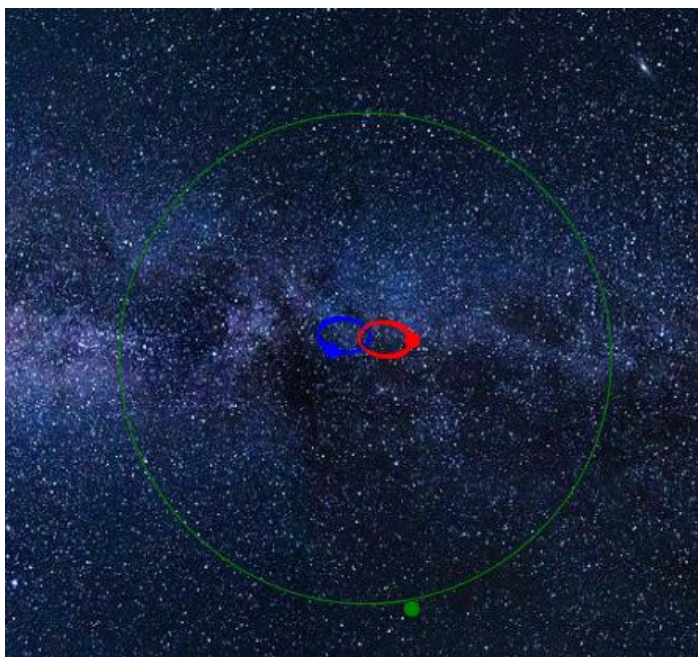
## Результаты моделирования:



Разные орбиты Тела при вращении вокруг статичной Звезды, в зависимости от его скорости запуска. Орбиты имеют форму эллипса. Внешняя круговая орбита соответствует 1-ой космической скорости.

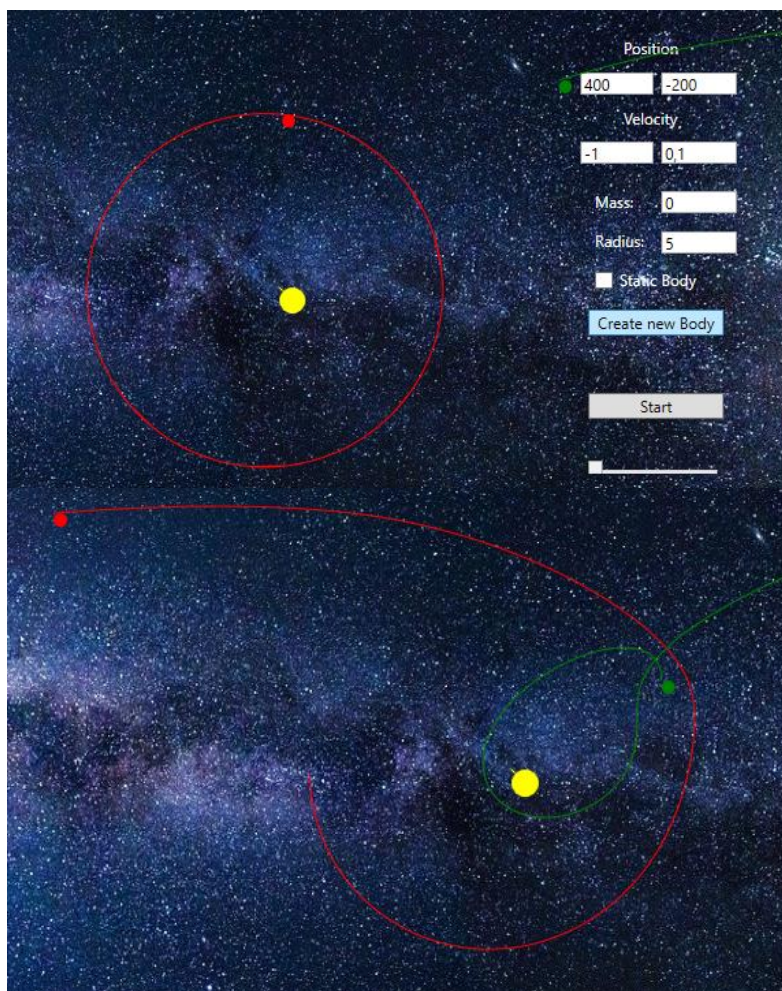


Движение тела под гравитационным действием движущейся звезды



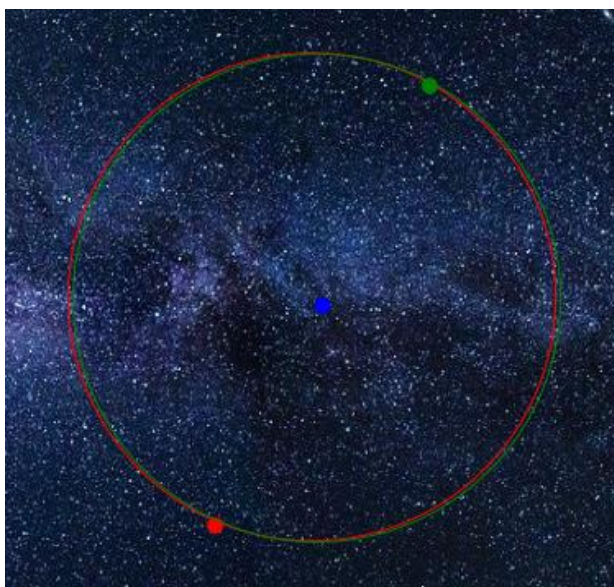
Тело движется вокруг двойной звезды. Из-за высокой орбиты рассматриваемой планеты, она воспринимает двойную звезду как единое тело.





Красное тело движется вокруг Звезды по круговой орбите. В Звездную систему влетает зеленое тело.

Зеленое тело тормозит о красное тело, выталкивает его и занимает его орбиту вокруг Звезды



Зеленое и красное тело имеют равную массу и движутся по общей орбите. Не статичная Звезда покоится в центре. В силу симметрии система находится в равновесии.



При смещении центральной звезды на 1 пиксель (0,3% диаметра орбиты), система разваливается. Равновесие было неустойчивым