

**Всероссийская олимпиада школьников по астрономии в
Донецкой Народной Республике
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП 2025/2026 уч. г.
КРИТЕРИИ
11 класс**

Задание №1 Расставьте в правильном порядке этапы эволюции звезды с массой меньшей, чем масса Солнца: планетарная туманность, протозвезда, маленькая звезда (жёлтый карлик), чёрная дыра, красный гигант, белый карлик.

Какой элемент в данном списке является лишним? Почему?

Задание №1 Решение.

протозвезда → маленькая звезда (жёлтый карлик) → красный гигант → планетарная туманность → белый карлик.

В данном задании лишний элемент – это чёрная дыра, т.к. она является одной из конечных стадий жизни массивной звезды.

Критерии оценивания.

	Верно определены все стадии эволюции звезды	1+1+1+1+1 Всего 5
	Верно определён лишний элемент	1
	Дано пояснение, что чёрная дыра является одной из конечных стадий жизни массивной звезды.	2
	Всего баллов	8

Задание №2

Приведена группа звёзд нашей Галактики

1. Звезды главной последовательности солнечного типа, красные гиганты, планетарные туманности, новые звезды;
2. Шаровые скопления, звезды-субкарлики, короткопериодические цефеиды;
3. Звезды спектрального класса А;
4. Долгопериодические переменные, звезды с большими скоростями;
5. Звезды классов О и В, сверхгиганты.

2.1 Сопоставьте приведённые выше группы звёзд с их возрастом. Составьте таблицу и запишите номер группы в соответствующую ячейку таблицы

Предельный возраст, млрд. лет	12-15	10-12	5-7	0,1-5	0,1
Номер группы					

Задание №2.1 Решение

Предельный возраст, млрд. лет	12-15	10-12	5-7	0,1-5	0,1
Номер группы	2	4	1	3	5

1. Если правильно указан возраст объекта, за каждый правильный ответ **2 балла**
 2. Если порядок объектов 2 и 4, перепутан но они занимают первые две позиции, то оценка составляет **3 балла.**
 3. Если объекты 3 и 5 перепутаны, но занимают последние позиции **3 балла**
- Всего за задачу 10 баллов**

2.2 Сопоставьте приведённые выше группы звёзд нашей Галактики с содержанием тяжёлых химических элементов, % (металличностью). Составьте таблицу и запишите номер группы в соответствующую ячейку таблицы

Содержание тяжёлых химических элементов, %	3-4	4	2	1	0,1-05
Номер группы					

Задание №2.2 Решение

Содержание тяжёлых химических элементов, %	3-4	4	2	1	0,1-05
Номер группы	5	3	1	4	2

1. Если правильно указано содержание химических элементов, за каждый правильный ответ **2 балла**
 2. Если порядок объектов 5 и 3, перепутан но они занимают первые две позиции, то оценка составляет **3 балла**.
 3. Если объекты 4 и 2 перепутаны, но занимают последние две позиции **3 балла**
- Всего за задание 10 баллов**

Задание №3

Определить звездное время в пункте с географической долготой $\lambda_1 = 2^h 23^m 37^s$ в момент, когда в пункте с географической долготой $\lambda_2 = 80^\circ 05' ,5$ у звезды Веги (α Лиры) часовой угол равен $t_B = 4^h 29^m 48^s$. Прямое восхождение Веги $\alpha = 18^h 35^m 15^s$.

Задание №3 Решение:

выразим географическую долготу второго пункта в единицах времени:

$$\lambda_2 = 80^\circ 05' ,5 = 5^h 20^m 22^s. \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

звездное время во втором пункте (с λ_3)

$$S_2 = \alpha + t = 18^h 35^m 15^s + 4^h 29^m 48^s = 23^h 05^m 03^s. \quad \mathbf{3 \text{ балла}}$$

Разность звёздного времени в двух пунктах равна разности долгот этих пунктов. Следовательно

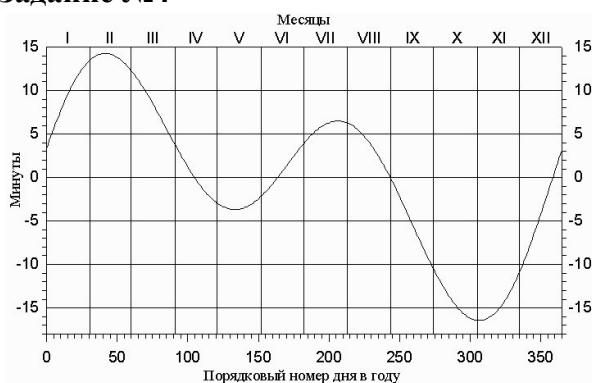
$$S_2 - S_1 = \lambda_2 - \lambda_1$$

и в первом пункте (с λ_1) звездное время

$$S_1 = S_2 + (\lambda_1 - \lambda_2) = 23^h 05^m 03^s + (2^h 23^m 37^s - 5^h 20^m 22^s) = 20^h 08^m 18^s; \quad \mathbf{3 \text{ балла}}$$

Всего за задание 8 баллов

Задание №4



Наблюдатель находится в Донецке (48° с.ш. и $37^\circ 47'$ в.д.). Какое время будут показывать часы наблюдателя во время верхней кульминации Солнца 12 декабря.

На рисунке приведено уравнение времени.

Задание №4 Решение:

Координаты Донецка составляют 48° северной широты и $37^\circ 48'$ восточной долготы. Переведём долготу в часовую меру

$$37^\circ \cdot 4^m = 148^m = 2^h 28^m$$

$$47' \cdot 4^s = 188^s = 3^m 8^s$$

Тогда

$$37^\circ 47' = 2^h 31^m 8^s \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

Время на нулевом меридиане, когда в Донецке будет полдень, определится как

$$T_0 = T_m - \lambda = 12^h - 2^h 31^m 8^s = 9^h 28^m 52^s, \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

Получаем, что полдень в точке наблюдения наступит в $9^h 28^m 52^s$, по всемирному времени (или времени нулевого меридиана). Так как время в Донецке определяется по Москве, т.е. третьего часового пояса, —(UTC+3.0 по Москве) то разница поясного и всемирного времени в данной точке составляет 3 часа в соответствии с номером часового пояса. В итоге, верхняя кульминация среднего Солнца в данной точке будет наблюдаться в

$$12^h 28^m 52^s. \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

поясного времени.

Второй вариант решения. Разность долгот 3 часового пояса и Донецка

$$45^\circ - 37^\circ 47' = 7^\circ 13' = 28^m 48^s$$

Переведём долготу в часовую меру

$$7^\circ \cdot 4^m = 28^m$$

$$13' \cdot 4^s = 52^s$$

$$7^\circ 13' = 28^m 52^s$$

Определим среднее солнечное время, когда истинное Солнце будет в верхней кульминации. Из уравнения времени

$$\eta = T_M - T_\odot$$

получим

$$T_M = \eta + T_\odot$$

из графика уравнения времени для 12 декабря $\eta = -6$

тогда

$$T_M = 12^h - 6^m = 11^h 54^m$$

Поясное время кульминации истинного Солнца наступает

$$T_M = 11^h 54^m + 28^m 52^s = 12^h 22^m 46^s \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

Всего за задание 8 баллов

Задание №5

Большая полуось малой планеты равна $a = 0,92234 \text{ а.е}$ и эксцентриситет ее орбиты $e = 0,19111$. В 2029 году расстояние между этой планетой и Землёй будет минимальным, а видимая звёздная величина будет составлять примерно $m = 2^m$. Абсолютная звёздная величина планеты $M = 19,7^m$

Найти перигельное и афелийное расстояния этой планеты

сидерический период этой планеты

круговую скорость этой планеты

что это за планета

определить приблизительно минимальное расстояние, на которое эта планета приблизится к Земле

Задание №5 Решение

перигельное расстояние:

$$q = a(1 - e) = 0,92234 \cdot (1 - 0,1911) = 0,74608 \text{ а.е.}$$

афелийное расстояние:

$$Q = a(1 + e) = 0,92234 \cdot (1 + 0,1911) = 1,099 \text{ а.е.} \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

Так как орбита астероида пересекает орбиту Земли, то он относится к группе потенциально опасных астероидов.

Это астероид Апофис.

Из третьего закона Кеплера $\frac{T^2}{T_{\oplus}^2} = \left(\frac{a}{a_{\oplus}}\right)^3$ получим сидерический период обращения

$$T = a\sqrt{a} = 0,92234 \sqrt{0,92234}; T = 0,8858 \text{ года}, \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

круговая скорость

$$v_{\text{кр}} = \frac{29,8}{\sqrt{a}} = \frac{29,8}{\sqrt{0,92234}} = 31,03 \text{ км/с.} \quad \mathbf{2 \text{ балла}}$$

Освещённость, создаваемая отражённым светом планетой или астероидом

$$E = kA \frac{d^2}{r^2 \rho^2}.$$

Запишем формулу Погсона

$$M - m = -\lg \left(kA \frac{d^2}{r_0^2 \rho_0^2} \right) + \lg \left(kA \frac{d^2}{r_{\text{н}}^2 \rho_{\text{н}}^2} \right),$$

где $\rho_0 = r_0 = 1 \text{ а.е.}$

$$M - m = 2,5 \lg \left(\frac{r_0^2 \rho_0^2}{r_{\text{н}}^2 \rho_{\text{н}}^2} \right).$$

Так как размеры орбиты астероида близки к размерам орбиты Земли, примем, что расстояние астероида до Солнца примерно равно 1 а.е. Тогда

$$10^{0,4(M-m)} = \left(\frac{r_0^2 \rho_0^2}{r_{\text{н}}^2 \rho_{\text{н}}^2} \right) = \left(\frac{1 \cdot 1}{r_{\text{н}}^2} \right)^2 = \left(\frac{1}{r_{\text{н}}} \right)^2.$$

$$\sqrt{10^{0,4(M-m)}} = \frac{1}{r_{\text{н}}}.$$

откуда находим расстояние от Земли до астероида

$$r_{\text{н}} = \frac{1}{\sqrt{10^{0,4(M-m)}}} = \frac{1}{\sqrt{10^{0,4(19,7-2)}}} = 2,88 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.} \approx 43 \cdot 10^3 \text{ км.}$$

$$r_{\text{н}} \approx 43 \cdot 10^3 \text{ км}$$

2 балла

Всего за задание 8 баллов

Всего за работу 52 баллов