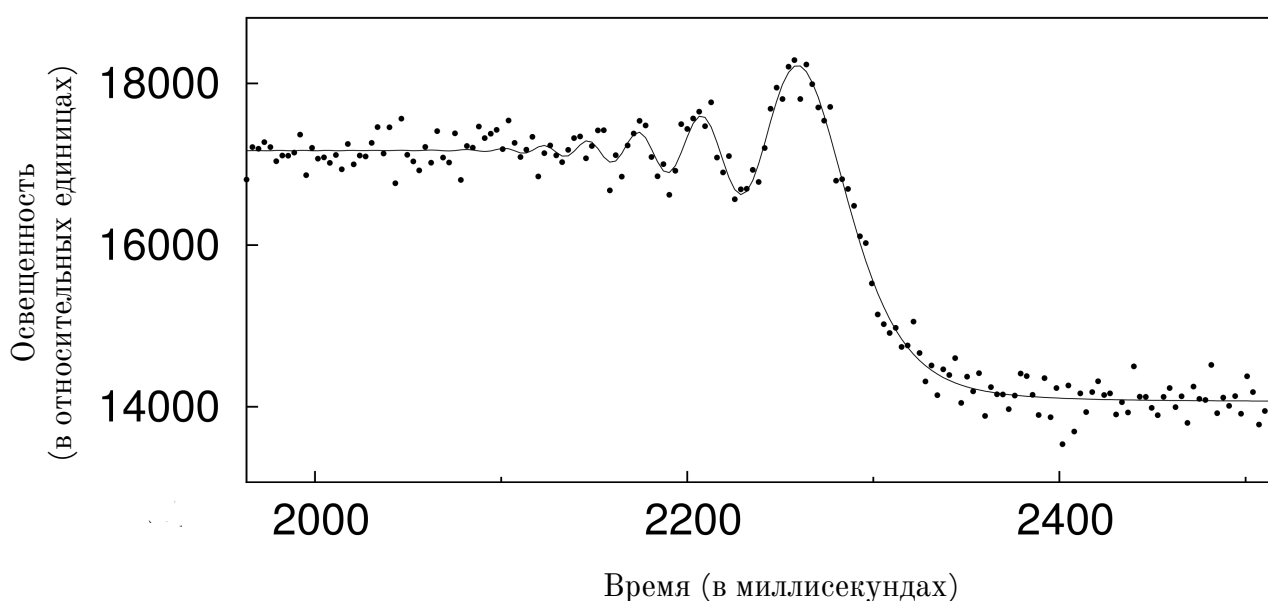


**XXXII Санкт-Петербургская
Астрономическая олимпиада**
практический тур, решения

2025
2
марта

11 класс

Вам дана кривая блеска, полученная при наблюдении начала покрытия некоторой звезды Луной (точками обозначены конкретные результаты отдельных измерений освещенности, сплошной линией — собственно кривая блеска). Определите, в каких пределах может быть заключен угловой диаметр звезды. Поясните, почему кривая блеска имеет такой вид.



Решение:

Начнем решение задачи с конца, поскольку для получения результата необходимо понять, что именно мы видим на кривой блеска.

В начале и в конце участка кривая блеска горизонтальна, из чего можно сделать вывод, что в эти моменты мы наблюдаем какую-то неизменную картину. Тогда, по-видимому, на начальной стадии регистрируется излучение звезды и Луны (вернее, ее части), а на конечной стадии мы видим только Луну, полностью закрывшую звезду. Отсюда, казалось бы, следует предположить, что постепенное падение блеска на участке в окрестности 2300 мс — это заход звезды за Луну, и его продолжительность может определяться угловыми размерами диска звезды на небе.

Однако надо также понять, что представляют собой волнообразные колебания блеска на участке 2100–2250 мс. Поскольку диск Луны представляет собой фактически круглый экран, на нем должна происходить дифракция, и наблюдаемые «волны» — это регистрация максимумов или минимумов дифракционной картины. Качественно картина очень похожа на дифракцию на круглом отверстии, определяющую предельное угловое разрешение телескопа.

Это обстоятельство приводит нас к важному выводу. Характерный размер одной дифракционной полосы в данном случае определяет предельное угловое разрешение нашего «инструмента». А тогда легко заметить, что весь участок систематического уменьшения блеска по продолжительности мало отличается от участка, занимаемого одним дифракционным максимумом или минимумом. Иначе говоря, наше исходное предположение о том, что уменьшение

блеска связано с постепенным перекрытием диска звезды Луной, позволяет получить только верхнюю возможную оценку углового диаметра звезды — имеющиеся данные не позволяют получить какое-либо ограничение снизу.

Примем в качестве оценки времени прохождения одной полосы дифракционной картины 70 мс. Поскольку Луна совершает один оборот вокруг Земли относительно звезд за 27.3 суток, получаем, что всю окружность (удобнее выразить ее как $2\pi \cdot 2 \cdot 10^5 \approx 1.3 \cdot 10^7$ угловых секунд) она проходит за $27.3 \cdot 8.64 \cdot 10^4 \approx 2.4 \cdot 10^6$ секунд времени. Таким образом, ее угловая скорость составляет $0''.55/\text{с}$ (в среднем — у нас нет данных, позволяющих определить, в какой точке своей орбиты находится Луна во время покрытия). Таким образом, за 70 мс Луна проходит примерно $0''.04$, и это верхняя возможная оценка углового размера звезды.

Более того, можно заметить, что наблюдаемая дифракционная картина является слишком уж «правильной», соответствующей идеально точечному источнику. Если бы мы наблюдали дифракцию для неточечного источника излучения, вид наблюдаемой дифракционной картины стал бы более или менее заметно отличаться от наблюдаемого. Это дает основания предположить, что уже полученная нами оценка завышена — источник, конечно, не обязан иметь бесконечно малые угловые размеры, но его фактический размер должен быть полностью «потерян» при наблюдении дифракционной картины. Используя аналогию с разрешающей способностью телескопа, можно сделать вывод, что реальный угловой размер еще на порядок меньше, чем полученное нами выше ограничение. Поэтому наиболее правдоподобной оценкой будет утверждение, что угловые размеры источника не превышают $0''.004$.

Осталось сообщить точный результат. Это инфракрасные наблюдения источника 2MASS06251004+2302141, он же звезда TYC 1879-97-1: нормальный красный гигант, находящийся на расстоянии около 850 пк от Солнца. Аккуратная обработка данных наблюдений (которая выполняется путем моделирования дифракционной картины при разных параметрах источника и подбором наиболее близкого к реально наблюдаемому варианта) позволила оценить угловые размеры источника сверху как $0''.003$.

П.А.Тараканов