

# ОТВЕТЫ И ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ

## ВсОШ ПО АСТРОНОМИИ (2020 – 2021)

(муниципальный этап)

### 7-8 классы

1. Примем расстояние от Меркурия до Солнца за 58 миллионов километров. Расстояние до Плутона составит 5913 миллиона километров, что в 100 раз больше, чем расстояние от Меркурия до Солнца, следовательно, расстояние до Плутона в масштабе составит 100 сантиметров.
2. Солнечные затмения происходят в тот момент, когда Луна закрывает Солнце. Это происходит в новолуние. В этой конфигурации Луна и Солнце находятся на фоне одного созвездия. В данном случае это созвездие Змееносца.
3. 5 – Кассиопеи
4. Определим линейный масштаб  $k=R/r$ , где  $r$ -истинный радиус Солнца  $= 0,7 \cdot 10^9$  м,

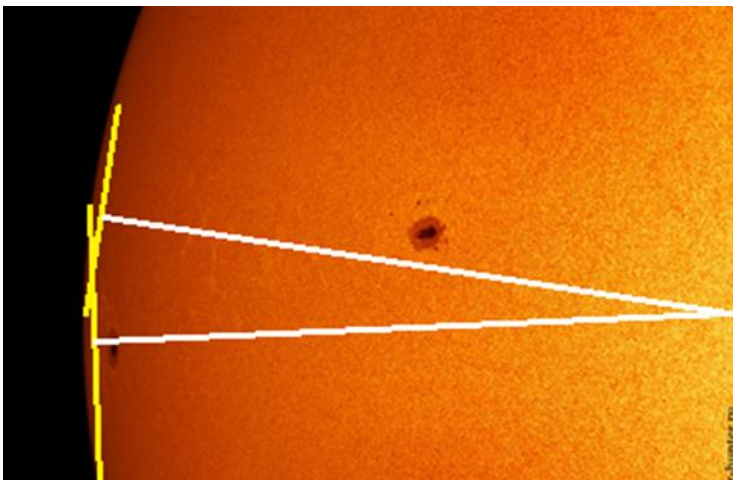
$R$ - радиус Солнца по фотографии (определяем методом хорд).

Т.к. пятно расположено вблизи центра диска Солнца, то искажением пятна можно пренебречь.

$$\text{Тогда } D = kd = \frac{R(\text{м})}{r(\text{см})} d(\text{см})$$

$$\text{По данной фотографии: } D \approx 3,3 \cdot 10^7 \text{ м} \quad D_{\text{Земли}} \approx 1,28 \cdot 10^7 \text{ м}$$

Следовательно,  $D/D_{\text{Земли}} \approx 2,6$



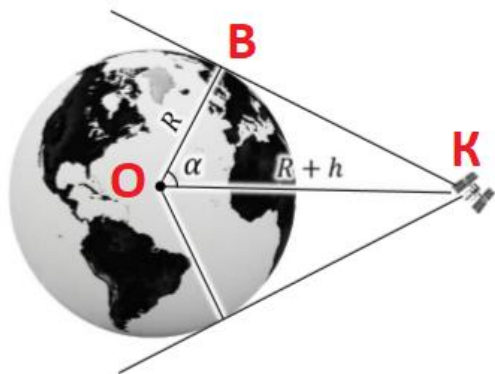
# ОТВЕТЫ И ПРИМЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ ВсОШ ПО АСТРОНОМИИ (2020 – 2021)

## 9 класс

1. Скорость движения Земли вокруг своей оси равна  $2\pi R \cos\varphi / T = 932$  км/ч. Движение поезда на запад фактически замедляет эту скорость до  $932$  км/час –  $140$  км/час =  $792$  км/ч. Долгота дня для неподвижного наблюдателя 22 сентября равна 12 часам (если пренебречь рефракцией), а для пассажира она возрастет обратно пропорционально падению скорости вращения Земли и станет равной  $14,12$ ч =  $14$ ч 7мин.

2. **О** – центр Земли, **К** – космонавт и **В** – горизонт.

Расстояние до горизонта определим из прямоугольного треугольника **ОВК** по теореме Пифагора:  $(R + h)^2 = D^2 + R^2$ , тогда  $D^2 = 2Rh + h^2 = 2Rh(1 + h/2R)$ . Учитывая малость  $h$ ;  $h \ll R$ , получаем для расстояния до горизонта при высоте наблюдателя:  $D = \sqrt{2Rh}$ . Так как  $D \ll R$ , площадь поверхности Земли, доступную взгляду космонавта можно вычислить как площадь круга:  $S = D \pi^2$ . Полная площадь поверхности Земли вычисляется как площадь шара:  $S_{\oplus} = 4R \pi^2$ . Тогда отношение этих площадей составляет:  $S/S_{\oplus} = h/2R = 0,03$  (т.е. 3 %).



3. Орбита стационарная, значит, расположена в экваториальной плоскости планеты с периодом равным периоду вращения ее вокруг оси.

$$\frac{(R_{\text{пл}} + h_{\text{пл}})^3}{T^2} = \frac{GM_{\text{пл}}}{4\pi^2}$$

Т. к. плотности равны, то  $\frac{R_{\text{пл}}^3}{R_3^3} = 8$ ,  $R_{\text{пл}} = 2R_3 = 12742$  км

Т. к. сила тяжести равна земной, значит, планета вращается быстрее.

$$\frac{GM_{\text{пл}}}{R_{\text{пл}}^2} = \frac{4\pi^2 R_{\text{пл}}}{T_{\text{пл}}^2} = \frac{GM_3}{R_3^2}$$

$$T_{\text{пл}} = 2\pi \sqrt{\frac{R_3^3}{(1 - \frac{1}{2})GM_3}} = 1,99\text{ч}$$

$$\text{Тогда } R_{\text{пл}} + h_{\text{пл}} = \sqrt[3]{\frac{T_{\text{пл}}^2 GM_{\text{пл}}}{4\pi^2}} = 16140 \text{ км}$$

$$h_{\text{пл}} = 3398 \text{ км}$$

4. Море Холода находится на крайнем севере Луны, оно светлее, чем большинство темных, ровных лунных морей. Оно протянулось вдоль этого пейзажа, запечатлевшего северную полярную область хорошо знакомого видимого с Земли полушария на растущей Луне. Левее центра картинке находится кратер Платон диаметром 95 км с темным дном. Освещенные

Солнцем вершины лунных Альп видны ниже и правее Платона, между более южным морем Дождей и морем Холода. Хорошо заметная прямая полоса, проходящая через горы – лунная **Альпийская долина**. Долина соединяет море Дождей и море Холода, ее длина – около **160 км**, а ширина – до **10 км**.



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

## 10 класс

1. Скорость движения Земли вокруг своей оси равна  $2\pi R \cos\varphi / T = 932$  км/ч. Движение поезда на запад фактически замедляет эту скорость до  $932$  км/час –  $140$  км/час =  $792$  км/ч. Долгота дня для неподвижного наблюдателя 22 сентября равна 12 часам (если пренебречь рефракцией), а для пассажира она возрастет обратно пропорционально падению скорости вращения Земли и станет равной  $14,12$ ч =  $14$ ч  $7$ мин.

2. Орбита стационарная, значит, расположена в экваториальной плоскости планеты с периодом равным периоду ее вращения вокруг оси.

$$\frac{(R_{\text{пл}} + h_{\text{пл}})^3}{T^2} = \frac{GM_{\text{пл}}}{4\pi^2}$$

Т. к. плотности равны, то  $\frac{R_{\text{пл}}^3}{R_3^3} = 8$ ,  $R_{\text{пл}} = 2R_3 = 12742$  км

Т. к. сила тяжести равна земной, значит, планета вращается быстрее.

$$\frac{GM_{\text{пл}}}{R_{\text{пл}}^2} = \frac{4\pi^2 R_{\text{пл}}}{T_{\text{пл}}^2} = \frac{GM_3}{R_3^2}$$

$$T_{\text{пл}} = 2\pi \sqrt{\frac{R_3^3}{(1 - \frac{1}{2})GM_3}} = 1,99\text{ч}$$

$$\text{Тогда } R_{\text{пл}} + h_{\text{пл}} = \sqrt[3]{\frac{T_{\text{пл}}^2 GM_{\text{пл}}}{4\pi^2}} = 16140 \text{ км}$$

$$h_{\text{пл}} = 3398 \text{ км}$$

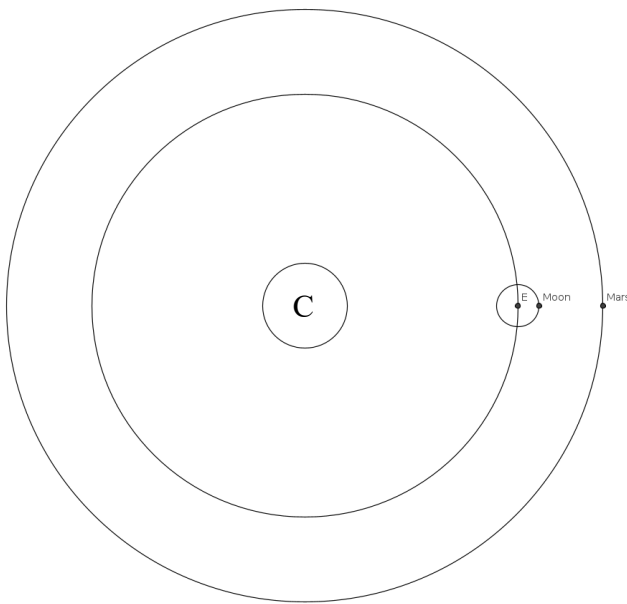
3. Размеры объекта, имеющего угловые размеры  $50''$  на расстоянии  $384000$  км (среднее расстояние до Луны)  $R = 50 \cdot 384000 \text{ км} / 206265'' = 93$  км. Сможет.

4. Разные цвета облаков вокруг звезды  $\rho$  Змееносца возникают в результате многочисленных процессов. Голубые области светят в основном отраженным светом. **Голубое излучение звезды  $\rho$  Змееносца и соседних звезд рассеивается в веществе окружающей туманности гораздо эффективнее, чем красное.** Именно этой причине небо на Земле днем выглядит голубым. Красные и желтые области светятся преимущественно за счет излучения атомарного и молекулярного газа туманности. Свет от соседних голубых звезд, более мощный, чем от яркого Антареса, выбивает электроны из молекул газа, которые затем излучают при рекомбинации. Темно-коричневые области туманности состоят из пыли, рожденной внутри атмосфер молодых звезд и эффективно поглощающей излучение расположенных позади нее объектов. Облака вокруг  $\rho$  Змееносца находятся гораздо ближе к нам, чем запечатленное здесь же справа вверху шаровое скопление М4. На самом деле эти облака еще более разноцветные, чем может увидеть человеческий глаз. Они излучают во всех диапазонах спектра, от радио до гамма-лучей.

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

## 11 класс

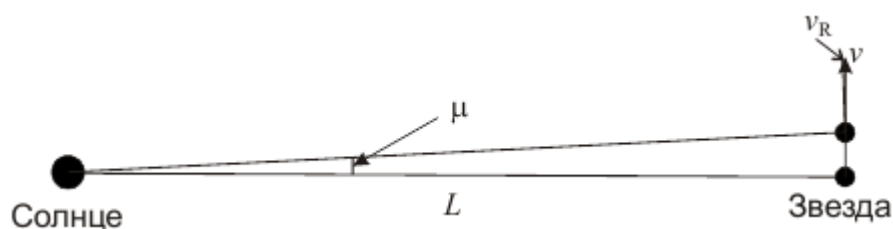
1. Из условия видим, что разница 5 звездных величин дает отношение блеска в 100 раз. Это также следует из формулы Погсона:  $E_1/E_2=2,512^{(m_2-m_1)}$ . Следовательно, если между 6 и 11 звездными величинами так же 5 звездных величин, что дает звезда шестой звездной величины имеет блеск в 100 раз больше, 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  $h=90^\circ-\varphi+\delta$ ,  $h=8^\circ11'$

Ответ: Противостояние. В полночь.  $h=8^\circ11'$

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).

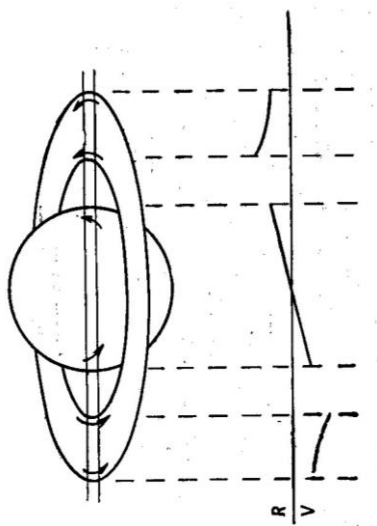


Рис.1