

## Астрономия, 10 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.

В некотором пункте второй часовой зоны России истинное солнечное время совпало с московским временем. Определите долготу этого пункта, если уравнение времени в этот день было  $\eta = +14$  минут.

#### **Решение:**

Среднее солнечное время  $T_m$  и истинное солнечное время  $T_C$  связаны уравнением времени

$$\eta = T_C - T_m. \quad (1)$$

Среднее солнечное время  $T_m$ , всемирное время  $T_0$  и долгота пункта связаны равенством

$$T_m = T_0 + \lambda. \quad (2)$$

Московское время  $T_M$  и всемирное время  $T_0$  связаны соотношением (для второй часовой зоны)

$$T_M = T_0 + 3 \text{ час.} \quad (3)$$

Тогда, для определения долготы  $\lambda$ , имеем  $\eta = T_C - (T_M - 3 \text{ час.} + \lambda)$ .

$$\lambda = 3 \text{ час.} - \eta.$$

В числовой форме  $\lambda = 3 \text{ час.} - 14 \text{ мин.} = 2 \text{ час.} 46 \text{ мин.}$

**Ответ:** 2 час. 46 мин.

#### **Рекомендации для жюри:**

За каждое из трех соотношений (1), (2), (3) ставится по 2 балла.

Верные вычисления дают еще 2 балла.

(При решении задачи возможен случай  $\eta = T_m - T_C$ , что не считается ошибкой при дальнейших правильных вычислениях).

**Задание 2.**

Комета в перигелии подходит к Солнцу на расстояние  $r_{II} = 3$  а.е., а в афелии она удаляется от Солнца на расстояние  $r_A = 7$  а.е. Определите большую полуось и эксцентриситет ее орбиты.

**Решение:**

Перигелийное  $r_{II}$  и афелийное  $r_A$  расстояния кометы определяются из первого закона Кеплера при  $v_{II} = 0^\circ$  и  $v_A = 180^\circ$

$$r_{II} = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{1 + e \cdot \cos v_{II}} = a \cdot (1 - e).$$

$$r_A = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{1 + e \cdot \cos v_A} = a \cdot (1 + e).$$

Из этих соотношений находим

$$a = \frac{r_A + r_{II}}{2}.$$

$$e = \frac{r_A - r_{II}}{r_A + r_{II}}.$$

Подставляя числовые значения известных величин, получим

$$a = 5 \text{ а.е.}$$

$$e = 0.4.$$

**Ответ:** 5 а.е.; 0.4.

**Рекомендации для жюри:**

*Применение первого закона Кеплера дает 2 балла.*

*Вывод выражений для искомых величин  $a$  и  $e$  дает по 2 балла за каждое соотношение.*

*Верные вычисления повышают оценку на 2 балла (по 1 баллу за каждый правильный ответ).*

*При «угадывании» ответа ставится не выше 1-2 баллов.*

**Задание 3.**

На каком максимальном расстоянии находится объект, со светимостью в 1000 миллиардов раз превышающей светимость Солнца, если объект возможно наблюдать в телескоп с диаметром зеркала  $D = 60$  м при предельной звездной величине  $m_T = 26^m$ ?

**Решение:**

Расстояние до объекта найдем из соотношения, вытекающего из формулы Погсона

$$d = 10^{1+0.2(m_T - M)}.$$

$M$  – абсолютную звездную величину найдем из формулы Погсона

$$\lg \frac{L}{L_C} = 0.4 \cdot (M_C - M).$$

В числовой форме, при  $M_C = +4.8^m$ , имеем

$$\lg 10^{12} = 0.4 \cdot (4.8 - M).$$

$$M = -2/0.4 + 4.8 = -25.2^m.$$

Тогда

$$d = 10^{1+0.2(26-(-25.2))} = 10^{11.24} \text{ пк}$$

Учитывая, что размеры Метагалактики (видимой части Вселенной) составляют 13.9 миллиардов световых лет  $\sim 10^{10}$  световых лет, то данный объект находится за пределами исследованной части Вселенной.

**Ответ:**  $10^{11.24}$  пк. (Данный объект находится за пределами исследованной части Вселенной).

**Рекомендации для жюри:**

*Применение формулы Пугсона для вычисления расстояния  $d$  через видимую и абсолютную звездные величины дает 2 балла.*

*Определение абсолютной звездной величины объекта (через известные параметры Солнца) дает 2 балла.*

*Вывод, что данный объект находится за пределами исследованной части Вселенной, дает 2 балла.*

*Правильные вычисления повышают оценку еще на 2 балла.*

**Задание 4.**

Солнце движется вокруг центра Галактики со скоростью  $V_1 = 220$  км/с, а некоторая звезда проходит путь  $s = 0.025$  пк за 100 тропических лет. Скорость какого объекта больше и во сколько раз?

***Решение:***

Определим скорость второй звезды в километрах в секунду из соотношения

$$V_2 = s/t.$$

Здесь

$$s = 0.025 \text{ пк} = 0.025 \cdot 206265 \text{ а.е.} = 0.025 \cdot 206265 \cdot 149.6 \cdot 10^6 \text{ км} = 7.7143 \cdot 10^{11} \text{ км.}$$

$$t = 100 \text{ лет} = 100 \cdot 365.2422 \text{ сут.} = 100 \cdot 365.2422 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} = 3.155 \cdot 10^9 \text{ с.}$$

Находим

$$V_2 = \frac{7.7143 \cdot 10^{11}}{3.1557 \cdot 10^9} = 244.457 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

$$\frac{V_2}{V_1} = 1.111 \text{ раз.}$$

**Ответ:**  $V_2 > V_1$ ;  $V_2/V_1 = 1.111$  раз.

**Рекомендации для жюри:**

*Перевод  $s$  из парсеков в километры дает 4 балла.*

*Перевод  $t$  из тропических лет в секунды дает 2 балла.*

*Верные вычисления  $V_2$  и  $V_2/V_1$  повышают оценку еще на 2 балла (по одному баллу за каждый верный результат).*

**Задание 5.**

Оцените, при каком значении температуры  $T$  Вселенной в ней появились протоны.

**Решение:**

Приравняем полную энергию протонов  $E$  энергии  $E_T$  их теплового движения.

$$E = mc^2.$$
$$E_T = (3/2) \cdot kT.$$

Здесь

$m = 1.67 \cdot 10^{-27}$  – масса протона,

$c = 3 \cdot 10^8$  м/с – скорость света,

$k = 1.38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана.

Находим

$$T = \frac{2 \cdot m \cdot c^2}{3 \cdot k}.$$
$$T = \frac{2 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{3 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}} = 7.26 \cdot 10^{12} \text{ К}.$$

**Ответ:**  $T = 7.26 \cdot 10^{12}$  К.

**Рекомендации для жюри:**

*Оценка полной энергии протона дает 2 балла.*

*Оценка тепловой энергии протона дает 2 балла.*

*Выражение для определения температуры «рождения» протонов во Вселенной увеличивает оценку еще на 2 балла.*

*Правильные вычисления дополнительно повышают оценку на 2 балла.*

*Оценка не снижается при отсутствии множителя 3/2 в выражении для тепловой энергии  $E_T$  протона.*

**Задание 6.**

Почему при расширении Вселенной отношение числа фотонов к полному числу частиц вещества не меняется?

**Решение:**

Концентрация тех и других частиц при расширении Вселенной изменяется как  $a^{-3}$ , где  $a$  – характерный «размер» Вселенной, отношение этих чисел остается постоянным.

**Ответ:** Концентрация частиц обратно пропорционально кубу «радиуса» Вселенной для тех и других частиц. Отношение чисел не изменяется.

**Рекомендации для жюри:**

*Указание на то, что числа частиц остаются постоянными, дает 4 балла.*

*Указание на то, что концентрация тех и других частиц изменяется обратно пропорционально кубу радиуса Вселенной, повышает оценку на 4 балла.*