

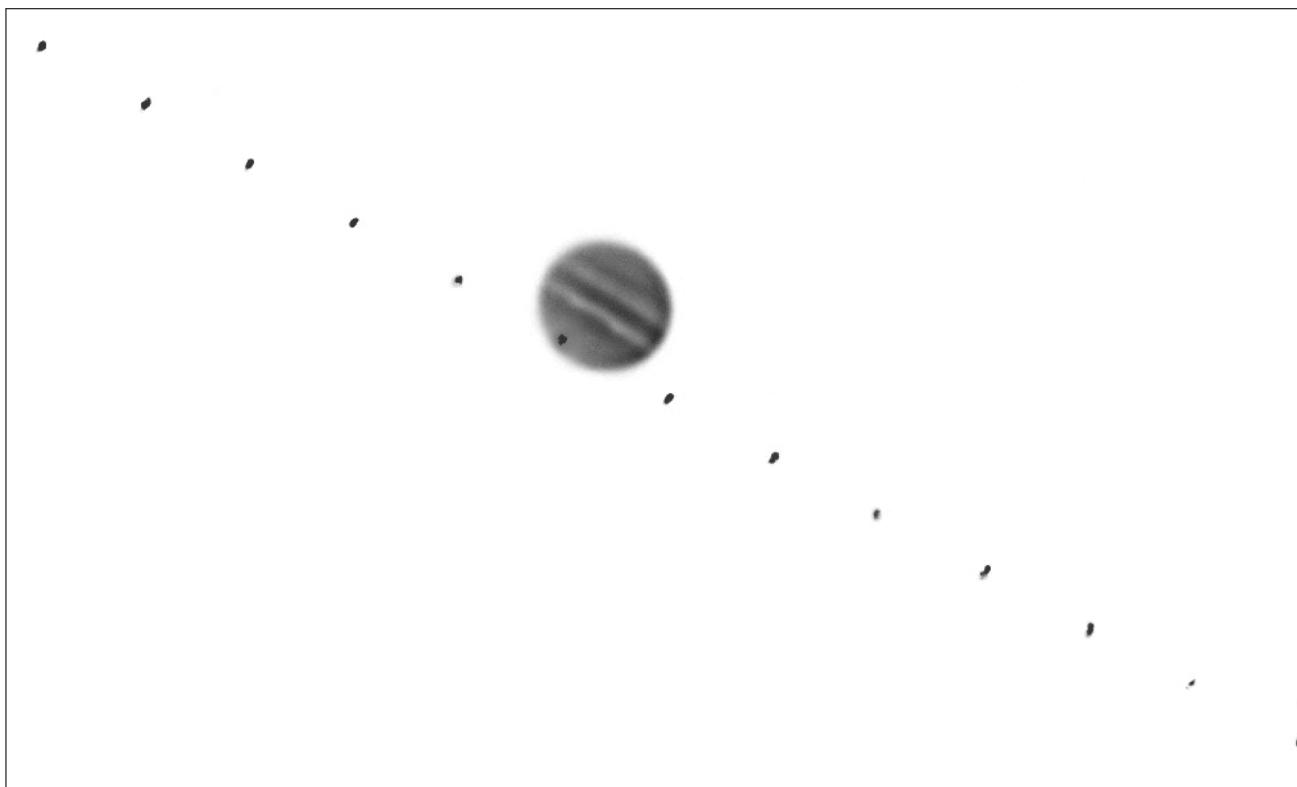
XXIV Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
практический тур, решения

2017
12
марта

7–8 классы

Перед вами негатив фотографии прохождения космического телескопа «Хаббл» по диску Юпитера, сделанной 30 июля 2011 года на западном побережье Австралии (автор Том Нарадине). Оцените продолжительность прохождения и частоту съемки (в кадрах в секунду), а также расстояние от фотографа до телескопа.

Известно, что «Хаббл» находился в поле зрения камеры (указанном рамкой на фотографии) около $1/5$ секунды. Угловой размер Юпитера в этот день составлял $40''$. Можно считать, что линейная скорость телескопа «Хаббл» в момент съемки относительно фотографа составляла 7.5 км/с и была направлена под прямым углом к лучу зрения.



Решение (20 баллов):

На изображении присутствует 13 изображений телескопа «Хаббл», таким образом, между соседними снимками проходило примерно $(1/5) : 12 = 1/60$ секунды, т.е. частота съемки составляла 60 кадров в секунду.

Измерив линейкой расстояние между соседними изображениями «Хаббла» и путь, пройденный телескопом по диску Юпитера, получаем, что последний составляет примерно 0.65 от первого. Это значит, что время транзита составляет 0.65 промежутка времени между соседними кадрами и равно $0.65 \cdot (1/60) \approx 1/100$ секунды.

Теперь разберемся со скоростями. Диаметр Юпитера ($40''$) примерно в 1.8 раза больше отрезка пути «Хаббла» по его диску, соответственно, «Хаббл» пролетает расстояние $40''$

за $1.8/100 = 0.018$ секунды. Полный круг в 360° , или $(360 \cdot 60 \cdot 60)''$, «Хаббл» пролетел бы за $0.018 \cdot 360 \cdot 60 \cdot 60/40$ секунд, или $0.018 \cdot 360 \cdot 60/40 \approx 10$ минут.

Можно заметить, что полученное число в несколько раз меньше, чем минимальный период обращения спутника вокруг Земли, который составляет около 1.5 часов. Однако никакой ошибки тут нет — ведь рассуждая подобным образом, мы неявно предположили, что движение телескопа «Хаббл» происходит по окружности, в центре которой находится фотограф. В действительности же «Хаббл» обращается вокруг центра Земли, и расстояние между ним и фотографом со временем сильно меняется, не говоря уже о том, что фотограф также вращается вместе с Землей. Но при всем этом наше дальнейшее решение можно считать в полной мере корректным — ведь рассматриваемый промежуток времени съемки мал по сравнению с периодом обращения.

Итак, мы считаем, что в данный момент времени «Хаббл» движется по дуге некоторой окружности со скоростью 7.5 км/с, совершая 1 условный оборот за примерно 600 секунд. Таким образом, длина этой окружности составляет $7.5 \cdot 600 = 4.5$ тыс.км. Далее можно либо воспользоваться формулой для длины окружности $l = 2\pi R$ (здесь l — длина окружности, R — ее радиус), либо, например, вспомнить, что длина экватора Земли составляет примерно 40 тыс. км, а радиус Земли равен 6400 км, и составить пропорцию. Таким образом, получаем, что расстояние до телескопа «Хаббл» составляет $6400 \cdot 4.5/40 = 720$ км.

Стоит отметить, что полученный ответ, во-первых, близок к реальному значению (735 км), а во-вторых, сильно превышает высоту орбиты телескопа «Хаббл» (567 км). Однако на самом деле в этом нет ничего удивительного — ведь спутники можно наблюдать не только в зените, но и около горизонта, и при этом расстояние до них оказывается больше. Реальная высота Юпитера (и, соответственно, «Хаббла») над горизонтом в момент съемки составляла около 48° .