



или 160 000 километров (здесь  $R_E$  – радиус Земли). Другой способ определения расстояния состоит в сравнении видимых поперечников Солнца и Луны. Из рисунка получаем

$$\frac{d_L}{d_0} \approx 0.8.$$

Видимый диаметр Луны  $d_L$  получается равным около  $26'$ , а расстояние до Луны

$$L = \frac{R_L}{\sin(d_L / 2)} = 450\,000 \text{ км.}$$

Угловое расстояние между Землей и Луной невелико. Очевидно, что Луна по отношению к наблюдателю находится позади Земли. Чтобы получить расстояние от наблюдателя до Земли, достаточно вычесть из величины  $L$  расстояние от Луны до Земли  $a_L$ :

$$a_{02} = L - a_L = 80\,000 \text{ км.}$$

Мы видим, что величины  $a_{01}$  и  $a_{02}$  различаются примерно вдвое, что определяет точность ответа на задачу. Нам остается определить орбитальный период спутника, считая его орбиту круговой. Это проще всего сделать, исходя из «классического» вида III закона Кеплера, сравнивая данный спутник с Луной:

$$\frac{T_0}{T_L} = \left( \frac{a_0}{a_L} \right)^{3/2}.$$

Здесь  $T_L$  – период обращения Луны вокруг Земли. В зависимости от принимаемого значения  $a_0$  (80 или 150 тысяч км) величина периода обращения искусственного спутника Земли составляет от 2.5 до 7 суток.

9

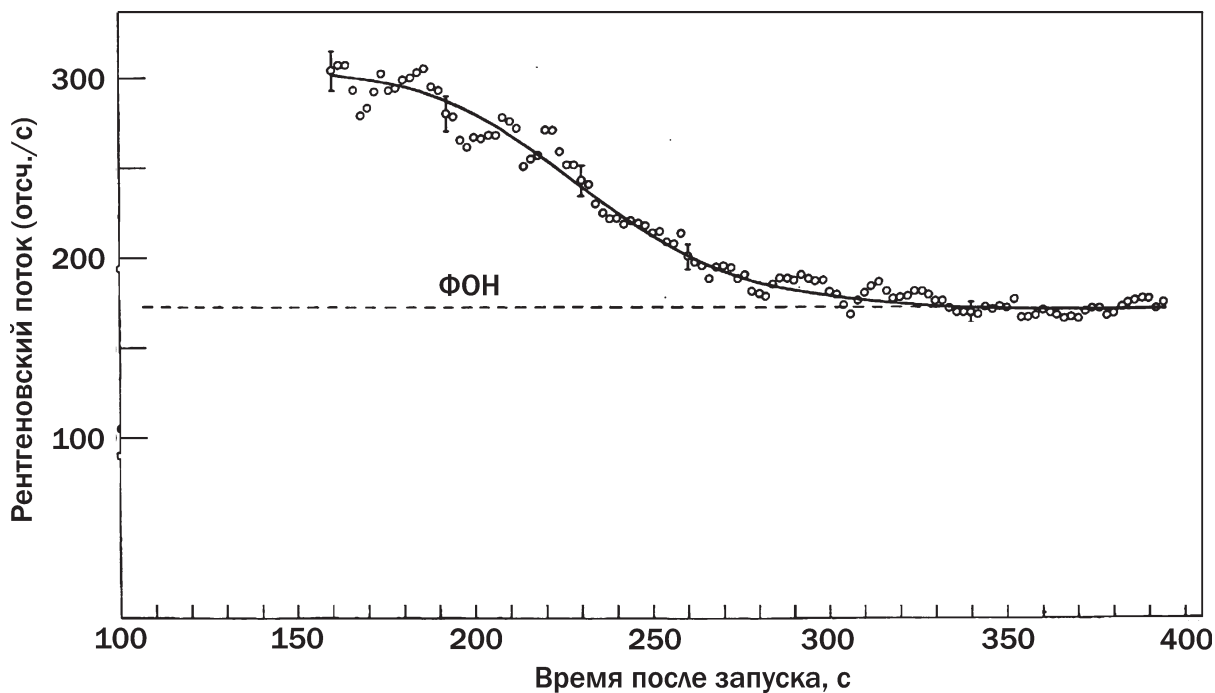
2

## НАБЛЮДЕНИЯ С БОРТА РАКЕТЫ

О.С. Угольников



**?** 7 июля 1964 года с борта американской метеорологической ракеты «Аэроби» наблюдалось покрытие Луной рентгеновского источника, расположенного в Крабовидной туманности. На графике (след. стр.) представлена зависимость потока рентгеновского излучения, зафиксированного на борту ракеты, от времени. Оцените пространственный размер источника, если расстояние до Крабовидной туманности составляет 6500 световых лет. Считать, что траектория ракеты представляет собой отрезок прямой, направленный от центра Земли, а Луна в месте запуска располагалась вблизи зенита. Покрытие Луной рентгеновского источника считать центральным.



❗ Следуя условию задачи, мы предполагаем, что ракета «Аэроби» движется вдоль радиуса-вектора, направленного от центра Земли, а Луна в ходе явления располагается вблизи зенита в точке запуска. Тогда ракета будет все время находиться вблизи линии, соединяющей центры Земли и Луны, оставаясь при этом недалеко от поверхности Земли (как видно на графике, измерения производились через несколько минут после запуска ракеты). Тогда перемещение Луны относительно звезд и галактических объектов будет происходить с угловой скоростью, равной угловой скорости орбитального движения Луны:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}.$$

Здесь  $T$  — звездный период обращения Луны (27.32 суток). Угловая скорость составляет  $0.55^\circ$  в час или  $0.55''$  в секунду. По условию задачи, покрытие рентгеновского источника было центральным, и он двигался вдоль радиуса лунного диска. Тогда его угловой диаметр равен

$$\delta = \omega \cdot t,$$

где  $t$  — продолжительность частной фазы покрытия. Ее можно определить из графика. Яркость рентгеновского источника начала уменьшаться вблизи начала сеанса измерений (160 секунд после запуска) и вышла на фоновый уровень через 330 секунд после запуска. В итоге, величина  $t$  составляет 170 секунд, а угловой диаметр рентгеновского источника в Крабовидной туманности — порядка  $90''$ .

Расстояние до Крабовидной туманности составляет 6500 световых лет или 2000 парсек. Чтобы получить размер рентгеновского источника в астрономических единицах, достаточно перемножить расстояние до него в парсеках на угловой диаметр в секундах дуги. Размер источника составляет 180000 а.е. или чуть меньше 1 парсека.



**?** Представьте, что в не очень давние времена Марс был обитаем, по его поверхности текли реки. В одну ясную ночь наблюдателю на поверхности Марса предстала картина, изображенная на рисунке (художник – Ютака Кагай, Япония, 2 стр. обложки). На ней видны звезды и другие две планеты Солнечной системы. Какие это планеты и в каких созвездиях (по нашим современным звездным картам) они находятся?

**!** На рисунке мы видим знакомые нам «зимние» созвездия: Возничий, Телец, Близнецы, Орион, Большой и Малый Пес. В этих созвездиях достаточно много ярких звезд. В созвездии Тельца находятся два ярких «лишних» светила – одно в точности между звездными скоплениями Плеяды и Гиады, другое – несколько правее. Оба светила превосходят в блеске все находящиеся неподалеку звезды. Очевидно, это и есть две планеты.

Чтобы установить, какие это планеты, вспомним, что Уран и Нептун на небе Марса хоть и могут быть немного ярче, чем при наблюдении с Земли, но не могут сравниться в блеске с наиболее яркими звездами. Планеты земной группы – Меркурий, Венера и Земля – могут быть очень яркими, но все они будут внутренними. Дальше всех из этих планет от Солнца на небе может удалиться Земля. Величина ее максимальной элонгации составит

$$\varepsilon = \arcsin \frac{r_3}{r_4},$$

где  $r_3$  и  $r_4$  – расстояния Земли и Марса от Солнца. Даже если учесть эллиптичность орбит Земли и Марса и подставить в формулу максимальное расстояние Земли (1.02 а.е.) и минимальное расстояние Марса (1.38 а.е.), элонгация не может быть больше  $48^\circ$ .

Наличие жизни на планете предполагает существование атмосферы. Видимость звезд на небе, особенно у горизонта, возможно только ночью, когда Солнце находится под горизонтом. Угол между плоскостями орбит Земли и Марса невелик, и эклиптика (видимый путь Солнца) на Марсе проходит примерно через те же области звездного неба, что и на Земле. Мы видим, что зодиакальное созвездие Рака уже поднялось над горизонтом (звездное скопление Ясли как раз появляется над деревом). Солнце еще не взошло, и оно может располагаться только в созвездии Льва или еще дальше от области неба, изображенной на рисунке. В результате, угловое расстояние между Солнцем и двумя планетами составляет не менее  $80^\circ$ . Следовательно, ни Меркурий, ни Венера, ни Земля ими быть не могут.

Остается единственный возможный вариант – в созвездии Тельца видны Юпитер и Сатурн. Планета, расположенная левее и заметно превосходящая в блеске все звезды – это, очевидно, Юпитер. Вторая планета, Сатурн, тоже светит несколько ярче Капеллы – звезды нулевой величины. Это также возможно в случае широкого раскрытия колец Сатурна.