

## 10 класс

**Задача №1.** В школьном астрономическом календаре на 2018/2019 г. стр.75, есть такая запись: «В 532 г. до н.э. весной около звезды  $\mu$  Водолея появилась «звезда-гостья», свидетельствует Чжу шу цзинь – один из важных письменных источников по истории Древнего Китая». Что это могло быть за астрономическое явление? Сколько лет назад произошло наблюдение этого события?

**Ответ:** Звёздами-гостями называли появлявшиеся на небе «новые» светила, которые в реальности являлись вспышками новых или сверхновых звёзд. Событие произошло  $532+2018-1=2549$  лет (и несколько месяцев) назад. Число -1 корректирует пропуск в счете лет 0 г.н.э.

### **Критерии оценивания:**

Полный ответ на первый вопрос оценивается в **4 балла**:

- За упоминание «сверхновые звёзды» или «новые звёзды» ставится по 2 балла за каждое
- Упоминание вспыхивающих звёзд без уточнения типа 3 балла.
- Упоминание других типов возможных астрономических явлений не оценивается.

Верное вычисление прошедшего времени оценивается в **4 балла**:

- Ответ в 2549 лет или ответ 2549 с долями года (или месяцами) или ответ 2550 лет, но полученный округлением верного ответа (с явным учетом -1) оценивается в 4 балла
- Ответ «примерно 2550 лет» или 2550 лет (с долями/месяцами или без них, но если он получен сложением 532 и 2018) оценивается в 1 балл

**Итого за задачу:** не более 8 баллов

**Задача №2.** Планеты в Солнечной системе принято разбивать на две группы – планеты-гиганты и планеты земной группы. Перечислите планеты, относящиеся к каждой из этих групп. Перечислите, чем именно характеризуется каждая из этих групп?

**Ответ:** К планетам земной группы относятся – Меркурий, Венера, Земля и Марс. К планетам гигантам относятся: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.

Планеты земной группы:

- имеют твердую поверхность
- состоят в основном из плотных пород (силикатов и металлов)
- находятся во внутренней части Солнечной системы
- отсутствие или малое число спутников (и колец)

Планеты гиганты:

- Не имеют твердой поверхности
- Состоят в основном из водорода и гелия
- Имеют низкую среднюю плотность
- Имеют быстрое вращение вокруг оси
- Имеют большое число спутников и кольца

### **Критерии оценивания:**

- Верные критерии принадлежности к группе планет **по 1 баллу** за каждый критерий, но не более 4 баллов за этот этап.
- Верное перечисление планет по типам **4 балла**.
- Снижает оценку на 1 балл отсутствие планеты в списках (за каждую), ошибочное соотнесение планеты и типа (за каждую), указание Плутона в списках.

**Итого за задачу:** не более 8 баллов (оценка не может быть отрицательной).

**Задача №3.** Для открытия экзопланет можно использовать метод, в котором регистрируется изменение блеска звезды из-за прохождения по её диску (транзита) планеты, обращающейся вокруг этой звезды. Почему первые экзопланеты, открытые этим методом, оказались теми, которые называют «горячими Юпитерами»?

**Ответ:** Такое название «горячие Юпитеры» эти планеты получили из-за того, что их размеры схожи с размерами Юпитера, а температуры очень высоки (сотни и даже тысячи градусов по шкале Цельсия). Такие высокие температуры означают, что расстояние от звезды до планеты невелико. Чтобы в нашей системе планета имела такую температуру её надо поместить внутрь орбиты Меркурия.

Большой размер планеты увеличивает глубину затмения, наблюдаемого при транзите, и вероятность того, что затмение вообще состоится (т.е. вероятность того, что планета частично закроет диск звезды при наблюдении с Земли). Чем больше изменение блеска, тем легче его зарегистрировать.

Близость планеты к центральной звезде увеличивает вероятность того, что с Земли будет наблюдаться затмение. Чем ближе планета к звезде (при прочих равных условиях), тем больше угол, из которого она проецируется на звёздный диск.

**Критерии оценивания:**

- **1 балл** указание на то, что «горячий Юпитер» - это значит большая планета
- **1 балл** указание на то, что «горячий Юпитер» - это значит близкая к звезде планета
- **3 балла** за указание на то, что близость планеты к звезде увеличивает вероятность затмения
- **2 балла** за указание на то, что большой размер планеты увеличивает глубину затмения (или величину изменения блеска), что облегчает регистрацию транзита
- **1 балл** за указание на то, что большой размер планеты увеличивает вероятность затмения (транзита)

**Итого за задачу:** не более 8 баллов.

**Задача №4.** Составьте корректные пары «спутник - планета»:

Деймос	Меркурий
Ганимед	Венера
Фобос	Земля
Луна	Марс
Тритон	Юпитер
Титан	Сатурн
Каллисто	Уран
Европа	Нептун

**Ответ:**

Деймос – Марс  
Ганимед – Юпитер  
Фобос – Марс  
Луна – Земля  
Тритон – Нептун  
Титан – Сатурн  
Каллисто – Юпитер  
Европа – Юпитер

**Критерии оценивания:**

За каждую верную пару ставится 1 балл

За каждую пару с Меркурием и Венерой вычитается по 1 баллу

**Итого за задачу:** не более 8 баллов (оценка не может быть отрицательной).

**Задача №5.** Известно, что звезда Вега ( $\alpha$  Лиры, координаты  $\alpha = 18^{\text{ч}} 37^{\text{м}}$ ,  $\delta = +38^{\circ}47'$ ) в некоторый день прошла через зенит ровно в местную полночь. Определите дату наблюдений и широту места наблюдения.

**Решение:** Нам дано, что Вега проходит через зенит. Это означает, что в момент верхней кульминации Вега находится в зените. Следовательно, взяв формулу верхней кульминации:

$$h_B = (90^\circ - \varphi) + \delta = 90^\circ$$

мы увидим, что для этого случая:

$$\varphi = \delta = 38^\circ 47' \text{ с. ш.}$$

Теперь определим время наблюдений. В условии речь идет о местной полночи. В этот момент Солнце находится в своей нижней кульминации. Это означает, что Вега и Солнце лежат на одном большом круге небесной сферы и их прямые восхождения отличаются на 12ч (или 180°). Т.е. прямое восхождение Солнца будет:  $\alpha = 18\text{ч } 37\text{м} - 12\text{ч } 00\text{м} = 6\text{ч } 37\text{м}$ . Это на 37 минут к востоку от точки летнего солнцестояния, которое Солнце проходит 22 июня. Осталось посчитать за сколько дней Солнце пройдет по эклиптике угол в 37 минут (несмотря на то, что прямое восхождение отсчитывается по небесному экватору, а не по эклиптике, мы будем считать, что отличие в этих углах невелико). Наше светило проходит по эклиптике:

$$\omega_{\odot} = \frac{360^\circ}{365,2426 \text{ дня}} \approx 0,99^\circ \text{ в день}$$

Переведем 37 минут в градусы  $37/4 = 9,25^\circ$ , так как в одном градусе 4 временных минуты. И второй важный фактор – вблизи солнцестояний Солнце движется параллельно небесному экватору, поэтому наклон эклиптики к небесному экватору можно не учитывать. Следовательно, пройдет  $9,25/0,99 \approx 9,3$  дня. И мы получаем дату – 1 июля или самое начало 2 июля (22 июня + 9,3).

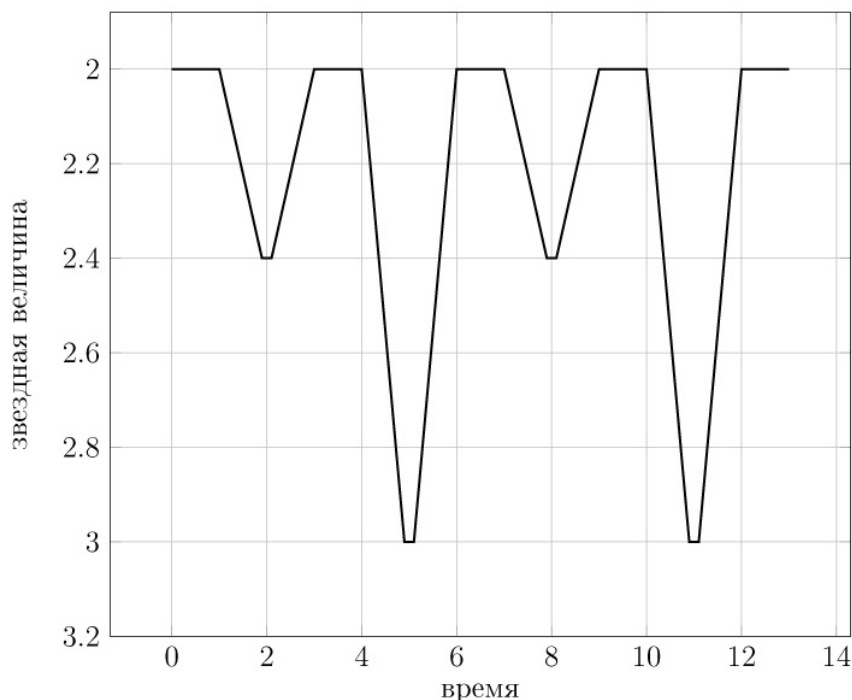
**Ответ:** широта  $\varphi = 38^\circ 47' \text{ с. ш.}$ ; дата 1-2 июля.

**Критерии оценивания:**

- Определение широты места наблюдения 3 балла
- Определение прямого восхождения Солнца 1 балл
- Вывод о близости к точке летнего солнцестояния 1 балл
- Расчет времени, прошедшего со дня солнцестояния, 2 балла
- Правильный итоговый ответ 1 или 2 июля 1 балл

**Итого за задачу:** не более 8 баллов.

**Задача №6.** На рисунке приведена схематическая кривая блеска затменно-переменной звезды. Определите звёздные величины обеих компонент этой двойной системы.



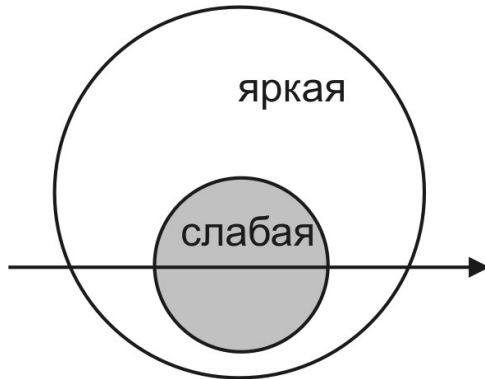
### Решение.

Из графика видно, что суммарный блеск двух компонент (т.е. блеск системы в не затмений) составляет  $m_{sum}=2^m$ . На кривой есть два минимума: в главном минимуме блеск равен  $3^m$ , а во вторичном минимуме  $2,4^m$ .

Первое, на что надо обратить внимание – в минимумах имеются периоды постоянного блеска. Это говорит о том, что затмения в этой двойной системе полные – одна из звёзд полностью скрывается за другой и какое-то время находится за ней (т.к. блеск в минимуме не меняется). Кроме того, наличие плато говорит о том, что размеры звёзд в системе разные.

Нам сразу неизвестны звёздные величины компонент. Возможно два варианта:

- Вариант 1. Блеск одной компоненты  $2,4^m$  и эта звезда больше по размеру и полностью закрывает вторую звезду. Тогда блеск второй компоненты слабее  $3^m$ , и в главном минимуме видны сразу две звезды – более слабая полностью, а более яркая – частично (не видна часть, закрытая слабой звездой).



-- схема главного минимума в 1-м варианте

- Блеск одной компоненты  $3^m$  и эта звезда больше по размеру и полностью закрывает вторую звезду. Тогда блеск второй компоненты слабее  $2,4^m$ , и во вторичном минимуме видны сразу две звезды – более яркая полностью, а более слабая – частично (не видна часть, закрытая яркой звездой)



-- схема вторичного минимума в 2-м варианте

Рассмотрим первый вариант.

Суммарный блеск системы  $m_{sum}=2^m$  (освещенность, создаваемая системой, равна  $E_{sum}$ ), блеск одной компоненты  $m_1=2,4^m$  (освещенность, создаваемая этой компонентой, равна  $E_1$ ). Тогда, в соответствии с формулой Погсона:

$$\frac{E_{sum}}{E_1} = \frac{E_1 + E_2}{E_1} = 1 + \frac{E_2}{E_1} = 10^{-0,4(m_{sum}-m_1)} = 1,445$$

Следовательно,

$$\frac{E_2}{E_1} = 0,445$$

Тогда, в соответствии с формулой Погсона:

$$m_2 - m_1 = -2,5 \lg \frac{E_2}{E_1} = 0,88$$

и

$$m_2 = m_1 + 0,88 = 3,28$$

Рассмотрим второй вариант.

Суммарный блеск системы  $m_{\text{sum}}=2^{\text{m}}$ , блеск одной компоненты  $m_1=3^{\text{m}}$ . Тогда, в соответствии с формулой Погсона:

$$\frac{E_{\text{sum}}}{E_1} = \frac{E_1 + E_2}{E_1} = 1 + \frac{E_2}{E_1} = 10^{-0,4(m_{\text{sum}}-m_1)} = 2,512$$

Следовательно,

$$\frac{E_2}{E_1} = 1,512$$

Тогда, в соответствии с формулой Погсона:

$$m_2 - m_1 = -2,5 \lg \frac{E_2}{E_1} = -0,45$$

и

$$m_2 = m_1 - 0,45 = 2,55$$

**Ответ:** возможно два варианта: 1) система состоит из звёзд  $2,4^{\text{m}}$  и  $3,28^{\text{m}}$ , 2) система состоит из звёзд  $2,55^{\text{m}}$  и  $3^{\text{m}}$ .

**Критерии оценивания:**

- 1 балл за чтение данных с графика (они могут быть вынесены в «дано», выписаны в начале решения или просто использованы в ходе решения) – суммарный блеск, блеск во вторичном и главном минимумах
- 2 балла за описание возможных вариантов (можно использовать сравнение холодная звезда/горячая звезда или сравнивать поверхностные яркости звёзд)
- 2 балла за расчёт звёздных величин в одном из вариантов
- 2 балла за расчёт звёздных величин в другом варианте
- 1 балл за формулировку ответа
- Ответ звёздные величины 3 и  $2,4$  оценивается в 1 балл (за чтение данных с графика)

**Итого за задачу:** не более 8 баллов.