

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО АСТРОНОМИИ 2025–2026 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС.**

**КЛЮЧИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

**Время выполнения 180 мин. Максимальное кол-во баллов – 48.**

**ЗАДАЧА 1.**

**(за полный верный ответ максимально-8 баллов)**

Абсолютная звездная величина Солнца примерно  $+5^m$ . Это означает, что Солнце, находясь на расстоянии 10 пк, имело бы видимую звездную величину  $+5^m$ . Если Солнце будет располагаться в 10 раз дальше, то освещенность, создаваемая им (прямо пропорциональная светимости и обратно пропорциональная квадрату расстояния) станет меньше в  $10^2$  раз. Следовательно, светимость звезды в 100 раз больше, чем светимость Солнца. Тогда для того, чтобы освещенность, создаваемая звездой на планете, совпадала с освещенностью, создаваемой Солнцем на Земле, нужно, чтобы планета располагалась от звезды в 10 раз дальше, чем Земля от Солнца, т.е. искомое расстояние должно равняться 10 а.е.

**Критерии оценивания:**

Определена абсолютная звездная величина и указан ее смысл – **1 балл**;

Определена зависимость освещенности от расстояния – **2 балла**;

Сделан вывод об освещенности планеты – **2 балла**;

Определено расстояние до планеты – **3 балла**.

**ЗАДАЧА 2.**

**(за полный верный ответ максимально-8 баллов)**

Диаметр звезды  $D$ , ее светимость  $L$  и температуру поверхности  $T$  связывает закон Стефана - Больцмана:

$$L = \sigma T^4 \pi D^2$$

откуда:

$$\frac{D}{D_{\odot}} = \left( \frac{L}{L_{\odot}} \right)^{1/2} \left( \frac{T_{\odot}}{T} \right)^2$$

Температуру  $T$  поверхности Сириуса найдем из закона Вина:

$$T = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{\lambda(\text{м})}$$

Отношение светимостей можно выразить через отношение освещенностей на Земле от Солнца и Сириуса:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left( \frac{E}{E_{\odot}} \right) \left( \frac{r}{r_{\odot}} \right)^2$$

где  $r$  и  $r_{\odot}$  - соответственно расстояния от Земли до Сириуса и Солнца.  
Учитывая, что

$$\left( \frac{E}{E_{\odot}} \right) = 2.5^{m_{\odot} - m}$$

и, производя последовательно вычисления, получим:  $T = 10000\text{К}$ ,

$$\frac{L}{L_{\odot}} = 27.3, \frac{D}{D_{\odot}} = 1.9$$

### Критерии оценивания:

Получена зависимость диаметров через светимости (**2 балла**);

Получено зависимость отношения светимостей через видимые звездные величины (**4 балла**);

Получен ответ (**2 балла**).

### ЗАДАЧА 3.

(за полный верный ответ максимально-8 баллов)

Для того чтобы оценить массу центрального тела запишем второй закон Ньютона для тела, которое движется по круговой орбите:

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{GmM}{R^2}, \text{ справа записан закон всемирного тяготения, в котором } M -$$

масса центрального тела.

Из этого выражения:

$$M = \frac{v^2 R}{G}$$

Определим радиус траектории, считаем, что она круговая

$$T = \frac{2\pi R}{v} \rightarrow R = \frac{vT}{2\pi}, \text{ подставляем в выражение для массы:}$$

$$M = \frac{v^3 T}{2\pi G} = \frac{(4 \cdot 10^6)^3 \cdot 2 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{2\pi \cdot 6.67 \cdot 10^{-11}} \approx 9.63 \cdot 10^{36} \text{ кг} \approx 4.8 \cdot 10^6 M_{\text{Sun}}, \quad \text{что}$$

соответствует массе черной дыры в центре Млечного Пути

### Критерии оценивания:

Записано выражение для движения тела по круговой орбите – **1 балл**;

Из периода определен радиус орбиты – **2 балла**;

Получено конечное выражение для массы – **2 балла**;

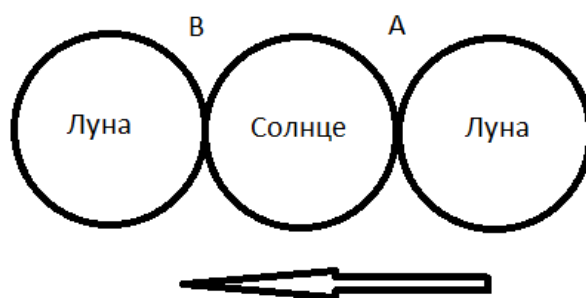
Вычислено значение массы и определен объект – **3 балла**.

В решение может не указываться, что это черная дыра, ответ засчитывать за верный в полном объеме.

### ЗАДАЧА 4.

(за полный верный ответ максимально-8 баллов)

Определим расстояние, которое пройдет Луна по небесной сфере во время солнечного затмения.



Для упрощения, считаем, что Солнце покоится, а Луна перемещается. Первое касание – начало затмения – это точка А, окончание затмения – точка В. Луна и Солнце имеют одинаковые угловые размеры. Следовательно, в своем движении центр Луны или любая другая точка проходит расстояние равное размеру двум Лунам. Угловой размер Луны составляет полградуса. Тогда луна проходит расстояние равное одному градусу. Луна перемещается на фоне неподвижного Солнца с собственной скоростью. Определим скорость движения Луны по небесной сфере.

Период обращения Луны вокруг Земли составляет 27,3 дня или 655,2 часа.

Тогда скорость движения Луны по небесной сфере:

$$\frac{360^{\circ}}{655,2 \text{ часа}} = 0,55 \text{ градус/час}$$

Тогда, время, которое необходимо для преодоления одно градуса по небесной сфере составит:

$$\frac{1 \text{ градус}}{0,55 \frac{\text{градус}}{\text{час}}} = 1,8 \text{ часа}$$

Ответ 1,8 часа.

Школьники так же могут написать сразу, что скорость движения Луны составляет 0,5 градус/час и тогда время затмения составит 2 часа. Это не является ошибкой и оценивается в полной мере.

### Критерии оценивания:

Определено расстояние, которое должна пройти Луна во время затмения (**4 балла**). Подобное расстояние школьники могут определить исходя из радиусов орбит, и привести его в километрах. Приблизительно это составляет от 7500 до 7900 км. Это будет более громоздко. Баллы за это не снижать, если представленные результаты верные.

Определена скорость движения Луны по орбите (**2 балла**). Ответ может быть представлен в км/с (1 км/с) или км/ч (3600 км/ч). Отметку не снижать.

Определение времени затмения (**2 балла**).

### **ЗАДАЧА 5.**

**(за полный верный ответ максимально-8 баллов)**

Для того, чтобы аппарат завис над одной точкой кометы необходимо, чтобы период его обращения был равен периоду обращения ядра вокруг своей оси  $T_k$ .

Используя 2 закон Ньютона и закон Всемирного тяготения:

$$m_a \frac{v^2}{r} = \frac{G \cdot m_a \cdot M_k}{r^2};$$
$$v^2 = \frac{G \cdot M_k}{r}; \text{ причем } v = \frac{2\pi r}{T_k}$$

Следовательно,  $r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot T_k^2 \cdot M_k}{4\pi^2}} = 20,53 \text{ км}$ . Видно, что  $r > R_k$ , значит аппарат на орбите пребывать сможет.

#### **Критерии оценивания:**

Нарисован физический рисунок - **1 балл**;

Записано условие неподвижности КА - **1 балл**;

Записан 2 закон Ньютона для задачи - **1 балл**;

Записан закон Всемирного тяготения - **1 балл**;

Записана формула центростремительного ускорения – **1 балл**;

Записана формула связи орбитальной скорости КА и периода обращения - **1 балл**;

Верно вычислен радиус орбиты – **1 балл**;

Проведен сравнительный анализ результата с заданными требованиями к орбите и сделан верный вывод о возможности пребывания КА на данной орбите - **1 балл**.

### **ЗАДАЧА 6.**

**(за полный верный ответ максимально-8 баллов)**

А) Большая Медведица, латинское название Ursa Major,  $\alpha$  Б.Медведицы ( $\alpha$  UMa) – Дубхе, звездная величина 1,79 m/1,8 m; (**4 балла**);

Б) Большая Медведица – незаходящее созвездие и наблюдается круглый год (**2 балла**);

В) Для Большой Медведицы - оптически двойная звезда Мицар – Алькор (**2 балла**).