

~~На графике четко видно, что~~
~~наблюдения и расчетные значения~~

У кривой Бесселя есть
аровращенные пологие
~~Бесселя~~ значения Бесселя в начале
и конце. Они соответствуют
начальному состоянию, когда
~~не~~ звезда ничем не закрыта
и находится в предельном исходе
того участка неба, и когда она
полностью закрыта Луной, то есть
наблюдается уже ~~не~~ край
лунного диска.

Но при этом до ~~не~~ окончательного
падения освещенности она совершает
несколько итераций колебаний.

Если проследишь кривую начального
значения Бесселя (см. условия),
то можно заметить, что эти
колебания происходят через равные
промежутки времени.

А если еще и измерить их
высоту по начальному значению
в миллиметрах, то их значения

малют на зависимость, которая напоминает экспоненту;

$$\text{Види: } \frac{1}{2} \approx \frac{2}{4} \approx \frac{4}{11} \approx$$

То есть, до вертикальной пунктирной прямой зависимость $E(t)$ можно аппроксимировать как:

$$E(t) = E_0 \cdot E_1 \cdot e^{\lambda t} \cdot \cos(\omega t + \varphi).$$

Сначала разберемся с ~~э~~ тригонометрической частью. Тогда пока присутствуют времена одного колебания порядка десятков микросекунд, то их источником не могут быть небесные тела или их увлечение по орбитам.

Тогда возможная причина колебаний — вибрация стандартного измерительного прибора, или, если прибор установлен на спутнике, ~~каждый~~ постоянная коррекция или своей ориентации бортовой механики.

Но амплитуда колебаний тем сильнее, чем ближе может находиться звезда Луны или диска, а значит и тем ближе траектория лучей от звезды к лунной поверхности.

Луна, хоть и очень слабо, но искривляет световые лучи своим гравитационным полем.

И если исследуется небесный участок неба, то Луне достаточно лишь немного сместить видимое положение звезды, ~~чтобы~~ ~~то~~

При этом диск звезды станет наблюдаться несколько деформированным, а если он ещё и скрывается в гравитационной области, то ~~и~~ прибор будет получать то чуть более яркой сфокусированный пучок, то чуть более тусклый, так как часть диска звезды из-за искривлений не попадет в исследуемый участок неба.

И действительно, ~~это~~ ~~напряжён-~~ность гравитационного поля, а значит ~~и~~ и степень зажатости искривления лучей при приближении к поверхности объекта отдалённого полагается зависимость, показанную на эскизе.

Для оценки интервала
углового диаметра звезды,
~~представим~~ заметим, что сам
характерный момент падения
освещённости (от касания
дискон звезды с изогнутой
поверхности Луны до его
полного перекрывания) можно
оценить как время от
вертикальной пунктирной линии
до ~ 2400 мс, что равно 117 мс .

Самый медленный вариант
перекрывания - движется только
самая Луна, а прибор либо
установлен на Земле, либо
находится в положении @ или
⊙ ~~зв~~ земной орбиты:



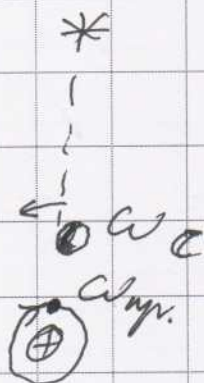
$$\omega_c \approx \frac{2\pi \text{ рад}}{T_c} \approx 0,7 \text{ мс}^{-1}$$

(мс - угловая миллисекунда)

Время углового диаметра
звезды:

$$d_a = \omega_c \cdot T \approx 0,7 \cdot 117 \approx 82 \text{ мс}$$

Ит самый быстрый вариант:
~~Космос~~ летит по круговой орбите
 максимально близко к Земле
 в противоположную Луне сторону:



Минимальная
 высота орбиты:
 "пока, тогда
 по 3з. Кеплера:

$$\frac{T_{\text{пр.}}^2}{(R_0 + h)^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_{\oplus}}$$

$$T_{\text{пр.}} \approx \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 7.4 \cdot 10^{22}}{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} (6380 + 200)^3 \cdot 10^9}} \approx$$

$$\approx 25000 \text{ с.}$$

$$\omega_{\text{пр.}} = \frac{2\pi \text{ рад}}{T_{\text{пр.}}} \approx 330''/\text{с.}$$

Тогда:

$$d_L = (\omega_{\oplus} + \omega_{\text{пр.}}) \cdot \delta \approx 39''.$$

Значит:

$$\text{Ответ: } d \in [0,082''; 39''].$$

СПб-189

Смирнов В



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

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.

