

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

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

Земля совершает один полный оборот вокруг Солнца за 365,25 суток. Марс совершает один полный оборот вокруг Солнца за 686,98 суток. 8 декабря 2022 года состоится очередное противостояние Земли с Марсом. Определите дату предыдущего противостояния?

**Возможное решение:**

Угловая скорость Земли вокруг Солнца:

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

Угловая скорость Марса вокруг Солнца:

$$\omega_M = \frac{2\pi}{686,98}$$

Скорость одной планеты относительно другой:

$$\omega_{3M} = \frac{2\pi}{365,25} - \frac{2\pi}{686,98}$$

Следовательно, следующее противостояние состоится через:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_{3M}} = \frac{686,98 \cdot 365,25}{686,98 - 365,25} = 779,9 \text{ суток}$$

т.е. **14 октября 2020 года.**

**Схема оценивания:**

№	Этап решения	Балл
1	Найдена угловая скорость Земли при движении вокруг Солнца	2
2	Найдена угловая скорость Марса при движении вокруг Солнца	2
3	Найдена угловая скорость Земли относительно Марса	2
4	Найден интервал времени, через который повторяются противостояния	2
5	Найдена дата предыдущего противостояния	2
	<b>Итого:</b>	<b>10</b>

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

Расстояние между звездами в двойной системе 23 а.е. Какой должен быть диаметр телескопа у наблюдателя, чтобы звезды можно было различить в этот телескоп. Расстояние до системы 13,4 пк.

**Возможное решение:**

Угловое разрешение (в радианах) для телескопа определяется формулой:

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

где  $\lambda$  – 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  $D = 81$  мм.

**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
	<b>Итого:</b>	<b>10</b>

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

Найдите большую полуось орбиты и среднюю скорость движения по орбите спутника Сатурна Титана, который обращается вокруг планеты с периодом в 15 дней 22,6 часа. Масса Сатурна в 95 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:

$$a_2 = a_1 \sqrt[3]{\frac{T_2^2 M_2}{T_1^2 M_1}} = 380\,000 \sqrt[3]{\frac{15,94^2}{28^2} \cdot 95} \approx \mathbf{1\,191\,000 \text{ км}}$$

Средняя скорость Титана:

$$v_{\text{cp}} = \frac{2\pi a_2}{T_2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1\,191\,000}{15,94 \cdot 24 \cdot 3600} \approx \mathbf{5,43 \text{ км/с}}$$

**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 Титана	2
6	Найдена скорость движения Титана	2
	<b>Итого:</b>	<b>10</b>

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

Найдите среднюю плотность Солнца, если продолжительность года на Земле равна  $T$ , радиус земной орбиты  $R$ , а угол, под которым виден диаметр Солнца с Земли равен  $\alpha$ .

**Возможное решение:**

Средняя плотность Солнца

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Объем Солнца равен:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

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:

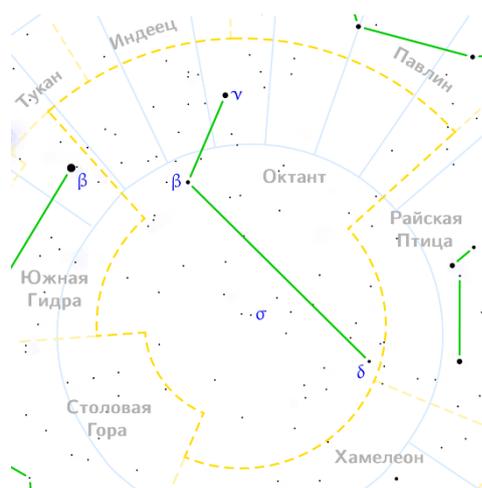
$$\rho = \frac{24\pi}{GT^2\alpha^3}$$

**Схема оценивания:**

№	Этап решения	Балл
1	Формула для расчета средней плотности Солнца	1
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	2
5	Конечная формула	2
<b>Итого:</b>		<b>10</b>

**Задача №5 «Октант» (Максимальный балл – 10 баллов)**

В созвездии Октант в Южном полушарии присутствует звезда, указывающая на Южный полюс мира —  $\sigma$  Октанта, видимая невооружённым глазом (звёздная величина 5,5). Определите склонение этой звезды 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.  $\sigma$  Октанта находится рядом с южным полюсом мира. Склонение звезды не зависит от широты местности наблюдения. Значит ее склонение  $-90^{\circ}$ .

**Схема оценивания:**

<b>№</b>	<b>Этап решения</b>	<b>Балл</b>
1	Учет независимости экваториальной координаты от времени в течении суток	3
2	Учет независимости экваториальной координаты от географических координат	3
3	Указано, что $\sigma$ Октанта находится рядом с южным полюсом мира, склонение которого $-90^0$	3
4	Дан правильный ответ	1
	<b>Итого:</b>	<b>10</b>