

**Ключи к заданиям муниципального этапа  
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии  
2023-2024 учебного года  
9 класс**

**1 задание (2 балла)**

Расположите расстояния в порядке увеличения:

1. Расстояние от Земли до Солнца
2. 100 миллион километров
3. 1.5 а.е.
4. 10 миллиард километров
5. Расстояние от Луны до Земли

**Решение**

Для простоты переведём указанные величины в одни и те же системные единицы:

- 1) Расстояние от Земли до Солнца, по определению, равно 1 астрономической единице (1 а.е.) =  $1.5 \cdot 10^{11}$  м.
- 2) 100 миллион километров, это  $100 \cdot 10^6$  км =  $100 \cdot 10^9$  м =  $10^{11}$  м
- 3) 1.5 а.е. =  $2.25 \cdot 10^{11}$  м
- 4)  $10 \cdot 10^9$  км =  $10 \cdot 10^{12}$  м =  $10^{13}$  м
- 5) Насколько мы знаем, Луна сильно ближе к Земле, чем к Солнцу, т.е. меньше всех остальных величин ( $384000$  км =  $3.84 \cdot 10^8$  м)

**Ответ**

5, 2, 1, 3, 4;

**ИЛИ** последовательно расположены соответствующие позиции в текстовом варианте, то есть

1. Расстояние от Луны до Земли
2. 100 миллион километров
3. Расстояние от Земли до Солнца
4. 1.5 а.е.
5. 10 миллиард километров

№	Критерии	Оценка
1	Дана верная последовательность объектов.	2
	Дана неверная последовательность объектов	0
	<b>ИТОГО</b>	<b>2</b>

## 2 задание (3 балла)

Рядом со звездой Бетельгейзе находится яркий объект. В каком созвездии находится звезда? Какие из перечисленных объектов могут находиться в этом созвездии?

1. Венера
2. Комета
3. Искусственный спутник Земли
4. Марс
5. Луна

### Решение

Бетельгейзе – звезда, находящаяся в созвездии Ориона. Видимое движение планет приходится на эклиптику. Видимое движение Луны приходится на эклиптику с разбросом в  $5^\circ$ . Кометы и искусственные спутники Земли не привязаны к определенной плоскости.

### Ответ

Созвездие Ориона; объекты 2, 3 (комета и искусственный спутник Земли) (порядок расположения объектов не важен).

№	Критерии	Оценка
1	Написано, что звезда Бетельгейзе находится в созвездии Ориона; <b>ИЛИ</b> Написано, что звезда Бетельгейзе находится в незодиакальном созвездии; <b>ИЛИ</b> Написано, что Орион – не зодиакальное созвездие.	1
	Созвездие определено неверно.	0
2	Перечислены <b>только</b> два объекта, которые могут находиться в созвездии.	2
	Перечислены два объекта, которые могут находиться в созвездии <b>И</b> добавлен один объект, которые не может находиться в данном созвездии; <b>ИЛИ</b> Указан <b>только</b> один из двух объектов, которые могут находиться в созвездии	1
	В перечислении есть два и более объектов, которые не могут находиться в созвездии. <b>ИЛИ</b> Не указано ни одного объекта, входящего в правильный ответ.	0
	<b>ИТОГО</b>	3

**3 задание (2 балла)**

Молекула гидроксила ОН в межзвездной среде была открыта в 1963 году. Сколько високосных годов прошло с того момента?

**Решение**

Правило високосных годов в григорианском календаре: каждый 4-ый месяц високосный, но не каждый 100-ый год, за исключением каждого 400-ого. Задачу можно решить перебором. Так, високосные года: 2020, 2016, 2012, 2008, 2004, 2000 (кратен 400), 1996, 1992, 1988, 1984, 1980, 1976, 1972, 1968, 1964. Всего 15 високосных годов

**Ответ**

15 високосных годов

№	Критерии	Оценка
1	Указано верное количество високосных годов	2
	Указано НЕ верное количество високосных годов	0
	<b>ИТОГО</b>	2

**4 задание (4 балла)**

Какие планеты нельзя увидеть рядом с Луной в полнолуние?

**Решение**

В полнолуние Луна находится в противоположном направлении от Солнца, а значит те планеты, которые всегда находятся рядом с Солнцем – внутренние планеты, видны рядом с полной луной не будут. Внутренними планетами по отношению к Земле являются Меркурий и Венера.

**Ответ**

Внутренние планеты

**ИЛИ**

Меркурий и Венера

№	Критерии	Оценка
1	Указаны <b>только</b> обе планеты из ответа; <b>ИЛИ</b> Указано, что будут видны только внутренние планеты.	4
	Указаны обе планеты из ответа <b>И</b> указана ещё какая-то планет Солнечной системы; <b>ИЛИ</b> Указана <b>только</b> одна планета из ответа.	2
	Указано более двух планет, не входящих в правильный ответ <b>ИЛИ</b> Указано ни одной планеты из ответа	0
	<b>ИТОГО</b>	4

**5 задание (4 балла)**

Расположите объекты в порядке их удаления от планеты Земля (начиная с самого близкого и заканчивая самым отдаленным)

1. Меркурий
2. Туманность Андромеды (M 31)
3. Система спутниковой навигации GPS.
4. Проксима Центавра
5. Планетарная туманность Гантель (M 27)
6. Плутон

**Ответ**

316452

**ИЛИ** последовательно расположены соответствующие позиции в текстовом варианте, то есть

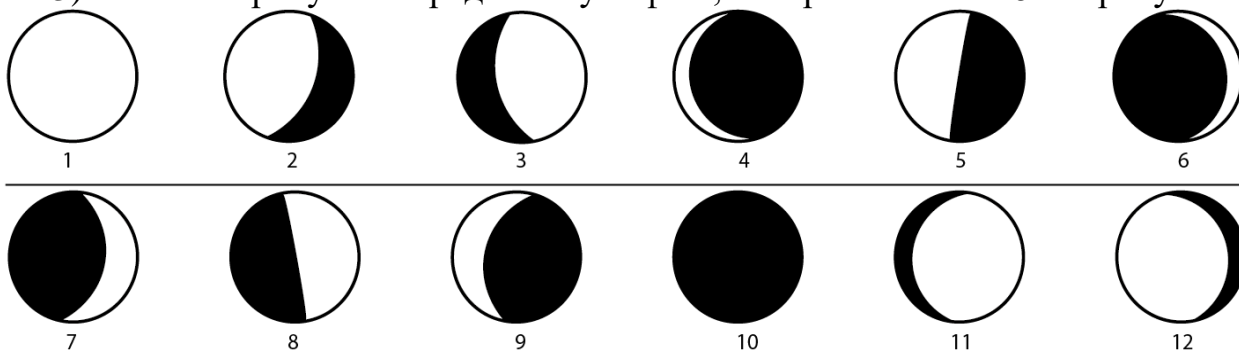
1. Система спутниковой навигации GPS
2. Меркурий
3. Плутон
4. Проксима Центавра
5. Планетарная туманность Гантель (M 27)
6. Туманность Андромеды (M 31)

№	Критерии	Оценка
1	Указана верная последовательность объектов	4
	Указана последовательность объектов с точностью до одной близкой перестановки	2
	В любом другом случае	0
	<b>ИТОГО</b>	<b>4</b>

**6 задание (5 баллов)**

На рисунке 1 представлены различные пронумерованные в произвольном порядке фазы Луны (белое - освещенная часть луны, черное - тёмная часть луны). Наблюдения Луны были сделаны из различных регионов России. Дайте ответ на вопросы, указывая номер соответствующего рисунка:

- 1) Какие фазы соответствуют растущей Луне (полнолуние и новолуние не включать в ответ)
- 2) В какой момент Луна ближе всего к Солнцу?
- 3) Какой из рисунков предшествует фазе, изображенной на 5-ом рисунке?

**Ответ**

- 1) 3, 6, 7, 8, 11
- 2) 10
- 3) 2

№	Критерии	Оценка
1	На первый вопрос задачи перечислены правильные номера. Допускается наличие номеров 1 и 10.	3
	В ответе на первый вопрос: не указан один из номеров; <b>ИЛИ</b> указан лишний номер (помимо 1 и 10)	1
	На первый вопрос дан любой другой ответ	0
2	В ответе на второй вопрос дан верный ответ	1
	В ответе на второй вопрос дан неверный ответ	0
3	В ответе на третий вопрос дан верный ответ	1
	В ответе на третий вопрос дан неверный ответ	0
	<b>ИТОГО</b>	<b>5</b>

**7 задание (4 балла)**

Все из перечисленных спутников принадлежат планетам Солнечной системы. Каких из них обращаются вокруг планет-гигантов?

1. Европа
2. Фобос
3. Титан
4. Диона
5. Белинда
6. Тритон
7. Деймос

**Решение**

У каменных планет (Меркурий, Венера, Земля, Марс) суммарно есть только три спутника: Луна (у Земли), Фобос (у Марса), Деймос (у Марса). Поскольку все из перечисленных в списке задания объекты являются спутниками планет Солнечной системы, то они все помимо этих трех являются спутниками планет-гигантов.

**Ответ**

1, 3, 4, 5, 6

**ИЛИ**

Европа, Титан, Диона, Белинда, Тритон

№	Критерии	Оценка
1	Дан верный ответ на задачу	4
	Какой-то из номеров ответа пропущен <b>И</b> не указан Деймос и Фобос	2
	В любом другом случае	0
	<b>ИТОГО</b>	4

**8 задание (8 баллов)**

Большая полуось орбиты спутника Юпитера Ио составляет  $4,28 \cdot 10^5$  км. В свою очередь, большая полуось орбиты другого спутника Юпитера – Ганимеда, составляет  $10,07 \cdot 10^5$  км, а период обращения 7,15 суток. Орбиты спутников практически круговые.

- 1) Определите период обращения Ио вокруг Юпитера;
- 2) Определите линейную скорость Ио.

**Решение**

- 1) Воспользуемся третьим законом Кеплера в применении к Ганимеду и Ио,

$$\frac{T_{\Gamma}^2}{T_{\text{И}}^2} = \frac{a_{\Gamma}^3}{a_{\text{И}}^3} \Rightarrow T_{\text{И}} = T_{\Gamma} \sqrt{\frac{a_{\Gamma}^3}{a_{\text{И}}^3}} = 7.15 \text{ (сут)} \cdot \sqrt{\frac{10.07^3}{4.28^3}} = 28.80 \text{ сут}$$

$$28.80 \text{ сут} = 619.3 \text{ ч} = 2.23 \cdot 10^6 \text{ с} = 0.0788 \text{ зем г}$$

Здесь  $T_{\Gamma}$ ,  $T_{\text{И}}$  – периоды обращения планеты вокруг Юпитера для Ганимеда и Ио соответственно,  $a_{\Gamma}$ ,  $a_{\text{И}}$  – большие полуоси орбит Ганимеда и Ио соответственно

- 2) Поскольку орбита движения Ио практически круговая (большая полуось в этом случае является радиусом окружности), то справедлива формула для кругового движения

$$v = \omega R \Rightarrow \left[ \omega = \frac{2\pi}{T} \right] \Rightarrow v = \frac{2\pi R}{T} \equiv \frac{2\pi a}{T} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 10.07 \cdot 10^5 \text{ (км)}}{28.80 \text{ (сут)}}$$

$$v = 2.20 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{сут}} = 2.20 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сут}} = 2541 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 2.541 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

**Ответ**

$$T_{\text{И}} = 28.80 \text{ сут} = 619.3 \text{ ч} = 2.23 \cdot 10^6 \text{ с} = 0.0788 \text{ зем г}$$

$$v = 2.20 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{сут}} = 2.20 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{сут}} = 2541 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 2.541 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

**Примечание**

- 1) При решении задачи может быть применина «гармония мира»:

$$T^2(\text{сут}) = a^3(\text{зем г})$$

В этом случае его нельзя приравнять к третьему закону Кеплера, поскольку данное уравнение применяется к телам, тяготеющий центр которых является Солнце. В свою очередь, тяготеющим центром в этой задаче является Юпитер.

За первый критерий выставляется 1 балл. Ответом на критерий 2 в этом случае считать  $T_{\text{И}} = \sqrt{a_{\text{И}}^3}$ . Критерий 3 получает 0 баллов. Критерий 4 оценивается согласно критериям. Критерий 5 получает 1 балл, если при подстановке верного значения большой полуоси получается верный ответ на задачу, в противном случае 0 баллов.

№	Критерии	Оценка
1	Записан третий закон Кеплера в явном или неявном виде (см прим. 1) <b>ИЛИ</b> За критерий 2 стоит 1 балл.	2
	Использована гармония мира (см прим. 1)	1
	В решении задачи нет упоминания закона Кеплера	0
2	Получена или записана формула для вычисления периода обращения спутника Ио	1
	В решении отсутствует формула расчета обращения спутника Ио	0
3	Получено правильное численное значение периода обращения Ио.	1
	Полученное значение периода обращения Ио не совпадает с ответом более, чем на 10%	0
4	Записана или использована связь угловой и линейной скоростей <b>ИЛИ</b> Записана или использована связь линейной скорости с радиусом/большой полуосью орбиты и периодом обращения спутника	2
	Отсутствует связь угловой и линейной скорости <b>ИЛИ</b> Отсутствует связь линейной скорости с радиусом/большой полуосью орбиты и периодом обращения спутника	0
5	Получено правильное значение линейной скорости Ио.	2
	Полученное значение линейной скорости Ио не совпадает с ответом более, чем на 10%	0
	<b>ИТОГО</b>	8



**9 задание (8 баллов)**

Годичный параллакс Сириуса для земного наблюдателя составляет  $0,38''$ . Определите годичный параллакс для наблюдателя с Нептуна. Большая полуось орбиты Нептуна 30 а.е., орбита практически круговая.

**Решение**

Воспользуемся формулой годичного параллакса (здесь принято обозначений  $p$  – годичный параллакс)

$$L \text{ (пк)} = \frac{1 \text{ а. е.}}{p_3''}$$

Или

$$L \text{ (пк)} = \frac{a_3 \text{ (а. е.)}}{p_3''}$$

Здесь  $p_3''$  - годичный параллакс для наблюдателя с Земли. В записанной формуле 1 а.е. (или  $a_3$ ) – это расстояние от Солнца до Земли. С учетом, что расстояние от Солнца до звезды одинаковое, получаем

$$L = \frac{1 \text{ а. е.}}{p_3''} = \frac{30 \text{ а. е.}}{p_N''}$$

$$p_N'' = p_3'' \cdot \frac{30 \text{ а. е.}}{1 \text{ а. е.}} = 0,38'' \cdot 30 = 11,4''$$

**Ответ**

11,4''

**Примечание**

- 1) Другие возможные формы записи формулы годичного параллакса, которые могут быть выведены:

$$L = \frac{a}{tg(p)}$$

$$L = \frac{a}{sin(p)}$$

$$L = \frac{a}{p \text{ (радианы)}}$$

- 2) Если в решении использована формула **без указания размерности величин в формуле**, при этом совершена численная ошибка, то считать записанную формулу неправильной.

**10 задание (8 баллов)**

Основная часть массы колец Сатурна простирается от 74500 км до 136800 км от центра планеты. Толщина колец в среднем составляет 10 м. Состоят они из льдинок, средний диаметр которых достигает 5 см. Оцените количество льдинок, если только 3% от объема колец приходится на вещество.

**Решение**

Объем диска, как объем цилиндра с большим радиусом «минус» объем цилиндра с малым радиусом,

$$V = \pi r^2 h,$$

Где  $V$  – объем цилиндра,  $r$  – радиус основания цилиндра,  $h$  – высота цилиндра. Тогда

$$V_{\text{д}} = V_{\text{б}} - V_{\text{м}} = \pi h(R^2 - r^2) = 3.14 \cdot 10(1.87 \cdot 10^{16} - 0.55 \cdot 10^{16})$$

$$V_{\text{д}} = 41,4 \cdot 10^{16} \text{ м}^3 = 41,4 \cdot 10^7 \text{ км}^3$$

Здесь  $V_{\text{б}}$  и  $V_{\text{м}}$  объемы большого и малого цилиндров соответственно. Найдем объем, на который приходится вещество, домножим на коэффициент  $\eta = 0.03$ ,

$$V_{\text{в}} = V_{\text{д}} \eta = \eta \pi h(R^2 - r^2) = 1.24 \cdot 10^{16} \text{ м}^3 = 1.24 \cdot 10^7 \text{ км}^3$$

Найдем объем, занимаемый  $N$  частицами, как маленьких сфер

$$V_{\text{ч}} = N \cdot \frac{4}{3} \pi \rho^3 = N \cdot \frac{1}{6} \pi d^3$$

Здесь  $\rho$  – радиус частицы. Объем вещества полностью приходится на объем частиц

$$V_{\text{ч}} = V_{\text{в}}$$

$$N \cdot \frac{1}{6} \pi d^3 = \eta \pi h(R^2 - r^2)$$

$$N = \frac{6\eta h(R^2 - r^2)}{d^3} = 1,9 \cdot 10^{20}$$

**Ответ**

$$1,9 \cdot 10^{20}$$

№	Критерии	Оценка
1	Явно указана или использована формула объема цилиндра	1
	В решении отсутствует формула объема цилиндра	0
2	Явно указана или использована формула объема шара	1
	Расчет годичного параллакса для Нептуна отсутствует	0
3	Получена формула расчета объема диска Юпитера <b>ИЛИ</b> Рассчитан объем диска Юпитера	2
	В решении отсутствует формула расчета объема диска Юпитера	0
4	Получена формула объема для всех частиц	1
	Отсутствует формула для объема всех частиц	0
5	Есть формула взаимосвязи объема всех частиц и объема диска	1
	Отсутствует формула взаимосвязи объема всех частиц и объема диска	0
6	Написана формула для нахождения частиц	1
	Формула для нахождения всех частиц отсутствует	0
7	Получен численно правильный ответ	1
	Получен ответ с ошибкой более 10% от правильного	0
	<b>ИТОГО</b>	<b>8</b>