

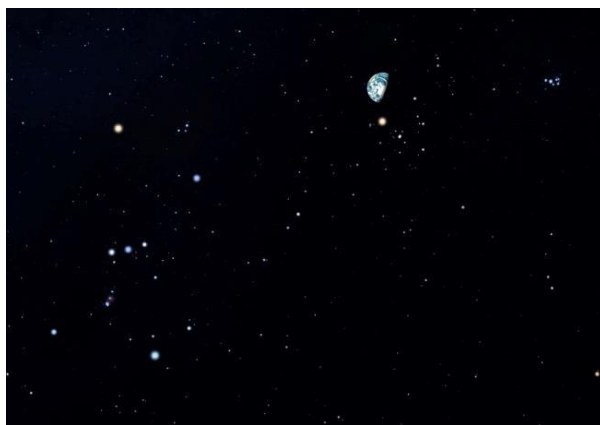
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2023-2024 гг.
7 класс
КРИТЕРИИ

Задача №1 (3 балла)

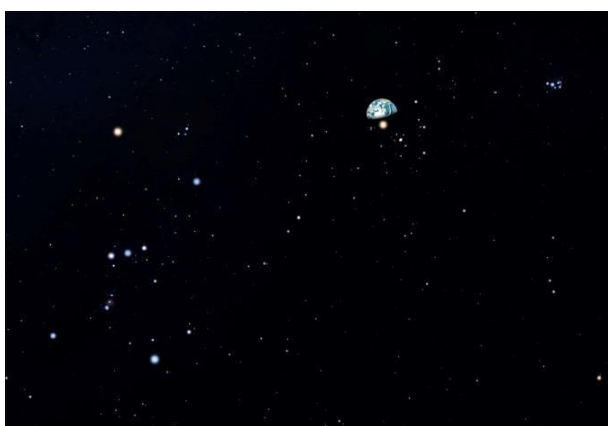
На рисунках ниже приведены зарисовки неба, сделанные с поверхности Луны. Отметьте номера рисунков, которые **не** содержат астрономических ошибок.



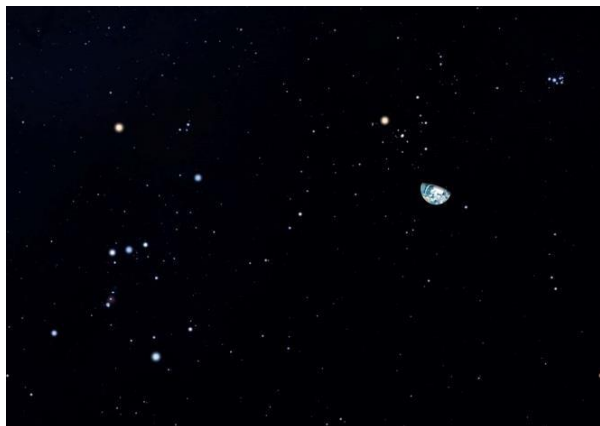
1)



2)



3)



4)

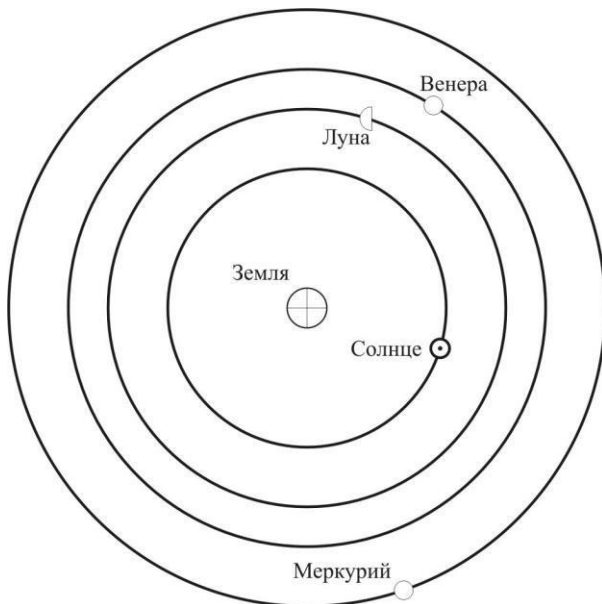
Ответ: 2 (3 балла)

За ответ 4 или 2,4 ставится 1 балл; любые другие комбинации – оценка 0 баллов.

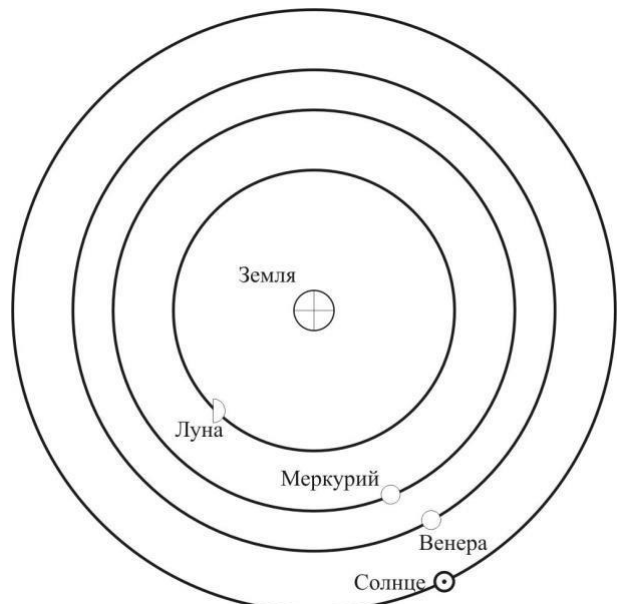
Примечание: варианты 1 и 3 содержат явно ошибочные рисунки (на №1 Земля расположена в Кассиопее и имеет очень большие угловые размеры – в 5–6 раз больше реальных; на №3 – на фоне тёмной стороны Земли виден Альдебаран), вариант №4 показывает Землю в том участке неба, в котором она может находиться, однако положение терминатора и величина фазы указывают на то, что Солнце находится вблизи Южного полюса мира, чего не может быть.

Задача №2 (3 балла)

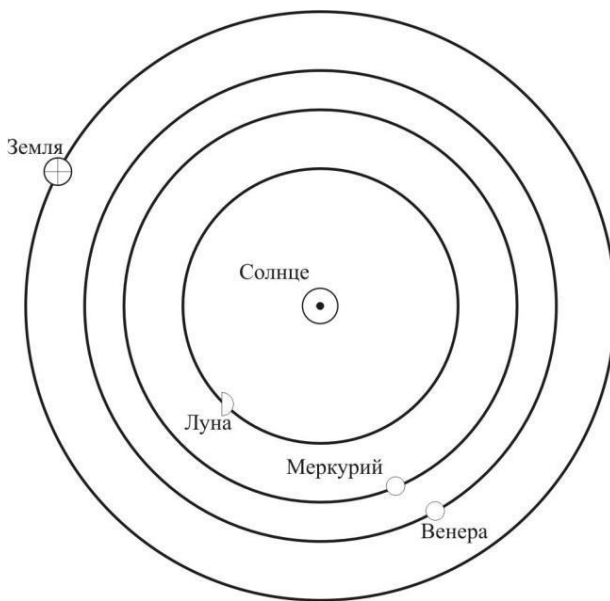
Средневековый астроном подготовил несколько рисунков, объясняющих положение деферентов (т.е. орбит) некоторых планет. Их эскизы приведены на рисунках. Лишь один из представленных рисунков не имеет ошибок с точки зрения геоцентрической системы мира Птолемея. Какой?



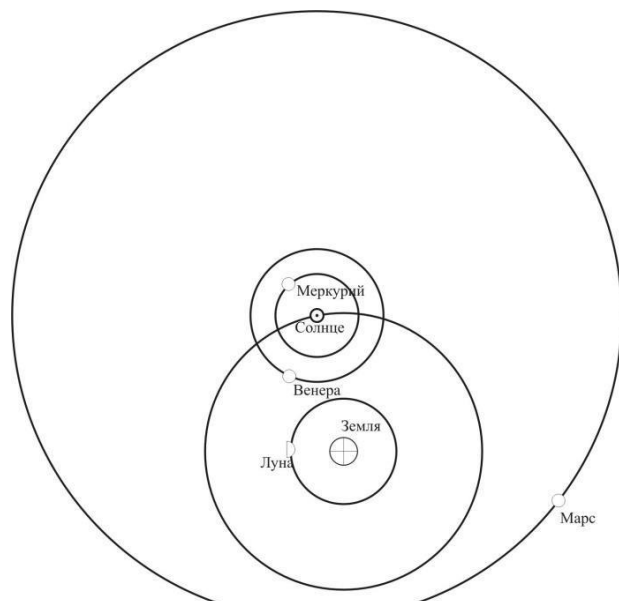
1)



2)



3)



4)

Ответ: 2 (3 балла)

Примечание: на рисунке №1 Венера и Меркурий отстоят слишком далеко от Солнца, чего в реальной жизни не наблюдается, о чём, разумеется, средневековый астроном должен быть осведомлён. На рисунке №3 изображена гелиоцентрическая система мира, а на №4 – система Тихо Браге.

Задача №3 (3 балла)

В какой интервал расстояний попадает расстояние до объекта, имеющего параллакс 0,013"?

0,012 .. 0,015 кпк

129 .. 140 пк

0,07 .. 0,1 пк

0,7 .. 1 Мпк

10^5 .. 10^6 а.е.

7,5 .. 8,0 пк

ни в один из приведённых в списке

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

Примечание: параллакс 0,013" соответствует расстоянию $1/0,013 \approx 77$ пк.

Максимум за задачу 3 балла.

Задача №4 (3 балла)

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 №5 (6 баллов)

На поверхность некой очень похожей на Землю планеты каждую секунду из околопланетного диска выпадает примерно 1000 трлн песчинок. Каждая песчинка представляет собой шарик массой 0,0003 грамма. За сколько лет на планету выпадет вещество суммарной массой в 1 массу Луны? Ответ приведите в миллионах лет. *Для справки:* масса Земли равна $6 \cdot 10^{24}$ кг, а масса Луны в 81 раз меньше.

Решение

Определим суммарную массу песчинок, выпадающих на планету за 1 секунду: $0,0003 \text{ г} \cdot 1000 \cdot 10^{12} = 3 \cdot 10^{11} \text{ г} = 3 \cdot 10^8 \text{ кг}$. Масса Луны равна $6 \cdot 10^{24} / 81 \approx 7,4 \cdot 10^{22} \text{ кг}$. Такая масса наберётся за $7,4 \cdot 10^{22} / 3 \cdot 10^8 = 2,47 \cdot 10^{14} \text{ с} \approx 8 \text{ млн лет}$.

Ответ: 8; ответ в диапазоне [7;9] оценивается в 6 баллов.

Максимум за задачу 6 баллов.

Задачи №6–8 (8 баллов)

В таблице приведены параметры астероидов, характеризующие их орбиты. Орбиты всех тел считать круговыми и лежащими в плоскости эклиптики. Для справки: 1 а.е. = 150 млн км.

Астероид №	Свойство орбиты астероида
1	Внешняя орбита (по отношению к земной). Минимальное расстояние до Земли 50 млн км.
2	Радиус орбиты 1,2 а. е.
3	Максимальное расстояние до Земли 450 млн км.
4	Радиус орбиты 0,82 а. е.

№6. Какой из перечисленных астероидов может сильнее других приближаться к Земле?

Ответ: 4

№7. Какой из перечисленных астероидов для наземного наблюдателя в ходе орбитального движения изменяет свой видимый угловой диаметр сильнее всего (в большее число раз)?

Ответ: 2

№8. Какой из перечисленных астероидов для земного наблюдателя никогда не бывает в противостоянии?

Ответ: 4

Критерии оценивания

№6. За верный выбор +2 балла.

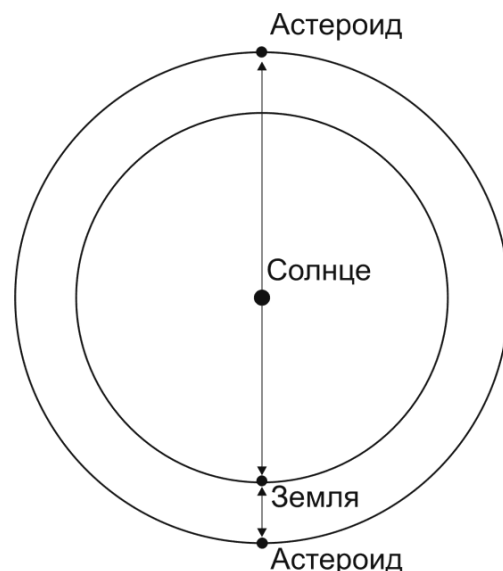
№7. За верный выбор +4 балла.

№8. За верный выбор +2 балла.

Решение

Угловой размер α вычисляется по формуле $\alpha = \frac{r}{R}$, где r – диаметр тела, а R – расстояние до него от наблюдателя. Максимальным угловой размер будет в самой близкой наблюдателю точке орбиты, а минимальным в наиболее удалённой.

Таким образом, чтобы найти, в какое максимальное число раз изменится угловой размер в ходе орбитального движения (астероида и Земли) надо найти отношение расстояний в указанных двух точках. И выбрать тот астероид, у которого оно максимально.



Обратите внимание, что про астероид №3 не сказано, внешний он или внутренний. Однако надо понимать, что в обоих случаях максимальным будет расстояние в

верхнем соединении (т.е. когда объект находится за Солнцем). Рассмотрим 2 случая:

- 1) астероид внешний. В этом случае в противостоянии будет расстояние 1 а.е. (т.к. в соединении по условию было 3 а.е.);
- 2) астероид внутренний. Но тогда, чтобы за Солнцем оказаться на расстоянии в 3 а.е. от Земли, он должен будет уйти за орбиту Земли. Это противоречит условию – значит, астероид внешний.

Переведём все заданные в условии единицы в а.е., вычислим для каждого астероида максимальное и минимальное расстояния, а также отношение R_{\max}/R_{\min} и (для удобства) заполним таблицу:

№	R_{\min}	R_{\max}	R_{\max}/R_{\min}
1	$\approx 0,33$ а.е.	$\approx 2,33$ а.е.	7
2	0,2 а.е.	2,2 а.е.	11
3	1 а.е.	3 а.е.	3
4	0,18 а.е.	1,82 а.е.	10

Отношение R_{\max}/R_{\min} максимально для астероида №2. Именно он и будет показывать самое большое (в числе раз) изменение углового диаметра в ходе своего орбитального движения.

На самом деле можно было не проводить вычисления для всех тел из таблицы. Можно увидеть, что максимальное изменение углового размера показывают лишь тела, проходящие наиболее близко к Земле (очень далёкие планеты, например, Уран или Нептун, всегда видны с Земли практически под одним углом). Поэтому достаточно было бы сравнить между собой астероиды №2 и №4.

На самом деле можно было не проводить вычисления для всех тел из таблицы. Можно увидеть, что максимальное изменение углового размера показывают лишь тела, проходящие наиболее близко к Земле (очень далёкие планеты, например, Уран или Нептун, всегда видны с Земли практически под одним углом). Поэтому достаточно было бы сравнить между собой астероиды №2 и №4.

Действительно, можно записать отношение R_{\max}/R_{\min} для внешних планет так:

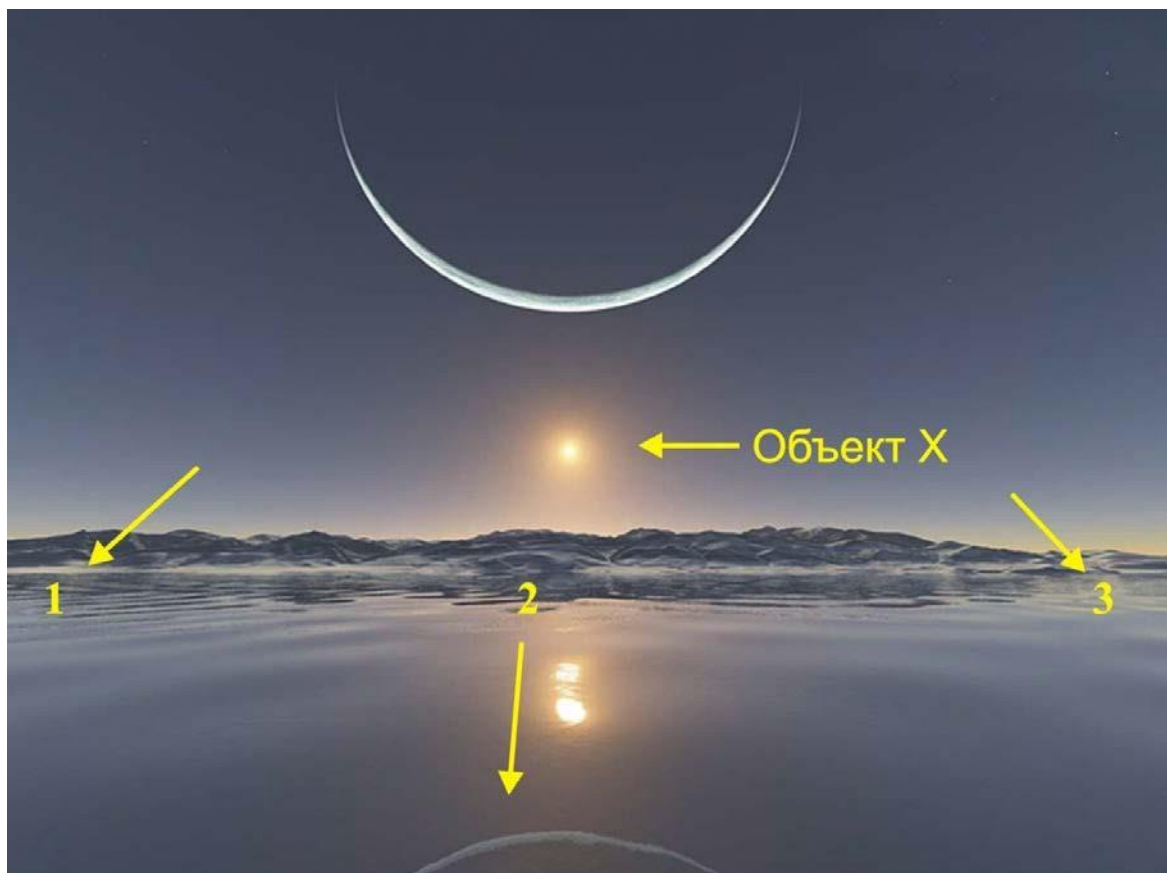
$\frac{R_{\max}}{R_{\min}} = \frac{a+1 \text{ а.е.}}{a-1 \text{ а.е.}}$, где a – большая полуось орбиты планеты. Видно, что по мере роста a приведённое отношение будет стремиться к 1 (т.е. угловой размер будет меняться всё меньше и меньше). Аналогичное соотношение для внутренних планет: $\frac{R_{\max}}{R_{\min}} = \frac{a+1 \text{ а.е.}}{1 \text{ а.е.}-a}$. По мере уменьшения размера орбиты отношение также стремится к 1.

В противостоянии нельзя наблюдать внутренние тела, орбиты которых лежат внутри орбиты Земли. Из перечисленных в таблице астероидов под это условие подходит только астероид №4.

Максимум за задачи 8 баллов.

Задачи №9-10 (8 баллов)

На рисунке изображена Луна (лунный месяц). Наблюдатель находится в северном полушарии Земли.



9) Где в этот момент находится Солнце?

1. под горизонтом в направлении 1
2. **под горизонтом в направлении 2 (4 балла)**
3. под горизонтом в направлении 3
4. объект X – это Солнце

10) В какой фазе изображена Луна?

1. растущая Луна вблизи новолуния
2. **стареющая Луна вблизи новолуния (4 балла)**
3. первая четверть
4. последняя четверть

Максимальная оценка за задание 8 баллов.

Радиус Луны равен 1737 км.

11) Чему равна длина лунного экватора? Ответ выразите в километрах.

12) Чему равна длина 1 угловой секунды дуги лунного экватора? Ответ выразите в метрах. *Для справки:* в 1 градусе содержится 60 угловых минут; в 1 угловой минуте содержится 60 угловых секунд; длину окружности можно вычислить по формуле: $L = 2\pi R$.

Решение

Найдём длину экватора Луны:

$$L = 2\pi R \approx 2 \cdot 3,14 \cdot 1737 \approx 10910 \text{ км.}$$

Эта длина соответствует углу 360° . Значит длина 1° дуги экватора равна $L/360$. Длина $1'$ дуги будет в 60 раз меньше, а $1''$ – ещё в 60 раз меньше:

$$l = \frac{L}{360 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{10910000}{1296000} \approx 8,5 \text{ м.}$$

Ответ:

11) 10908 (**4 балла** при ответе в интервале [10400; 10960], другие ответы – 0 баллов)

12) 8,5 (**8 баллов** при ответе в интервале [8; 9], другие ответы – 0 баллов)

Максимальная оценка за задание 12 баллов.

