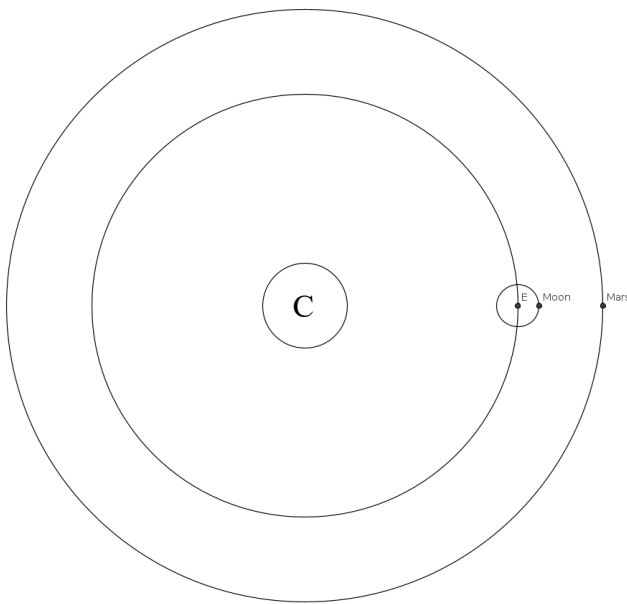


# ОТВЕТЫ И ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ВСОШ ПО АСТРОНОМИИ (2020 – 2021)

## 11 класс

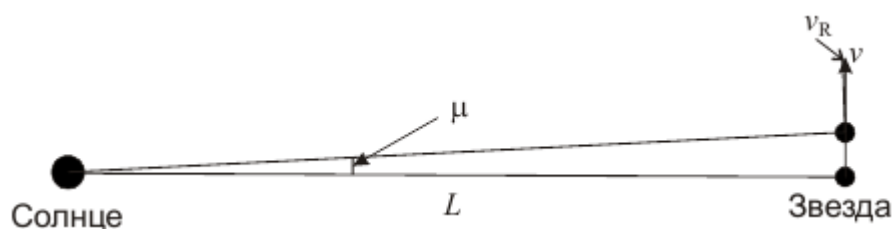
1. Из условия видим, что разница 5 звездных величин дает отношение блеска в 100 раз. Это также следует из формулы Погсона:  $E_1/E_2=2,512^{(m_2-m_1)}$ . Следовательно, если между 6 и 11 звездными величинами так же 5 звездных величин, что дает звезда шестой звездной величины имеет блеск в 100 раз больше, чем звезда 11, а для 16 звездной величины мы должны 100 возвести в квадрат. Получаем, что звезда 6 звездной величины в 10000 раз имеет больший блеск, чем звезда 16 звездной величины.  
Ответ: В 100 раз. В 10 тысяч раз.
2. 27 июля наблюдалась интересная картина. В одну линию в проекции на плоскость эклиптики выстроились Солнце, Земля, Луна и Марс. Луна и Марс были расположены по одну сторону от Земли. Картина расположения приведена на рисунке, где С – Солнце, Е - Земля:



Конфигурация, в которой находился Марс, — противостояние. Его максимальная высота – в верхней кульминации, так же, как и у Луны, в полночь. Высота Марса в верхней кульминации  $h=90^\circ-\varphi+\delta$ ,  $h=8^\circ 11'$

Ответ: Противостояние. В полночь.  $h=8^\circ 11'$

3. Судя по собственному движению, звезда пролетела достаточно близко к Солнечной системе. Увеличение длины волны спектральной линии связано с тем, что звезда сначала приближалась, а потом удалялась от нас. Так как смещение указано за один целый год, движение Земли в оба момента было одним и тем же и не могло повлиять на изменение длины волны. Рассмотрим моменты наибольшего сближения звезды и Солнца и через год после него в системе отсчета, связанной с Солнцем:



В момент наибольшего сближения звезда движется со скоростью  $v$  перпендикулярно

направлению на Солнце, и лучевой гелиоцентрической скорости у нее нет. Через год звезда смещается на угол  $\mu$  ( $1000''$ ), и у нее появляется положительная лучевая скорость:  $v_R = v \sin \mu$ . Эта скорость вызывает смещение линий в ее спектре:

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v_R}{c} = \frac{v}{c} \sin \mu.$$

Отсюда мы определяем полную скорость звезды:

$$v = \frac{c}{\sin \mu} \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = 95 \text{ км/с.}$$

Теперь мы можем найти и минимальное расстояние до звезды:

$$L = \frac{vT}{\sin \mu} = \frac{cT}{\sin^2 \mu} \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = 4100 \text{ а.е.} \approx 0.02 \text{ пк.}$$

Здесь время  $T$  соответствует одному году.

#### 4. Применяемый в данном случае метод сводится к измерению эффекта Доплера.

- 1) Если щель спектрографа располагается вдоль экватора планеты, то данный эффект приводит к тому, что линии в спектре Сатурна будут наклонены (один край планеты движется на наблюдателя, другой – от него). Так как зависимость лучевой составляющей скорости вращения точек планетного диска от их расстояния до центра диска имеет линейный характер, то линии в спектре остаются прямыми (см. рис. 1). Кроме того, линии смещены относительно линий спектра сравнения к фиолетовому концу вследствие взаимного движения Земли и Сатурна ( $-2,85$  км/с).
- 2) Дисперсию спектра определим, измеряя расстояние линий спектра сравнения от левого края спектра  $D = \frac{\Delta \lambda}{\Delta l}$ , где  $\Delta l$  разность расстояний линий от края спектра (в мм),  $\Delta \lambda$  соответствующая им разность длин волн. Полученные для разных участков спектра значения  $D_1 = D_2 = D_3$ . Это свидетельствует о том, что спектр получен с помощью дифракционной решетки.
- 3) Измерим расстояние до какой-нибудь линии в спектре сравнения одной из резких линий в спектре Сатурна в верхней и нижней части спектрограммы а) на верхнем краю спектра планеты, б) на нижнем краю спектра планеты. Эти измерения нужно повторить, по крайней мере, для трех других линий. Для определения скорости вращения планеты на экваторе  $v$  используем среднее значение разности измерений (а) – (б) сначала в мм, потом в ангстремах. Смещение линий каждого края дает нам удвоенную скорость вращения планеты (свет проходит дважды сквозь ее атмосферу). Сравнивая два противоположных края, снова удваиваем эффект. Следовательно,  $\frac{\lambda_a - \lambda_b}{\lambda} = \frac{4v}{c}$ , где  $c$  – скорость света,  $\lambda_a - \lambda_b = \Delta \lambda_{ab} = \Delta l * D$ . Период вращения Сатурна  $T = 2\pi R/v$ , находим подставляя  $R = 60\,400$  км. Полученное значение периода зависит от точности измерений и может отличаться от табличного значения **10ч 14м** на 10-15%.
- 4) Легко заметить, что линии в спектре кольца планеты слегка наклонены в противоположные стороны. Ясно, что кольцо не вращается как твердое тело. Каждая частица кольца движется независимо от других со скоростью  $v = \sqrt{GM/r}$ , где  $G$  –

гравитационная постоянная,  $M$  - масса Сатурна,  $r$  – радиус области кольца, где движется частица. Зависимостью  $v_I(r)$  объясняется и форма линий в спектре кольца (см. рис. 1).

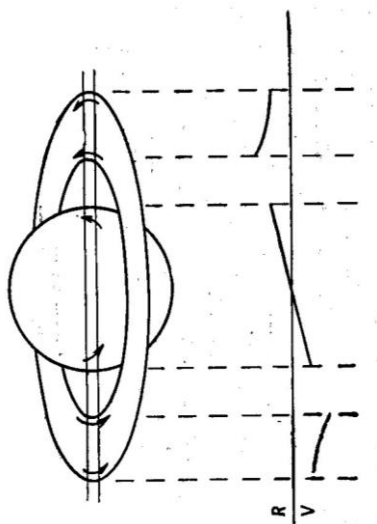


Рис.1