

Задача 10.5

1 Условие

После открытия галилеевых спутников Галилей предложил метод определения времени суток и долготы, основанный на времени затмения спутников Юпитера, так как затмения спутников Юпитером происходят через равные промежутки времени. Однако в 1666–1668 годах Кассини обнаружил несоответствия в измерениях. С помощью наблюдений за Ио в 1672 году вместе с Кассини Олеф Рёмер впервые вычислил скорость света.

Определите величину запаздывания затмений, когда Юпитер находится в западной квадратуре. Орбиту Юпитера считать круговой и лежащей в плоскости эклиптики, орбиту Ио — также круговой и лежащей в экваториальной плоскости. Наклоном оси Юпитера к полюсу эклиптики пренебречь.

2 Решение

Отметим, что период обращения Ио вокруг Юпитера дан в справочных данных: $T = 1,77$ сут. $= 1,53 \cdot 10^5$ с

Пусть v_0 — скорость обращения Земли по своей орбите. Тогда скорость Юпитера $v_J = \sqrt{a_0/a_J} v_0$, где a_0 и a_J — большие полуоси орбит Земли и Юпитера соответственно.

Нарисуем картинку, когда Юпитер находится в западной квадратуре (рис. 1)

Тогда скорость Юпитера относительно Земли, учитывая, что $\cos \theta = a_0/a_J$

$$v = v_J \cos \theta - v_0 = \left(\frac{a_0}{a_J} \right)^{3/2} v_0 - v_0$$

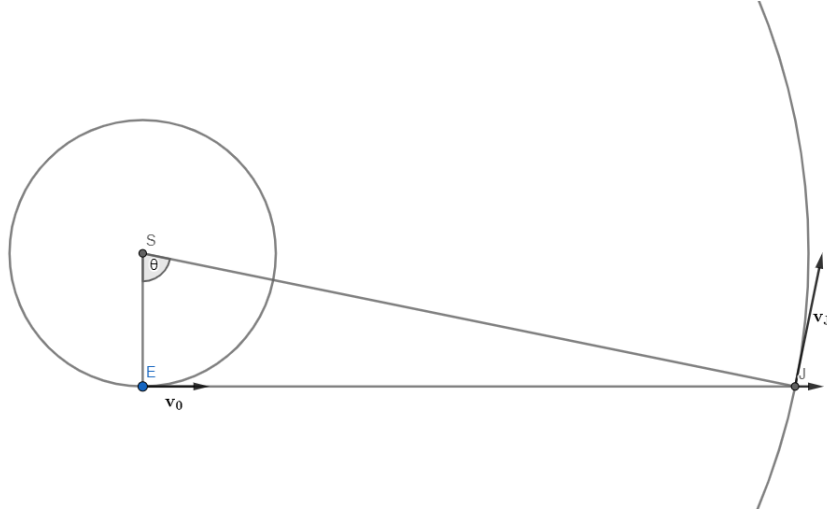


Рис. 1: Юпитер в западной квадратуре

Обратим внимание, что затмения можно уподобить волне с периодом 1,77 сут. И, хотя такой фотон получается весьма странным, для него можно записать эффект Доплера:

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{v}{c}$$

Учитывая, что скорость Земли $v_0 = \sqrt{GM/a_0}$, где M — масса Солнца, получаем

$$\Delta T = \left(\left(\frac{a_0}{a_J} \right)^{3/2} - 1 \right) \frac{\sqrt{GM/a_0}}{c} T$$

Отсюда $\Delta T = -14$ с, что указывает на то, что затмения наступали раньше, чем планировалось.