

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
2022-2023 учебный год
9 класс
Максимальный балл – 50 баллов**

Задача №1. «Противостояние Юпитера». (Максимальный балл – 10 баллов)

Земля совершает один полный оборот вокруг Солнца за 365,25 суток. Юпитер совершает один полный оборот вокруг Солнца за 4332,589 дня. 26 сентября 2022 года состоялось очередное противостояние Земли с Юпитером. Определите дату следующего противостояния?

Возможное решение:

Угловая скорость Земли вокруг Солнца:

$$\omega_3 = \frac{2\pi}{365,25}$$

Угловая скорость Юпитера вокруг Солнца:

$$\omega_{\text{Ю}} = \frac{2\pi}{4332,589}$$

Скорость одной планеты относительно другой:

$$\omega_{3\text{Ю}} = \frac{2\pi}{365,25} - \frac{2\pi}{4332,589}$$

Следовательно, следующее противостояние состоится через:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_{3\text{Ю}}} = \frac{4332,589 \cdot 365,25}{4332,589 - 365,25} = 398,87 \text{ суток}$$

т.е. **30 октября 2023 года.**

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Найдена угловая скорость Земли при движении вокруг Солнца	2
2	Найдена угловая скорость Юпитера при движении вокруг Солнца	2
3	Найдена угловая скорость Земли относительно Юпитера	2
4	Найден интервал времени, через который повторяются противостояния	2
5	Найдена дата следующего противостояния	2
	Итого:	10

Задача №2. «Наблюдение далеких объектов». (Максимальный балл – 10 баллов)

Расстояние между звездами в двойной системе 3 а.е. Какой должен быть диаметр телескопа у наблюдателя, чтобы звезды можно было различить в этот телескоп. Расстояние до системы 21 пк.

Возможное решение:

Угловое разрешение (в радианах) для телескопа определяется формулой:

$$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

где λ – длина волны, на которой ведется наблюдение в телескоп, D – диаметр входного отверстия телескопа. Длина волны наблюдения, при которой глаз имеет наибольшую чувствительность, равна 550 нм.

Для нахождения угла, под которым мы наблюдаем двойную звезду, воспользуемся формулой:

$$\operatorname{tg} \Theta \approx \theta(\text{рад}) = \frac{R}{L}$$

где R – расстояние между звездами в двойной системе (в а.е.), L – расстояние до двойной системы (в а.е.).

Расчетная формула

$$D = \frac{1,22 \cdot \lambda \cdot L}{R}$$

Подставляя значения, получим что D=0,97 м.

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Записана формула, связывающая угловое разрешение телескопа с диаметром его объектива	2
2	Указано, что максимальная чувствительность глаза при наблюдении в телескоп приходится на длину волны 550 нм	1
3	Записана расчетная формула для нахождения угла, под которым наблюдается двойная звезда	3
4	Правильно найдено значение угла	2
5	Найден диаметр объектива телескопа	2
	Итого:	10

Задача №3. «Спутник Юпитера». (Максимальный балл – 10 баллов)

Найти большую полуось орбиты и среднюю скорость Ио – спутника Юпитера, обращающегося вокруг планеты с периодом в 1 день 18,5 часов. Масса Юпитера в 318 раз больше массы Земли.

Возможное решение:

Для Луны период вращения:

$$T_1 = 28 \text{ суток}$$

и большая полуось:

$$a_1 = 380\,000 \text{ км}$$

Третий закон Кеплера в обобщенной форме:

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

С учетом того, что спутники планет гораздо легче, получаем:

$$\frac{T_2^2 M_2}{T_1^2 M_1} = \frac{a_2^3}{a_1^3}$$

В результате:

$$a_2 = a_1 \sqrt[3]{\frac{T_2^2 M_2}{T_1^2 M_1}} = 380\,000 \sqrt[3]{\frac{1,77^2}{28^2} \cdot 318} \approx \mathbf{412\,000 \text{ км}}$$

Средняя скорость спутника Юпитера Ио:

$$v_{\text{ср}} = \frac{2\pi a_2}{T_2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 412\,000}{1,77 \cdot 24 \cdot 3600} \approx \mathbf{16,9 \text{ км/с}}$$

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Из справочных данных использован период обращения Луны	1
2	Из справочных данных использована большая полуось орбиты Луны	1
3	Записан 3 закон Кеплера в обобщенном виде	2
4	Учтено, что масса спутников гораздо меньше массы планет, вокруг которых они вращаются	2
5	Найдена большая полуось орбиты Ио	2
6	Найдена скорость движения Ио	2
	Итого:	10

Задача №4. «Солнце». (Максимальный балл – 10 баллов)

Найдите ускорение свободного падения на поверхности Солнца, если продолжительность года на Земле равна T , радиус земной орбиты R , а угол, под которым виден диаметр Солнца с Земли равен α .

Возможное решение:

Ускорение свободного падения на поверхности Солнца равно:

$$g = G \frac{M}{r^2}$$

где M – масса Солнца, r – радиус Солнца. Из геометрических соображений радиус Солнца равен:

$$r = R \frac{\alpha}{2}$$

Из закона всемирного тяготения найдем массу Солнца:

$$G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$$

где m – масса Земли, v – скорость движения Земли вокруг Солнца. С учетом того, что

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

Получаем:

$$g = \frac{16\pi^2 R}{T^2 \alpha^2}$$

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Формула для расчета ускорения свободного падения на поверхности Солнца	2
2	Нахождение радиуса Солнца	2
3	Использование закона всемирного тяготения для нахождения массы Солнца	3
4	Формула для нахождения скорости движения Земли по орбите вокруг Солнца	1
5	Конечная формула	2
	Итого:	10

Задача №5 «Малая Медведица» (Максимальный балл – 10 баллов)

Определите склонение Полярной звезды (α Малой Медведицы) для широты Челябинска на 12.12.2022 года в 12 часов 12 минут. Координаты Челябинска: $55^{\circ}09'44''$ с.ш. $61^{\circ}24'11''$ в.д.



Возможное решение:

Экваториальные координаты звезд в течении суток изменяются ничтожно мало. Полярная звезда находится рядом с северным полюсом мира. Склонение звезды не зависит от широты местности наблюдения. Значит ее склонение чуть меньше 90° .

Схема оценивания:

№	Этап решения	Балл
1	Учет независимости экваториальной координаты от времени в течении суток	3
2	Учет независимости экваториальной координаты от географических координат	3
3	Указано, что Полярная находится рядом с северным полюсом мира, склонение которого 90°	3
4	Дан правильный ответ	1
	Итого:	10