

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии**

**2023-2024 учебный год**

**11 класс**

**Максимальный балл – 50 баллов**

**Задача №1. «Прецессия земной оси».** (Максимальный балл – 8 баллов)

Прецессия земной оси исторически была третьим из открытых движений Земли (период прецессии ~26000 лет). Оцените вклад прецессии земной оси в изменение климата в Антарктиде в долгосрочной перспективе?

*Автор: Фокин Андрей Владимирович*

**Возможное решение:**

Вклад прецессии земной оси в изменение климата в Антарктиде нулевой. Это связано с тем, что прецессия не изменяет угол наклона земной оси к плоскости эклиптики, от которого, в основном, и зависит климат полярных траектория.

**Схема оценивания:**

№	Этапы решения	Балл
1	Сформулировано утверждение, что прецессия не изменяет угол наклона оси	6
2	Дан правильный ответ	2
	<b>ИТОГО:</b>	<b>8</b>

**Примечание:** если дан правильный ответ без объяснения, то можно поставить балл за 2 этап решения.

**Задача №2. «Летящая комета».** (Максимальный балл – 8 баллов)

Комета движется таким образом, что ее орбита касается орбит Земли и Юпитера (не пересекая их). Определите период обращения кометы вокруг Солнца.

Автор: Фокин Андрей Владимирович

**Возможное решение:**

Орбиты Земли и Юпитера можно считать круговыми, причем радиус орбиты Земли – 1 а.е., а Юпитера – 5,2 а.е. Из условия касания орбит обеих планет следует, что на расстоянии 1 а.е. от Солнца комета бывает в перигелии своей орбиты, а на расстоянии 5,2 а.е. – в афелии. Следовательно, большая полуось орбиты кометы равна  $\frac{1+5,2}{2} = 3,1$  а.е. Воспользуемся III законом Кеплера и определим период обращения кометы вокруг Солнца (если период выражен в годах, а большая полуось в а.е.)  $T^2 = a^3$ . Откуда, период обращения равен 5,5 года.

**Схема оценивания:**

№	Этапы решения	Балл
1	Определено расстояние от Солнца до перигелия орбиты кометы	1
2	Определено расстояние от Солнца до афелия орбиты кометы	1
3	Определена большая полуось орбиты кометы	3
4	Записан III закон Кеплера для Солнечной системы	2
5	Получен правильный ответ на вопрос задачи	1
	<b>ИТОГО:</b>	<b>8</b>

**Примечание:** Ответ может быть дан в любых единицах измерения времени. Пояснением к вычислению большой полуоси может считаться рисунок. Справочные данные, необходимые для решения задачи, взяты из материалов олимпиады

**Задача №3. «И снова Солнечная система». (Максимальный балл – 8 баллов)**

Определите массу Урана, если из наблюдений за его спутником Титанией известно, что период его обращения вокруг планеты составляет 8,7 дня, а радиус орбиты спутника равен 438 000 км.

Автор: Гусев Андрей Владиславович

**Возможное решение:**

Воспользуемся третьим уточненным законом Кеплера:

$$\frac{a_1^3}{a_2^3} = \frac{T_1^2(M_1+m_1)}{T_2^2(M_2+m_2)}.$$

Первая пара – это Уран с Титанией, вторая пара – Земля с Луной.

Массой спутников можно пренебречь по сравнению с массой планет. В результате получаем:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \cdot \frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{438000^3}{380000^3} \cdot \frac{27^2}{8,7^2} \approx 14,7.$$

Получаем, что масса Урана:

$$M_1 = 14,7 \cdot M_2 = 14,7 \cdot 6 \cdot 10^{24} = 8,8 \cdot 10^{25} \text{ кг.}$$

**Схема оценивания:**

№	Этапы решения	Балл
1	Запись III закона Кеплера для пары Уран-Титания	3
2	Запись III закона Кеплера для пары Земля-Луна	3
3	Получение правильного ответа	2
	<b>ИТОГО:</b>	<b>8</b>

**Примечание:** Если масса Урана записана из справочных материалов олимпиады, то за пункт 3 ставится полный балл, а пункты 1 и 2 не оцениваются. Возможно альтернативное решение с использованием закона всемирного тяготения. Такие записи оцениваются в полной мере исходя из полного балла, разделенного пропорционально этапам альтернативного решения.

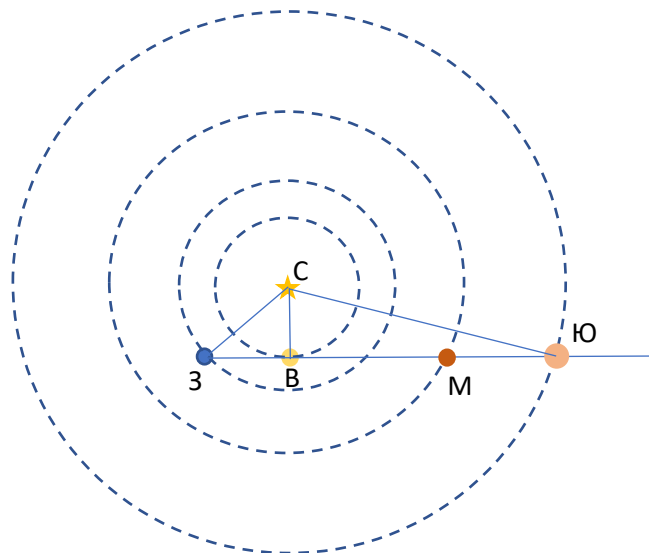
**Задача №4. «Из архива наблюдений».** (Максимальный балл – 8 баллов)

9 октября 2015 года на восходе можно было наблюдать одновременно Венеру (она находилась в максимальной элонгации), Марс, Юпитер и стареющий месяц. Считая, что орбиты планет лежат в плоскости эклиптики, определите расстояние от Земли до Юпитера.

Автор: Гусев Андрей Владиславович

**Возможное решение:**

Описанная ситуация изображена на рисунке.



Из справочных материалов расстояние  $СЗ = 1$  а.е., расстояние  $СВ = 0,72$  а.е., расстояние  $СЮ = 5,20$  а.е. Используя теорему Пифагора, получим расстояние  $ЗВ = 0,69$  а.е., расстояние  $ЮВ = 5,15$  а.е. отсюда искомое расстояние  $ЗЮ = 5,84$  а.е.

**Схема оценивания:**

№	Этапы решения	Балл
1	Изображена конфигурация планет, соответствующая описанной ситуации	4
2	Приведены соображения относительно расчета расстояния между Землей и Юпитером (упоминание теоремы Пифагора)	2
3	Получен правильный ответ	2
ИТОГО:		8

**Примечание:** возможно графическое решение задачи, при котором все построения выполнены в одинаковом масштабе и измерение расстояния  $ЗЮ$  возможно линейкой. Такие решения также принимаются и оцениваются в полном объеме.

**Задача №5 «Плеядинский рефлектор». (Максимальный балл – 8 баллов)**

Можно ли увидеть Солнце с Плеяд в 60 мм рефлектор. Принять расстояние до Плеяд 130 Пк, Абсолютная звездная величина Солнца 4,83<sup>m</sup>.

Автор: Верховских Игорь Вячеславович

**Возможное решение:**

Необходимо узнать видимую звездную величину Солнца с Плеяд:

По формуле Погсона имеем:

$$m_{\odot} = M_{\odot} - 5 + 5\lg(R), \text{ где } R \text{ в парсеках}$$

$$m_{\odot} = 4.83 - 5 + 5\lg(130) = 10.47^m$$

Теперь рассчитаем диаметр объектива телескопа для наблюдения Солнца с Плеяд:

Проницающая способность телескопа рассчитывается по формуле:

$$m = 2.1 + 5\lg(D) \text{ где } D \text{ в миллиметрах.}$$

$$m_{\odot} = 10.47^m \text{ подставляем}$$

$$10.47 = 2.1 + 5\lg(D), \text{ выражаем}$$

$$\lg(D) = \frac{10.47-2.1}{5} = 1.674 \text{ отсюда } D = 10^{1.674} = 47.2 \text{ (мм)}$$

Диаметр телескопа должен быть не меньше 47.2 мм, значит в телескоп с апертурой в 60 мм Солнце с Плеяд увидеть можно. А рефрактор этот телескоп или рефлектор не имеет значения.

**Схема оценивания:**

№	Этапы решения	Балл
1	Верная записанная формула расчета видимой звездной величины Солнца с Плеяд	2
2	Правильно рассчитанная видимая звездная величина	2
3	Верная записанная формула для расчета проницающей способности телескопа	2
4	Правильно рассчитанная апертура телескопа и сделан правильный вывод	2
<b>ИТОГО:</b>		<b>8</b>

**Примечание:** Участникам достаточно знать расчетные формулы в приведенном в решении виде. Если участник выводит формулы из  $\frac{E_1}{E_2} = 10^{-0.4(m_2-m_1)}$ , то главное, что бы правильно получил расчетные формулы. Такие решения также оцениваются в полном объеме.

**Задача №6 «Аналемма». (Максимальный балл – 10 баллов)**

На фотографии изображена аналемма (фотография Солнца с одного места неподвижной камерой по 1 кадру в день в одно и то же время в течении года). Фотографии были сделаны в Северном полушарии. По фотографии определите примерное истинное солнечное время снимка. Расставьте на фотографии даты характерных точек аналеммы, назовите эти точки. Объясните вертикальную и горизонтальную несимметричность аналеммы. Определите примерную широту места съемки.

Автор: Верховских Игорь Вячеславович

**Возможное решение:**

Аналемма на снимке расположена практически вертикально. Такой вид аналеммы возможен только в истинный солнечный полдень. Следовательно, истинное солнечное время в месте съемки составляет 12 часов.

Самая верхняя точка аналеммы указывает на день летнего солнцестояния, а самая нижняя – на день зимнего солнцестояния – то есть 20 - 21 июня и 21 - 22 декабря соответственно.

Точки пересечения прямой, параллельной горизонту и середины аналеммы – это точки весеннего и осеннего равноденствия - то есть 19 - 20 марта и 22 - 23 сентября соответственно.

Вертикальная несимметричность аналеммы обусловлена эллипсоидностью орбиты Земли во круг Солнца, а горизонтальная несимметричность обусловлена несовпадению плоскости точек перицентра и апоцентра с плоскостью наклона земной оси – меридиана.

Склонение Солнца в дни равноденствий равно 0 градусов. То есть  $\delta = 0$ .

Широта местности съемки определяется как  $\varphi = 90 - h$ , где  $h$  высота Солнца в дни равноденствий.

Известно, что склонение Солнца в день летнего солнцестояния (максимально высокая точка аналеммы) равно 23.5 градуса. Значит, общий угловой размер всей аналеммы равен  $23.5 \cdot 2 = 47$  градусов. Линейный размер аналеммы на фотографии равен 97 мм, а расстояние от горизонта до середины аналеммы (точек весеннего и осеннего равноденствия) 70 мм. Составляя пропорцию, получаем  $h = \frac{47 \cdot 70}{97} = 34$  градуса. Следовательно,  $\varphi = 90 - h = 90 - 34 = 56$  градусов.

Примерная широта места съемки составляет 56 градусов.

**Схема оценивания:**

№	Этапы решения	Балл
1	Определение истинного солнечного времени	2
2	Указание точки летнего солнцестояния с датой	1
3	Указание точки зимнего солнцестояния с датой	1
4	Указание точек осеннего и весеннего равноденствия с датой	2
5	Объяснение вертикальной несимметричности	1
6	Объяснение горизонтальной несимметричности	1
7	Определение широты места съемки	2
	<b>ИТОГО:</b>	<b>10</b>

**Примечание:** участники могут указать одиночную дату равноденствий и солнцестояний. Как диапазон дат, так и одиночные даты из этого диапазона засчитываются без снижения баллов на соответствующем этапе. Широта местности съемки может варьироваться 53 до 59 градусов. Линейные

размеры аналеммы, приведенные в решении, могут не совпадать с размерами у участников, поскольку масштаб фотографии на листе бумаги может быть разным. При проверке необходимо обращать внимание на правильность расчетов угловых размеров. Допустимые отклонения – 10%.

