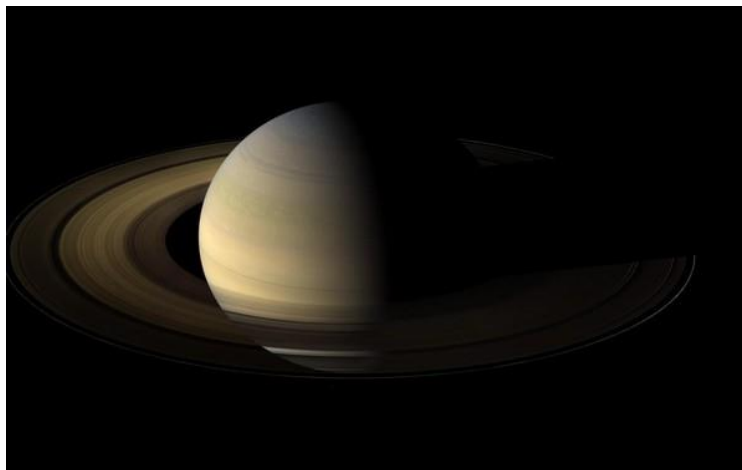


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО АСТРОНОМИИ. 2021–2022 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 8–9 классы

**Задачи 1-2**

1. Какой объект Солнечной системы изображён на рисунке?



Сатурн  
Венера  
Нептун  
Меркурий

2. Почему планета, изображённая на рисунке, освещена только наполовину?  
Выберите наиболее подходящее объяснение.

Наблюдения ведутся с космического аппарата, который находится недалеко от объекта.

Форма этого объекта близка к половине шара.

Наблюдения ведутся с Земли в крупный телескоп, который позволяет рассмотреть подробности освещения планеты.

Наблюдения ведутся с телескопом Хаббла, который обращается вокруг Земли и позволяет рассмотреть подробности освещения планеты.

*Примечание:* фаза внешней планеты при наблюдении с Земли (или с околоземной орбиты) близка к полной.

**Ответ:**

1. Сатурн (2 балла)

2. Наблюдения ведутся с космического аппарата, который находится недалеко от объекта. (3 балла)

**Максимум за задачу 5 баллов.**

### Задача 3

Расставьте в порядке увеличения массы следующие объекты.

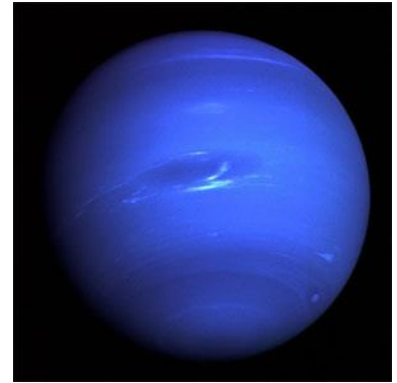
1)



2)



3)



4)



5)

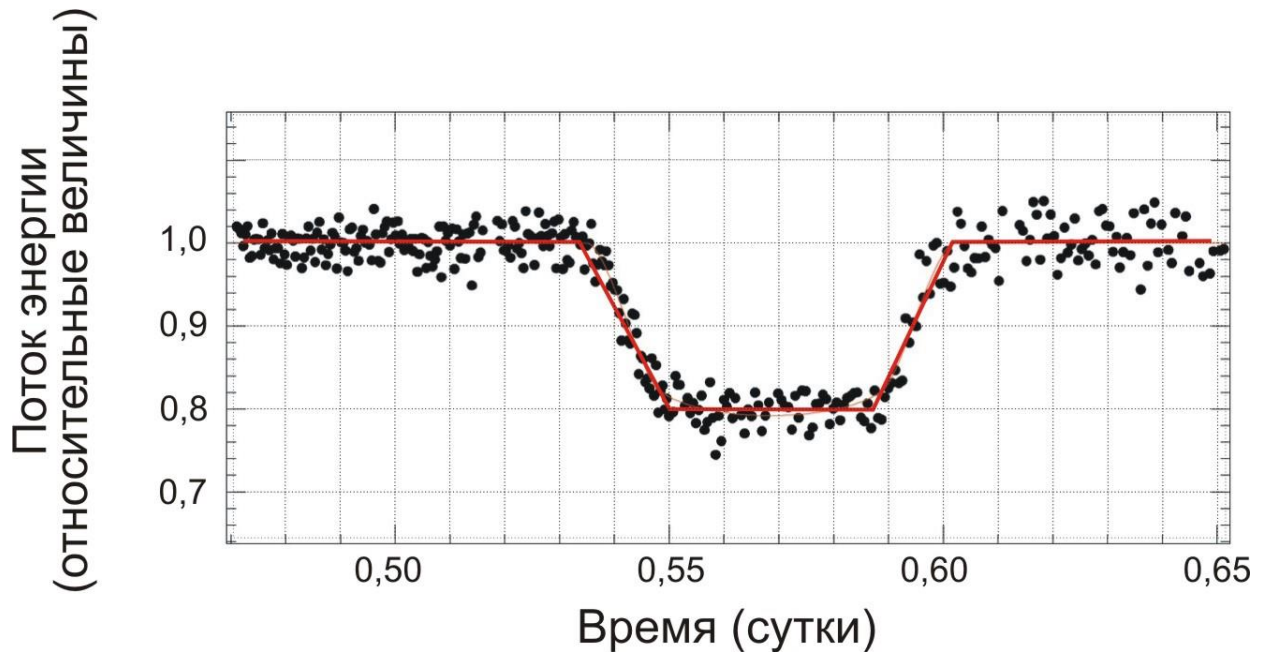


**Ответ: 52431 (3 балла)**

**Максимум за задачу 3 балла.**

### Задачи 4-7

При наблюдениях планетных систем у других звёзд (такие планеты называют экзопланетами) в некоторых случаях можно видеть прохождение экзопланеты по диску звезды. При этом экзопланета закрывает для земного наблюдателя часть диска звезды, что приводит к падению её блеска. Звёзды в подобных системах могут быть самого разного типа и размера. Например, звездой малого размера – красным карликом. На рисунке представлена кривая блеска, зарегистрированная во время прохождения экзопланеты по диску красного карлика. Кривая блеска представлена в виде графика, по оси абсцисс которого отложено время, а по оси ординат – измеренное количество энергии, приходящей от звезды на Землю (за единицу выбрана энергия, регистрируемая вне затмения). Точками показаны отдельные наблюдения, а красная линия соответствует усреднённым данным, по которым и требуется провести измерения. Ответьте на ряд вопросов.



4. Сколько минут длилось прохождение планеты по диску звезды от первого до последнего касания дисков звезды и планеты?
5. Во сколько раз ослабла звезда в минимуме блеска?
6. Является ли прохождение центральным (т.е. совпадают ли в минимуме блеска центры дисков экзопланеты и звезды для земного наблюдателя)?
7. Какую часть площади диска (в процентах) звезды закрыла экзопланета в минимуме блеска (возможным потемнением диска звезды к краю пренебречь)?

**Ответ:**

4. 99; ответ в диапазоне [85;101] минут оценивается в **2 балла**. Ответ в диапазоне [50;58] оценивается **1 баллом**.
5. в 1,25 раза; ответ в диапазоне [1,24;1,26] оценивается в **2 балла**.
6. нельзя ответить однозначно (**1 балл**)
7. 20%; ответ в диапазоне [19;21] оценивается в **2 балла**.

**Максимум за задачу 7 баллов.**

### Задача 8

Как известно, Солнце в течение года движется по небу по эклиптике. Выберите, какие круги и линии оно может пересекать в ходе этого движения для наблюдателя в средних широтах.

небесный экватор  
небесный меридиан  
математический горизонт  
галактический экватор

#### Решение

Экватор (и небесный, и галактический), горизонт, меридиан и эклиптика являются большими кругами небесной сферы. Большие круги обязательно пересекаются в двух точках.

**Ответ:** небесный экватор, небесный меридиан, математический горизонт, галактический экватор (по **1 баллу** за каждый ответ)

*Максимум за задачу 4 балла.*

### Задача 9

В какой интервал попадает параллакс объекта, расстояние до которого равно 55 млн а.е.? Для справки:  $1 \text{ пк} \approx 3 \cdot 10^{16} \text{ м}$ ,  $1 \text{ а.е.} = 150 \text{ млн км}$ .

0,119 .. 0,168"

119 .. 130"

0,011 .. 0,013"

1 .. 1,1"

0,002 .. 0,003"

0,018 .. 0,025"

ни в один из приведённых в списке

**Ответ:** ни в один из приведённых в списке (**3 балла**)

*Примечание:* расстояние 55 млн а.е. надо выразить в парсеках (например, используя справочные данные или помня, что  $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.}$ ):  $55 \text{ млн а.е.}/206265 \approx 267 \text{ пк}$ . Это расстояние соответствует параллаксу  $0,00375''$ . Он не попадает ни в один из интервалов в условии.

*Максимум за задачу 3 балла.*

### Задача 10

Расставьте в порядке увеличения.

- 1) длительность цикла солнечной активности
- 2) период обращения Земли вокруг Солнца
- 3) период обращения Нептуна вокруг Солнца
- 4) осевой период вращения Юпитера
- 5) период обращения Венеры вокруг Солнца
- 6) возраст Солнца
- 7) возраст системы Земля-Луна
- 8) средняя продолжительность жизни человека

**Ответ:** 45218376 (3 балла)

*Максимум за задачу 3 балла.*

### Задача 11

На поверхность некой очень похожей на Землю планеты из протопланетного диска ежесекундно выпадает примерно  $10^{20}$  пылевых частиц. Каждая пылинка представляет шарик радиусом 1 микрометр, состоящий из вещества плотностью  $3000 \text{ кг/м}^3$ . За сколько лет на планету выпадет вещество суммарной массой в 1 массу Луны? Ответ дайте в миллионах лет. *Для справки:* масса Земли равна  $6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ , а масса Луны в 81 раз меньше.

#### Решение

Найдём массу одной пылинки:  $m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho \approx 1,3 \cdot 10^{-14} \text{ кг}$ . Тогда за 1 секунду выпадет  $M = m \cdot 10^{20} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ кг}$ . Для того чтобы набралась масса Луны, потребуется время:  $\frac{6 \cdot 10^{24}}{81M} \approx 5,7 \cdot 10^{16} \text{ с} \approx 1,8 \text{ млрд лет}$ .

**Ответ:** 1800; ответ в диапазоне [1700;2100] оценивается в **6 баллов**.

*Максимум за задачу 6 баллов.*

### Задача 12

На Северном полюсе Земли некая звезда наблюдается на высоте  $59^{\circ}48'$  над горизонтом. На какой максимальной угловой высоте может наблюдаться эта звезда в следующих пунктах Земли (влиянием атмосферы пренебречь)?

Ответ приведите в градусах, округлив до десятых. Например, 34,5.

- 1) Южный полюс Земли
- 2) Северный полюс Земли
- 3) экватор

#### Решение

Склонение звезды также будет равно  $59^{\circ}48'$  или  $59,8^{\circ}$ . Исходя из этого, и надо вычислять координаты в кульминации.

#### Ответ:

- 1)  $-59,8$  (2 балла)
- 2)  $59,8$  (2 балла)
- 3)  $30,2$  (2 балла)

*Максимум за задачу 6 баллов.*

### Задачи 13-17

Межпланетная станция, пересекая орбиту астероида, имеющего период обращения вокруг Солнца ровно 11 лет, отправила сигнал наземному радиотелескопу слежения. Скорость станции относительно Солнца в этот момент была равна  $18$  км/с, а Земля наблюдалась со станции в наибольшей элонгации. Считая орбиты Земли и астероида круговыми, ответьте на ряд вопросов.

**13.** В какой конфигурации будет наблюдаться станция с Земли?

- соединение
- противостояние
- квадратура
- наибольшая элонгация
- эта конфигурация не имеет специального названия
- невозможно указать однозначно

**14.** Чему равен радиус орбиты астероида (ответ укажите в а.е. и округлите до сотых)?

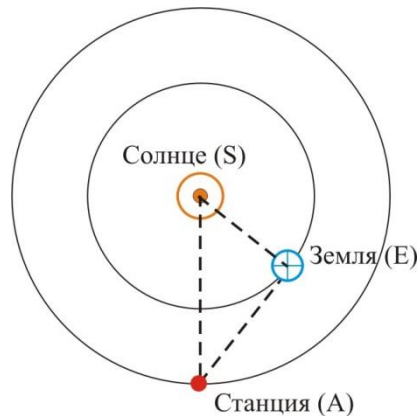
**15.** Чему равно расстояние от станции до Земли (ответ укажите в а.е. и округлите до сотых)?

**16.** Сколько времени будет идти сигнал (ответ укажите в часах и округлите до сотых)?

17. Какой путь пройдёт станция за время, требующееся сигналу для того, чтобы дойти до телескопа (ответ укажите в а.е. с двумя значащими цифрами, например, 0,000012)?

**Решение**

Нарисуем рисунок:



Вычислим радиус орбиты астероида. В соответствии с 3-м законом Кеплера,  
 $a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{121} \approx 4,946 \text{ а.е.}$

По условию Земля находится в наибольшей элонгации. Значит, угол SEA – прямой. Сторона SA = 4,946 а.е. сторона SE = 1 а.е. Отсюда по теореме Пифагора расстояние Земля-Станция равно  $\sqrt{4,946^2 - 1^2} = 4,844 \text{ а.е.}$

Это расстояние радиоволны пройдут за время  $4,844 \cdot \frac{150000000}{300000} = 2422 \text{ с} \approx 0,673 \text{ ч.}$

За это время станция пролетит  $\frac{18}{300000} \cdot 4,844 \text{ а.е.} = 0,000291 \text{ а.е.}$

**Ответ:**

13. квадратура (2 балла)

14. 4,95. Ответ в диапазоне [4,9;5] а.е. оценивается в 4 балла, без округления до сотых – 3 балла.

15. 4,84. Ответ в диапазоне [4,8;4,9] а.е. оценивается в 3 балла, без округления до сотых – 2 балла.

16. 0,67. Ответ в диапазоне [0,66;0,69] ч оценивается в 2 балла, без округления до сотых – 1 балл.

17. 0,00029. Ответ в диапазоне [0,00027;0,00031] а.е. оценивается в 2 балла, без округления до 2 значащих цифр – 1 балл.

**Максимум за задачу 13 баллов.**

**Всего за работу – 50 баллов.**