

## Астрономия, 9 класс, муниципальный этап

### Общие рекомендации для членов жюри

1. Решение каждой задачи предлагается оценивать по **8-бальной** системе. Максимальное количество баллов присуждается только при наличии объяснения полученного результата.
2. При проверке работ несколькими членами жюри целесообразно распределить задачи между проверяющими так, чтобы одну задачу проверял только один член жюри. Это позволяет сохранить объективность проверки.
3. Организатор олимпиады должен предоставить участнику дополнительные данные, необходимые для получения численного результата в соответствии с содержанием текстов заданий.
4. При численных расчетах необходимо соблюдать правила действия с приближенными величинами.
5. Итоговый результат каждой работы рекомендуется представлять как сумму всех баллов, набранных участниками олимпиады за все задачи.

### Решения

#### Задание 1.

Какое созвездие имеет самую большую площадь на небесной сфере?

#### *Решение:*

Созвездие Гидры.

**Ответ:** Созвездие Гидры.

#### **Рекомендации для жюри:**

*За правильный ответ 8 баллов.*

*За ответ «Большая Медведица» ставится не больше 3 баллов.*

#### Задание 2.

Определите широту места наблюдения, если в верхней кульминации звезда находится на зенитном расстоянии  $z_в = 80^\circ$ , а в нижней кульминации ее зенитное расстояние  $z_н = 180^\circ$ .

#### *Решение:*

Связь между зенитным расстоянием звезды  $z_в$  в верхней кульминации, его склонением  $\delta$  и широтой местности  $\varphi$  дается формулой

$$z_в = \varphi - \delta \text{ (кульминация происходит к югу от зенита).}$$

В случае нижней кульминации, имеем  $z_н = 180^\circ - \varphi - \delta$ .

$$\text{Отсюда следует } \varphi = \frac{180^\circ + (z_в - z_н)}{2}.$$

Подставляя числовые значения величин, получим  $\varphi = 40^\circ$

**Ответ:**  $40^\circ$ .

#### **Рекомендации для жюри:**

*Применение формул для верхней и нижней кульминаций звезд дают по 2 балла.*

Рассмотрение случая, когда звезда кульминирует к северу от зенита  $z_s = \delta - \varphi$ ,

$$a \varphi = \frac{180^\circ - (z_s + z_n)}{2} = -40^\circ, \text{ повышает оценку на 2 балла.}$$

Правильные вычисления дают еще 2 балла.

### **Задание 3.**

Определите приблизительно звездное время в полдень 23 сентября в Ярославле.

#### **Решение:**

Полагаем – 23 сентября – день осеннего равноденствия, а в день весеннего равноденствия звездное время в полдень равно 0 часов. Кроме того, учитываем, что звездные часы «убегают» за сутки на 4 минуты по сравнению с солнечными часами.

За полгода звездные часы ушли вперед на  $180 * 4 = 720$  мин. = 12 час.

**Ответ:** 12 час.

#### **Рекомендации для жюри:**

За указание того, что в день весеннего равноденствия в полдень (приблизительно) звездное время составляет 0 часов, ставится 3 балла.

Учет «ускорения» звездного времени – в сутки на 4 минуты – дает 3 балла.

Верные вычисления дают еще 2 балла.

### **Задание 4.**

В некоторый момент времени звездные величины двух галактик оказались равными  $m_1 = +26.7^m$  и  $m_2 = +21.7^m$  соответственно. Во сколько раз одна галактика ярче другой?

#### **Решение:**

Освещенности  $E$ , создаваемые небесными телами, и их звездные величины  $m$  связаны соотношением

$$\frac{E_2}{E_1} = 2.512^{m_1 - m_2}.$$

Подставляя числовые значения, находим

$$\frac{E_2}{E_1} = 2.512^{26.7 - 21.7} = 2.512^5.$$

Поскольку  $2.512^5 = 100$ , то получим

$$\frac{E_2}{E_1} = 100.$$

Таким образом, вторая галактика ярче первой в 100 раз.

**Ответ:** Вторая галактика ярче первой в 100 раз.

#### **Рекомендации для жюри:**

Указание на формулу, устанавливающую связь между звездными величинами небесных тел и создаваемыми ими освещенностям, дает 4 балла.

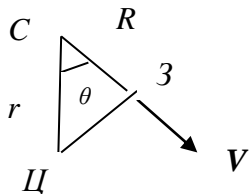
Вычисление отношения освещенностей, создаваемых галактиками, повышает оценку на 4 балла.

**Задание 5.**

Расстояние от Солнца до некоторой звезды составляет  $R = 6.4952$  кпк. Угол между направлениями от Солнца на центр Галактики и на звезду равен  $\theta = 30^\circ$ . Определите расстояние от Солнца до Центра Галактики. Направление галактоцентрической скорости звезды совпадает с направлением «Солнце – звезда». Звезда движется вокруг центра Галактики равномерно по круговой орбите.

**Решение:**

Отметим на рисунке положения Солнца  $C$ , центра Галактики  $\mathcal{C}$ , звезды  $Z$ , а также укажем направление скорости  $V$  звезды.



(Учитываем, что при движении тела по окружности, вектор скорости тела перпендикулярен радиусу орбиты, проведенному из центра окружности к телу).

Из прямоугольного треугольника  $\mathcal{C}ZC$  находим

$$r = \frac{R}{\cos \theta}.$$

В числовой форме

$$R = \frac{6.4952}{\cos 30^\circ} = 7.500 \text{ кпк.}$$

**Ответ:** 7.5 кпк.

**Рекомендации для жюри:**

За рисунок ставится 3 балла.

Формула для определения расстояния от Солнца до центра Галактики дает еще 3 балла.

Правильные вычисления повышают оценку на 2 балла.

**Задание 6.**

В современную эпоху плотность энергии реликтового излучения составляет приблизительно  $E = 5 \cdot 10^{-14}$  Дж/м<sup>3</sup>. Энергия 1 реликтового фотона равна  $E_1 = 10^{-22}$  Дж. Концентрация атомов водорода во Вселенной составляет  $n = 3 \cdot 10^{-7}$  см<sup>-3</sup>. Найдите отношение числа реликтовых фотонов к числу частиц вещества во Вселенной. Учтите, что водород – самый распространенный элемент во Вселенной.

**Решение:**

Определим число  $N$  реликтовых фотонов в одном кубическом метре.

$$N = \frac{E}{E_1} = 5 \cdot 10^8 \text{ м}^{-3}.$$

Найдем число  $n$  атомов водорода в 1 м<sup>3</sup> Вселенной.

$$n = 3 \cdot 10^{-7} \text{ см}^{-3} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ м}^{-3}.$$

Предполагая, что вещество и реликтовые фотоны равномерно распределены во Вселенной (Метагалактике), найдем искомое отношение

$$\frac{N}{n} = \frac{5 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^{-1}} = 1.67 \cdot 10^9.$$

**Ответ:**  $1.67 \cdot 10^9$ . (На каждый атом вещества Вселенной приходится свыше миллиарда реликтовых фотонов)

**Рекомендации для жюри:**

*Определение числа реликтовых фотонов в  $1 \text{ м}^3$  Вселенной оценивается в 2 балла.*

*Определение числа атомов водорода в  $1 \text{ м}^3$  Вселенной дает 2 балла.*

*Предположение о равномерном распределении фотонов и атомов водорода во Вселенной увеличивает оценку на 2 балла.*

*Верные вычисления повышают оценку еще на 2 балла.*