



# Муниципальный этап по астрономии

## Условия и решения

8 класс

29 ноября 2022

---

### 1. Факты

8 баллов

Выберите правильные факты. Поясните для каждого случая, почему вы так думаете.

- Ближайшая к Венере планета - Меркурий
- Венера самая «горячая» планета
- Оборот вокруг своей оси Венера делает дольше, чем оборот вокруг Солнца..
- Атмосфера Венеры состоит преимущественно из углекислого газа

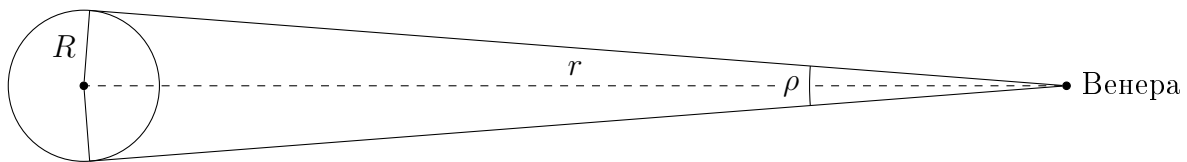
**Решение.** Разберем каждый из вариантов.

- «Ближайшая к Венере планета – Меркурий» — **да**. Расстояния между планетами увеличиваются по мере удаления от Солнца. Внутренняя «соседка» всегда ближе, чем внешняя.
- «Венера самая «горячая» планета» — **да**. Чем ближе к Солнцу, тем температура на планете должна была бы быть выше. Но средняя температура на Венере превышает меркурианскую из-за парникового эффекта в атмосфере Венеры.
- «Оборот вокруг своей оси Венера делает дольше, чем оборот вокруг Солнца» — **да**. Вокруг Солнца Венера обращается за 225 суток, а вокруг собственной оси за 243 дня. Такая аномалия связана с тем, что вращение Венеры происходит в обратную сторону, противоположную направлению орбитального движения. Следует отличать период обращения относительно неподвижной звездной системы координат в 243 дня от синодического периода относительно Солнца, которую мы называем солнечными сутками. Солнечные сутки на Венере равняется 117 земным суткам и они будут короче венерианского года.
- «Атмосфера Венеры состоит преимущественно из углекислого газа» — **да**. Атмосфера Венеры состоит на 96% из углекислого газа, содержит .5% азота, а на все остальные газы приходится около 0.5%.

**Ответ.** Все утверждения верные

**Критерии оценивания****8**Определение каждого утверждения с кратким обоснованием...  $4 \times 2$ В случае отсутствия обоснования баллы выставляются только за верные утверждения  $4 \times 1$ **2. Солнце на Венере****8 баллов**

Определите видимый размер Солнца для наблюдателя на орбите вокруг Венеры. Орбиту Венеры считать круговой.

**Решение.** Нарисуем рисунок

Запишем формулу углового размера

$$\rho'' = \frac{206265 D}{r}$$

Диаметр Солнца возьмем из справочных данных  $D_{\odot} = 2R_{\odot} = 2 \cdot 700\,000 \text{ км} = 1\,400\,000 \text{ км}$ Расстояние от Солнца до Венеры равно  $0.72 \text{ а.е.}$ 

Подставим значения в формулу углового размера

$$\rho'' = \frac{206265 \cdot 1\,400\,000 \text{ км}}{0.72 \cdot 150\,000\,000 \text{ км}} = 2\,674'' \approx 44.6'$$

С Земли видимы угловой размер меньше ( $\rho = 32'$ ), т.к. Земля дальше от Солнца.**Ответ.**  $\rho = 44.6'$ **Критерии оценивания****8**

Запись формулы для углового расстояния.....2

Определение диаметра Солнца.....2

Получение значения углового размера.....4

**3. Астероид****16 баллов**

Астероид подходит к Земле на минимальное расстояние  $1.5 \text{ а.е.}$  Каков радиус орбиты астероида? Как часто повторяются такие сближения с Землей? За какое время он делает один оборот вокруг Солнца? Орбиты астероида и Земли считать круговыми.

**Решение.** Минимальное расстояние от Земли будет при противостоянии астерои-

да, когда Земля будет расположена на одной прямой между Солнцем и астероидом. Следовательно Расстояние от Солнца до астероида:

$$a_A = a_{\oplus} + \Delta = 1 + 1.5 = 2.5 \text{ а.е.}$$

Для нахождения периода обращения вокруг Солнца воспользуемся третьим законом Кеплера.

$$\frac{T_A^2}{T_{\oplus}^2} = \frac{a_A^3}{a_{\oplus}^3}$$

$$T_A = T_{\oplus} \left( \frac{a_A}{a_{\oplus}} \right)^{\frac{3}{2}} = 1 \left( \frac{2.5}{1} \right)^{\frac{3}{2}} = 3.953 \approx 4.0 \text{ года}$$

Положение астероида ближе всего к Земле, соответствует противостоянию внешнего астероида. Найдем его синодический период. Случай сонаправленного движения:

$$\frac{1}{S_A} = \frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_{\oplus}}$$

$$S_A = \frac{T_A T_{\oplus}}{T_A - T_{\oplus}} = \frac{4 \cdot 1}{4 - 1} = 1.33 \approx 1.3 \text{ года}$$

Случай обратного вращения астероида:

$$\frac{1}{S_A} = \frac{1}{T_A} + \frac{1}{T_{\oplus}}$$

$$S_A = \frac{T_A T_{\oplus}}{T_A + T_{\oplus}} = \frac{4 \cdot 1}{4 + 1} = 0.8 \text{ года}$$

**Ответ.** Радиус орбиты -  $a_A = 2.5$  а.е. Астероид делает один оборот за  $T_A = 4.0$  года. В случае сонаправленного движения  $S_A = 1.3$  года. В случае обратного вращения  $S_A = 0.8$  года.

**Критерии оценивания 16**

Вывод о минимальном расстоянии .....	4
Нахождение расстояния от Солнца .....	2
Расчет сидерического периода через 3-й закон Кеплера .....	4
Вывод - противостояние, следовательно синодический период.....	2
Найден синодический период сонаправленного астероида .....	2
Найден синодический период попятного астероида .....	2

#### 4. Затмение на Марсе

16 баллов

На каком максимальном расстоянии и с каким периодом должен вращаться Фобос вокруг Марса, чтобы для наблюдателя на Марсе было возможно наблюдать полное солнечное затмение. Радиус Фобоса 11.1 км. Расстояние до Марса 1.52 астрономической единицы. Масса Марса  $6.4 \cdot 10^{23}$  кг. Орбиты Марса и Фобоса круговые.

**Решение.** Полное солнечное затмение происходит только в том случае, если угловой размер Фобоса будет больше или равен угловому размеру Солнца. Поскольку спрашивается в задаче про максимальное расстояние, то рассмотрим предельный случай, когда угловые размеры равны:

$$\begin{aligned} p_{\odot} &= p_c \\ \frac{R_{\odot}}{a_{\text{Ф}}} &= \frac{R_c}{h}, \quad h = \frac{R_c}{R_{\odot}} \cdot a_{\text{Ф}} \\ h &= \frac{11.1}{697\,000} \cdot 1.52 \cdot 1.5 \cdot 10^8 = 3\,630 \text{ км} \end{aligned}$$

Поскольку наблюдатель находится на поверхности Марса, то найденное расстояние является не большой полуосью, а высотой его орбиты. Вычислим большую полуось Фобоса в ситуации, когда он мог бы полностью закрывать Солнце:

$$a = h + R_{\text{Ф}} = 3\,630 + 3\,400 = 7\,030 \text{ км}$$

Теперь найдем период Фобоса по третьему закону Кеплера:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{a^3}{GM_{\text{Ф}}}} = 4.98^h$$

**Ответ.**  $a = 7\,030$  км,  $T = 4.98^h$ .

#### Критерии оценивания

16

Равенство угловых размеров Фобоса и Солнца .....	5
Нахождение высоты Фобоса .....	3
Нахождение радиуса орбиты .....	3
Нахождение периода обращения Фобоса .....	5

#### 5. Полдень

16 баллов

Определите высоту Солнца над горизонтом в день осеннего равноденствия в Долгопрудном ( $\varphi = 56^\circ$ ,  $\lambda = 37.5^\circ$  в.д.). Каково гражданское время момента верхней кульминации Солнца в этот день. Местное время Московской области UTC+3.

**Решение.** Для решения этой задачи необходимо вспомнить, что в момент равноден-

ствий по определению склонение Солнца -  $\delta_{\odot} = 0^{\circ}$ .

Далее необходимо найти значение верхней кульминации:

$$h_{B.\odot} = 90^{\circ} - \varphi + \delta_{\odot} = 90^{\circ} - 56^{\circ} + 0^{\circ} = 34^{\circ}$$

Теперь определим сколько времени будет в момент верхней кульминации Солнца:

$$t_{B.\odot} = UT + n + D - \lambda = 12^h + 2^h + 1^h - \frac{37.5^{\circ}}{15} = 12^h 30^m$$

Где  $UTC$  - всемирное время,  $n$  - номер часового пояса (в Московской области  $n = 2$ ),  $D$  - декретное время (в Московской области  $D = 1$ ):

**Ответ.**  $h_{B.\odot} = 34^{\circ}$ ,  $t_{B.\odot} = 12^h 30^m$ .

### Критерии оценивания 16

Нахождение склонения Солнца в равноденствие .....	2
Правильное использование верхней кульминации .....	4
Нахождение значения верхней кульминации .....	4
Правильный перевод долготы в часовую меру угла .....	2
Нахождение времени верхней кульминации .....	4

## 6. 1918 16 баллов

В России переход с юлианского календаря на григорианский произошел в 1918 году, когда после 31 января 1918 года сразу наступило некое число февраля. Посчитайте, какое число было первым в феврале 1918 году в России по Григорианскому стилю. И какой день недели было последнее число января по юлианскому календарю.

**Решение.** Для решения этой задачи потребуется вспомнить, что сейчас у нас разница между григорианским и юлианским календарем составляет 13 дней. Именно поэтому у нас старый новый год празднуется 13 января. Следовательно первым днем в феврале 1918 года было 14 февраля. Для нахождения дня недели необходимо сказать, что 31 января 1918 г. в России тогда было 13 февраля по григорианскому календарю. Сегодня 29 ноября 2022 г - вторник. Известно, что за один обычный год 365 дней проходит 52 полных недели и 1 день, т.е. год назад в 2021 году 29 ноября было понедельником. Если же год високосный, то в нем 366 дней, а следовательно 52 полных недели и 2 дня. Тем самым посчитаем, какой день недели будет 1 января 2023 года, а затем каким днем недели было 1 января 1918 г. Итак от 29 ноября 2022 до 1 января 2023 года пройдет:

$$2 + 31 = 33 \text{ дня}$$

Это 4 недели и 5 дней, следовательно это будет + 5 дней от вторника - воскресенье. 1 января 2023 года - воскресенье. Теперь посчитаем сколько прошло обычных и сколько високосных лет между 1918 и 2023 годами:

$$2023 - 1918 = 105 \text{ лет}$$

из которых високосными были:

1920, 1924, 1928, 1932, 1936, 1940, 1944, 1948, 1952, 1956, 1960, 1964,  
1968, 1972, 1976, 1980, 1984, 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008, 2012, 2016, 2020

26 високосных лет, этот же результат можно получить, если взять целое число от деления 105 на 4.

Следовательно общее число обычных лет 79 обычных и 26 високосных лет.

Тогда общее число дней смещения составит:

$$79 + 26 \cdot 2 = 131 = 18 \cdot 7 + 5 \text{ дней}$$

Значит 1 января 1918 года было вторником по григорианскому календарю.

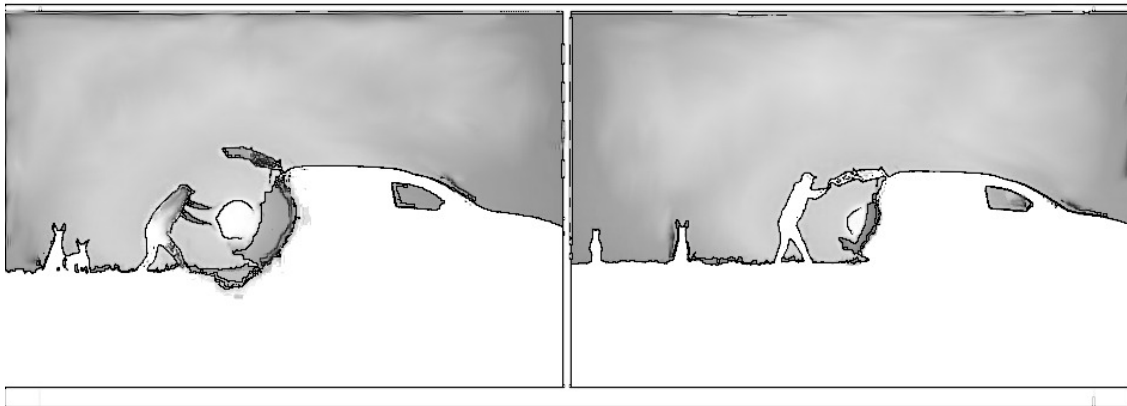
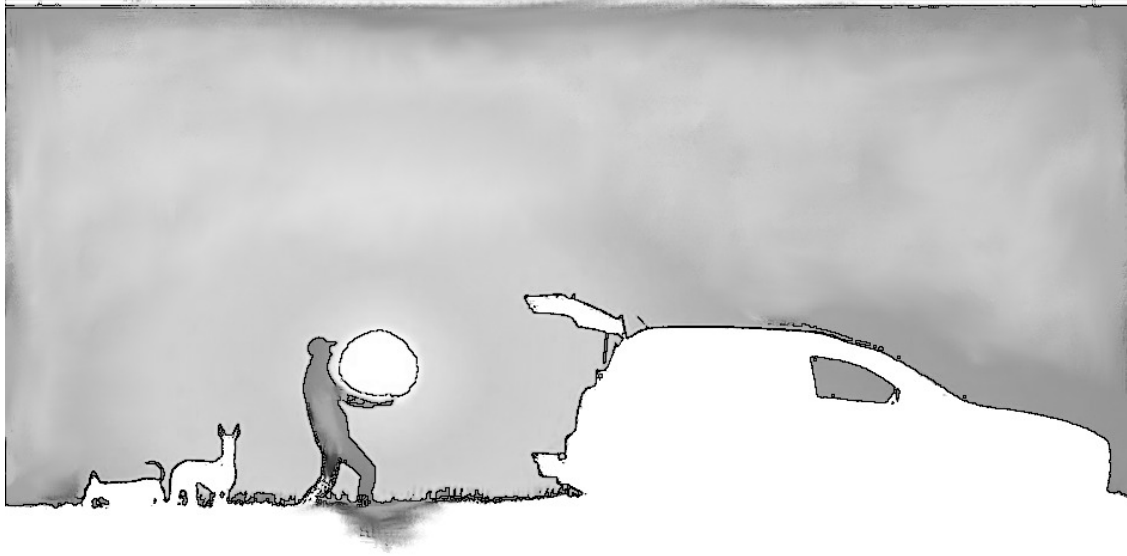
Теперь определим день недели 13 февраля 1918 г по григорианскому календарю:

$$30 + 13 = 43 = 6 \cdot 7 + 1 \text{ день}$$

Следовательно 13 февраля 1918 года по григорианскому календарю, оно же 31 января 1918 г. по юлианскому календарю было средой.

**Ответ.** Первым в феврале 1918 г было 14 февраля. Последний день 31 января 1918 г по юлианскому календарю было средой.

<b>Критерии оценивания</b>	<b>16</b>
Знание разницы между календарями - 13 дней .....	2
Вычисление первого дня февраля .....	4
Определение смещения обычного года .....	1
Определение високосного обычного года .....	1
Определение числа проведенных обычных лет .....	2
Определение числа проведенных високосных лет .....	2
Нахождение смещения в днях недели .....	4

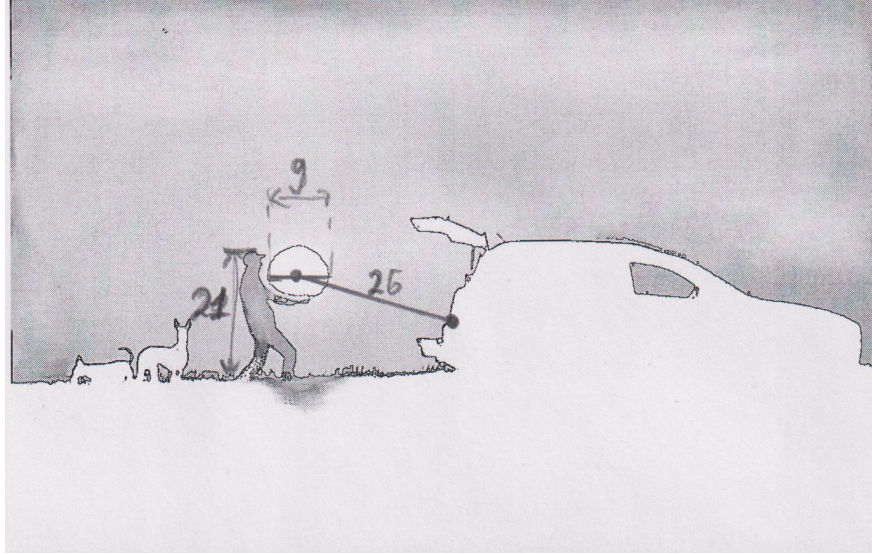


## 7. Закат Солнца вручную

20 баллов

Перед вами несколько негативов фотографий захода Солнца. Определите время между первой и последней фотографиями. Каково расстояние от фотографа до человека с машиной, если средний рост человека 1.8 м. Считать, видимый угловой размер диска Солнца равным  $0.5^\circ$

**Решение.** Для ответа на вопрос о времени необходимо на один рисунок нанести крайние положения Солнца. Необходимо выбрать самый большой рисунок. Считая Машины не подвижной и используя положение центра Солнца на последней фотографии нанесем положения центра солнечного диска - оно окажется в начале багажника автомобиля.



Затем проведем измерения при помощи линейки и надем диаметр Солнца -  $D_{\odot} = 9$  мм, расстояние между центрами изображений Солнца -  $l = 26$  мм и высоту человека -  $h_{man} = 21$  мм

Вспомним, что размер диска Солнца на Земле, составляет  $0.5^{\circ}$  Следовательно  $9$  мм =  $0.5^{\circ}$  и от первого к третьему снимку центр Солнца прошел:

$$\alpha = \frac{26}{9} \cdot 0.5^{\circ} \approx 1.4^{\circ}$$

Поворот Земли на такой угол происходит за:

$$\tau = \frac{1.4^{\circ}}{360^{\circ}} \cdot 24 \cdot 60 = 5.6 \text{ мин}$$

Теперь определим расстояние до фотографа, Для этого вычислим угловой размер человека на фотографии:

$$\theta = \frac{21}{9} \cdot 0.5^{\circ} \approx 1.17^{\circ}$$

Воспользовавшись определением углового размера найдем расстояние:

$$R = \frac{57.3^{\circ}}{1.17^{\circ}} \cdot 1.8 = 88.2 \approx 88 \text{ м}$$

**Ответ.**  $\tau = 5.6$  мин,  $R = 88$  м.



<b>Критерии оценивания</b>	<b>20</b>
Опорный самый большой снимок - первый .....	1
Определение положения центра Солнца с третьего снимка .....	2
Измерение размера Солнца .....	1
Измерение пути центра Солнца .....	1
Определение угла поворота Земли .....	4
Пересчет во время поворота 5.6 мин .....	4
Измерение роста человека .....	1
Определение углового размера человека .....	2
Нахождение расстояния - $R = 88$ м .....	4