

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
2023-2024 учебный год
9 класс
Максимальный балл – 50 баллов**

Задача №1. «Загадочная Венера». (Максимальный балл – 8 баллов)

Галилей нашел убедительные доказательства правоты Коперника, пронаблюдав полную последовательность фаз Венеры. Оцените, какое минимальное время должны были у него занять эти наблюдения.

Возможное решение:

Венера светит отраженным солнечным светом, причем находится ближе к Солнцу, чем Земля, поэтому у Венеры наблюдается полная смена фаз. Очевидно, что фаза зависит от относительного положения Венеры, Солнца и Земли, которое изменяется вследствие движения планет вокруг Солнца. Очевидно, что период смены фаз совпадает с периодом смены конфигураций Венеры. Этот период называется синодическим S и связан с сидерическими периодами обращения вокруг Солнца Венеры и Земли уравнением синодического движения $\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}$, где T – сидерический период обращения Венеры вокруг Солнца, T_0 – сидерический период обращения Земли вокруг Солнца, S – синодический период обращения Венеры. Используя справочные материалы, определим синодический период для Венеры

$$S = \frac{T \cdot T_0}{T_0 - T} = \frac{224,7 \cdot 365,26}{365,26 - 224,7} \approx 583,9 \text{ сут.} \approx 1,6 \text{ года}$$

Отметим, что не было необходимо в течение этого периода непрерывно наблюдать Венеру, достаточно было лишь зафиксировать последовательность смены фаз.

Схема оценивания:

№	Этапы решения	Балл
1	Период смены фаз совпадает с синодическим периодом	3
2	Записана уравнение синодического движения	3
3	Получен правильный ответ	2
	ИТОГО:	8

Примечание: участники, могут не знать формулу для синодического периода и выводят ее, используя относительность угловых скоростей. Это не считается ошибкой и оценивается в полном объеме на втором этапе решения.

Задача №2. «Наблюдаем звездное небо». (Максимальный балл – 8 баллов)

С какой угловой скоростью вращается труба телескопа на экваториальной монтировке при наблюдении звезд?

Возможное решение:

Вращение телескопа должно компенсировать суточное вращение небесной сферы. Небесная сфера совершает один оборот за сутки (поскольку Земля за это же время совершает один полный оборот вокруг своей оси), поэтому угловая скорость вращения небесной сферы составляет $\frac{360^{\circ}}{24 \text{ ч}} = 15^{\circ}/\text{час}$

Схема оценивания:

№	Этапы решения	Балл
1	Вращение телескопа должно компенсировать суточное вращение небесной сферы	3
2	Время совершения полного оборота небесной сферы равно периоду обращения Земли	3
3	Правильный ответ	2
ИТОГО:		8

Задача №3. «Как далеко...». (Максимальный балл – 8 баллов)

Оцените, на каком расстоянии от поверхности Марса обращается его спутник Фобос, если при наблюдении планеты с Земли в противостоянии спутник удален от центра наблюдаемого диска на $24,7''$? Считаем, что планеты движутся по круговым орбитам.

Возможное решение:

Расстояние между Марсом и Солнцем возьмем из таблицы. При противостоянии Марс находится от Земли на расстоянии:

$$L = 1,524 - 1,000 = 0,524 \text{ а. е.} = 0,524 \cdot 150\,000\,000 = 78\,600\,000 \text{ км.}$$

Следовательно, расстояние от центра Марса до Фобоса:

$$r = L \cdot \alpha = 78\,600\,000 \text{ км} \cdot \frac{24,7 \cdot \pi}{60 \cdot 60 \cdot 180} \text{ рад} \approx 9407 \text{ км.}$$

Вспользуемся таблицей и найдем радиус Марса. Получаем, что расстояние от поверхности планеты:

$$h = r - R = 9407 - 3400 = 6007 \text{ км.}$$

Схема оценивания:

№	Этапы решения	Балл
1	Найдено расстояние между Землей и Марсом в противостоянии	2
2	В этих условиях найден радиус орбиты Фобоса	4
3	Вычислено расстояние от поверхности Марса до Фобоса	2
ИТОГО:		8

Примечание: если расстояние между поверхностью Марса и Фобосом вычислено с использованием справочных материалов о радиусе Марса и радиусе орбиты Фобоса, то пункты 1 и 2 не оцениваются (0 баллов), а за пункт 3 ставится полный балл.

Задача №4. «Размеры экзопланет». (Максимальный балл – 8 баллов)

Ученые ищут планеты для колонизации в будущем. Для этих целей они отбирают лишь те, на которых ускорение свободного падения во всех точках поверхности не превышает ускорение силы тяжести на поверхности Земли, а сутки равны земным. Найдите максимальный возможный радиус такой планеты. Планету считаем однородным шаром.

Возможное решение:

Ускорение свободного падения на поверхности планеты равно $g = G \frac{M}{R^2}$, где M – масса планеты, R – радиус планеты, g – ускорение свободного падения на Земле. Так как планета вращается вокруг своей оси, то найденное значение g характерно для полюсов, для всех остальных широт эффективное значение g будет $g \geq G \frac{M}{R^2}$.

Планета вращается вокруг своей оси с периодом, равным периоду обращения Земли, поэтому должно выполняться неравенство: $\frac{2\pi R}{T} \leq \sqrt{\frac{GM}{R}}$, иначе линейная скорость точек на экваторе будет больше первой космической скорости и планета разрушится. Возведем в квадрат обе части второго неравенства и с учетом первого неравенства получим $\frac{4\pi^2 R}{T^2} \leq g$. Подставляя известные числовые данные, получаем $R \leq \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{10 \cdot (24 \cdot 3600)^2}{4 \cdot 3.14^2} \approx 1,9 \cdot 10^9 \text{ м}$

Схема оценивания:

№	Этапы решения	Балл
1	Выражение для ускорения свободного падения на планете	2
2	Ускорение свободного падения на планете должно быть не больше g	2
3	Планета вращается, и скорость точек экватора не превосходит первую космическую для данной планеты	2
4	Получение конечного ответа	2
	ИТОГО:	8

Задача №5 «Убегающие сумерки». (Максимальный балл – 8 баллов)

Координаты города Макапа (Бразилия) $01'59''$ с.ш. $51^\circ 03'$ з.д. и координаты города Кито (Эквадор) $13'00''$ ю.ш. $78^\circ 30'00''$ з.д. Определите в каком городе и на сколько раньше наступают астрономические сумерки.

Возможное решение:

Оба города находятся в Западном полушарии и лежат практически на экваторе. Чем больше долгота в Западном полушарии, тем позже там наступают сумерки, причем не важно какие именно. Так же в решении задачи не нужно учитывать широту расположения города, поскольку оба города находятся на экваторе. Разница в долготе покажет на сколько раньше или позже наступят сумерки: $78^\circ 30' - 51^\circ 03' = 27^\circ 27'$, что вполне допустимо округлить до $27,5^\circ$. Учитывая расположение городов на экваторе, составим пропорцию:

$$\begin{aligned} 360^\circ &- 24 \text{ часа} \\ 27,5^\circ &- x \text{ часов} \end{aligned}$$

Откуда $x = (24 \cdot 27,5) / 360 = 1,83$ часа.

Переведем полученный результат в часы и минуты $1,83 \cdot 60 = 110$ минут или 1 час 50 минут.

Теперь нужно определить в каком городе сумерки наступят раньше. В том городе, который расположен ближе к нулевому меридиану или имеет меньшее значение Западной долготы, сумерки наступят раньше. По условию задачи, это город Макапа в Бразилии. Астрономические сумерки наступят раньше в городе Макапа на 1 час 50 минут.

Схема оценивания:

№	Этапы решения	Балл
1	Указание на то, что оба города лежат на экваторе и поэтому широту городов при решении задачи можно не учитывать	2
2	Правильное определение расположение городов в Западном полушарии	2
3	Правильный учет расположения городов в Западном полушарии при определении порядка наступления астрономических сумерек	2
4	Правильный численный ответ	2
	ИТОГО:	8

Примечание: участник при вычислениях может учесть 27' как десятичную часть числа. За такую ошибку общее количество баллов снижается на 1. Отрицательные баллы не выставляются.

Задача №6 «Звездные карты». (Максимальный балл – 10 баллов)

Укажите на рисунке примерные границы известных Вам созвездий. Укажите их названия. Отметьте на рисунке и назовите известные Вам звезды, астеризмы и объекты дальнего космоса. На рисунке можно указать только номер объекта, а на листе в клеточку указать название объекта и его номер.

Возможное решение:

см. рисунок на следующей странице

Схема оценивания:

№	Этапы решения	Балл
1	Правильно обозначено центральное созвездие (Телец)	2
2	За каждый правильно обозначенный объект на карте звездного неба	1
	ИТОГО:	10

Примечание: за каждый правильно указанный объект, кроме центрального созвездия, участник олимпиады получает 1 балл (в сумме не более 8 баллов). Если какие-либо объекты (не важно количество) названы неверно или указаны ошибочно, что участник наказывается -1 баллом к итоговой оценке за задание (но менее 0 баллов он получить не может). При правильно указанном названии созвездий, но при отсутствии проведенных границ, оценку за выполнение задания не снижаем.

