

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
2021-2022 учебный год
11 класс
Максимальный балл – 48 баллов**

Задача №1. «Солнечная система». (Максимальный балл – 8 баллов)

Используя только справочные данные, приведенные в условии задачи, определите массу Урана. Известно, что его спутник Титания находится на расстоянии 438000 км от Урана и его период обращения вокруг Урана составляет 8,7 дня. Известно, что Луна располагается на расстоянии 384000 км от Земли, и период обращения ее вокруг Земли равен 27,3 дням. Масса Земли – $6 \cdot 10^{24}$ кг.

Автор: Гусев Андрей Владиславович

Возможное решение:

Запишем обобщенный третий закон Кеплера:

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

Принимая за первую пару Уран с Титанией, а за вторую – Землю с Луной, и пренебрегая массой спутников по сравнению с массой планет, получаем:

$$M_1 = \frac{a_1^3}{a_2^3} \cdot \frac{T_2^2}{T_1^2} \cdot M_2 = \frac{438000^3}{384000^3} \cdot \frac{27,3^2}{8,7^2} \cdot 6 \cdot 10^{24} = 87,7 \cdot 10^{24} \text{ кг.}$$

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Обобщенный третий закон Кеплера	3
2	Пренебрежение массами спутников по сравнению с массами планет	3
3	Нахождение массы Урана	2
	Итого:	8

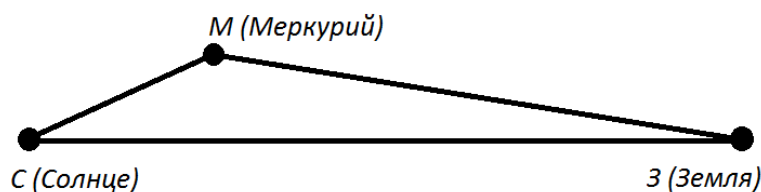
Обратите внимание, что пользоваться справочными данными из справочного приложения по условию задачи нельзя. Если записана просто масса Урана, то максимальный балл за задачу равен 2.

Задача №2. «Геометрия в Солнечной системе». (Максимальный балл – 8 баллов)

Орбита Меркурия представляет собой эллипс, перигелий которого 0,31 а.е., а афелий – 0,47 а.е. Наклон орбиты Меркурия к эклиптике равен 7° . На какое максимальное угловое расстояние может удалиться от эклиптики Меркурий для земного наблюдателя?

Автор: Гусев Андрей Владиславович

Возможное решение:



В приведенном треугольнике $CZ=1$ а.е., $CM=0,47$ а.е., угол MCZ равен 7° . Из теоремы синусов:

$$\frac{1 \text{ а.е.}}{\sin(180-7-\alpha)} = \frac{0,47 \text{ а.е.}}{\sin \alpha}.$$

Получаем:

$$\sin \alpha = 0,47 \sin(7 + \alpha).$$

В результате:

$$\tan \alpha = \frac{0,47 \sin 7}{1-0,47 \cos 7} = 0,107.$$

Окончательный результат: $\alpha \approx 6,1^{\circ}$

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Идея решения (чертеж, словесное описание)	3
2	Теорема синусов	3
3	Нахождение угла	2
	Итого:	8

Задача №3 «Звездное затмение». (Максимальный балл – 8 баллов)

В максимуме затменной переменной звезда имеет блеск 6^m , а минимуме 8^m . Считая затмение центральным и спутник темным, найти отношение объемов компонентов этой пары.

Автор: Гусев Андрей Владиславович

Возможное решение:

Освещённости, создаваемые двумя объектами со звёздными величинами m_1 и m_2 , связаны соотношениями:

$$\frac{E_1}{E_2} = (2,512)^{-(m_1-m_2)}.$$

С учетом того, что энергия прямо пропорциональна площади, с которой происходит излучение, получаем:

$$\frac{R^2}{R^2-r^2} = (2,512)^{8-6}.$$

В результате, получаем:

$$\frac{R}{r} = 1,1.$$

Следовательно, отношение объемов:

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{R}{r}\right)^3 = 1,33.$$

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Формула Погсона	3
2	Энергия пропорциональна площади, с которой происходит излучение	2
3	Отношение объемов равно кубу отношения радиусов	2
	Результат	1
	Итого:	8

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

Была бы прецессия более быстрой или медленной, если Земля была бы более сплюснутой с полюсов? Если Луна находилась бы ближе? Если Земля была бы более плотной? Если бы Земля вращалась вокруг своей оси медленнее?

Автор: Фокин Андрей Владимирович

Возможное решение:

Угловая скорость прецессии оси вращения:

$$\omega_{\text{п}} = \frac{M}{\omega I}$$

где M – момент внешних сил, I – момент инерции вращающегося тела, который пропорционален массе и квадрату размера тела, ω – угловая скорость вращения тела вокруг собственной оси.

Если Земля была более сплюснута вдоль полюсов или была более плотной, то это увеличило бы момент инерции, а значит и уменьшило скорость прецессии земной оси.

Если бы Луна находилась ближе к Земле, это увеличило бы момент внешних сил, а значит увеличило бы скорость прецессии.

Если бы скорость вращения Земли вокруг своей оси была бы меньше, то это увеличило бы скорость прецессии.

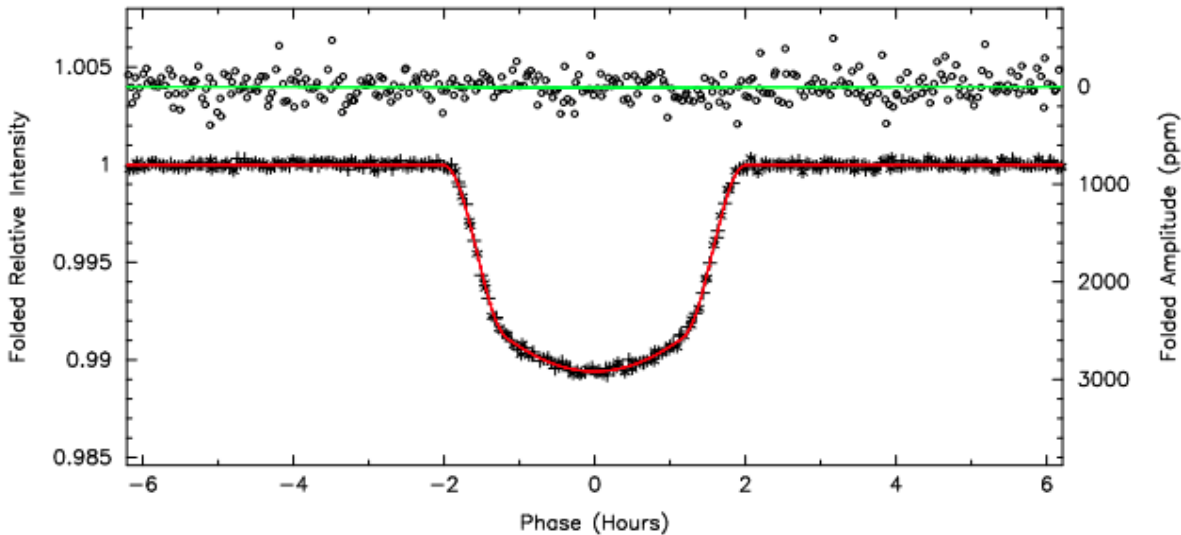
Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Формула для скорости прецессии	1
2	Прецессия для сплюснутой Земли	2
3	Прецессии для близкой Луны	2
	Прецессия для плотной Земли	1
	Прецессия для медленной Земли	2
	Итого:	8

Если дан правильный ответ без физического обоснования, то из двух баллов из соответствующих пунктов ставится 1 балл.

Задача №5 «Звездное затмение». (Максимальный балл – 8 баллов)

В статье “Kepler-6b: A Transiting Hot Jupiter Orbiting a Metal-Rich Star”, посвященной открытию одной из первых 5 планет космическим аппаратом Кеплер есть занимательный график, на котором нижняя кривая является просуммированной за несколько сеансов измерений интенсивностью одной из звезд (Левая шкала на графике). Оцените изменения звездной величины, зафиксированное телескопом? Что такое экзопланета? Каким методом аппарат Кеплер мог находить экзопланеты? Какие еще методы нахождения экзопланет вы знаете?



Автор: Ловчиков Дмитрий Владимирович

Возможное решение:

Экзопланета — это планета за пределами нашей Солнечной системы. Наличие планеты у звезды в миссии КА Кеплер определялось по периодическим изменениям яркости последней, вызываемым прохождением планеты перед звездой, т.н. метод транзитов.

Методы: радионаблюдение пульсаров, визуальные наблюдения, метод радиальных скоростей, транзитный метод, метод синхронизации, гравитационное линзирование, астрометрический метод.

$$\Delta m = -2,5 \lg \frac{L_1}{L_2}$$

Используя график, определим, что изменение яркости составляет 0,99. Подставляя в формулы, находим, что изменение звездной величины составляет 0,011^m.

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Сказано, что такое экзопланета	1
2	Указаны методы нахождения экзопланет (не менее 2-х)	2
3	Указан метод, которым обнаруживает экзопланеты Кеплер	1
4	По графику найдено изменение яркости	2
5	Найдено изменение звездной величины	2
Итого:		8

За пункт 2 максимально можно получить 2 балла (даже если названо более двух методов обнаружения экзопланет)

Задача №6 «Земля-Луна». (Максимальный балл – 8 баллов)

Астроном наблюдает за Луной, у которой фаза 0,56. Определите, какая фаза Земли для астронавта на видимой стороне Луны.

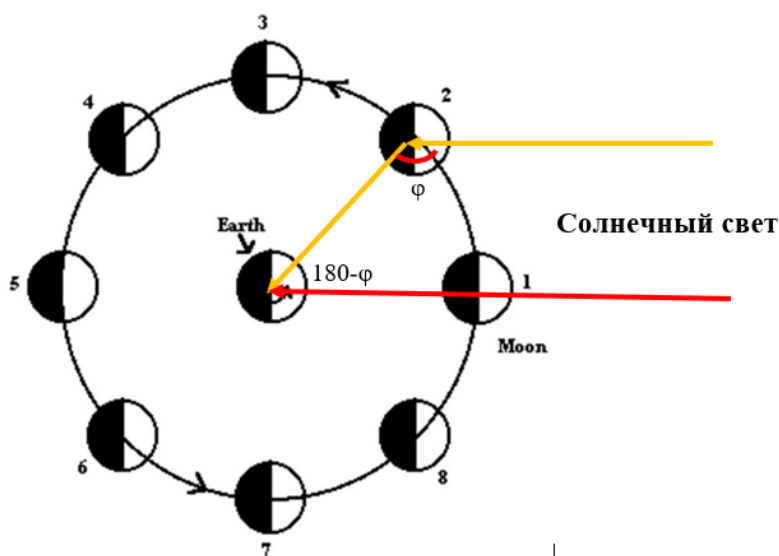
Автор: Фокин Андрей Владимирович

Возможное решение:

Фаза Луны может быть выражена численно, как отношение площади освещенной части видимого диска ко всей его площади и равна:

$$\Phi = \frac{S_{\text{осв}}}{S_{\text{вся}}} = \frac{1 + \cos\varphi}{2}$$

где φ – фазовый угол, угол между лучом света, падающего от Солнца на планету и лучом, отразившимся от нее в сторону наблюдателя.



Если фазовый угол Луны равен φ , то фазовый угол Земли равен $180-\varphi$. Это значит, что Фаза Луны, при ее наблюдении с Земли в сумме с фазой Земли при ее наблюдении с Луны равна 1. Поэтому, если фаза Луны равна 0,56, то фаза Земли составляет 0,44.

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Определено, что такое фаза планеты (формульно, словами)	2
2	Пояснено, как между собой соотносятся наблюдаемы фазы Луны и Земли	4
3	Найдено значение фазы Земли при ее наблюдении с Луны	2
	Итого:	8