

**Задания муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии 2019/2020 учебный год.**

**Время выполнения 3 часа.**

**11 класс**

**Ответы и критерии оценивания**

**Задание 1**

Во сколько раз размеры звезды-сверхгиганта со светимостью  $10000 L_{\odot}$  больше, чем звезды главной последовательности, если их температуры одинаковы и равны  $5800^{\circ}$ ?

**Решение.**

Звезда главной последовательности с температурой  $5800^{\circ}$  - это Солнце. Светимость Солнца  $L_{\odot} = 1$ .

$$L = \sigma T^4 4\pi R^2.$$

Их температуры равны. Откуда радиус сверхгиганта в 100 раз больше радиуса звезды главной последовательности (Солнца).

*Максимум за задание – 8 баллов.*

**Задание 2**

В некотором пункте звезда Вега ( $\alpha=18^{\text{h}}37^{\text{m}}$ ,  $\delta=+38^{\circ}47'$ ) проходит точно через зенит. Какую звезду чаще можно видеть из этого пункта: Антарес ( $\alpha=16^{\text{h}}29^{\text{m}}$ ,  $\delta=-26^{\circ}26'$ ) или Сириус ( $\alpha=6^{\text{h}}45^{\text{m}}$ ,  $\delta=-16^{\circ}43'$ )?

**Решение.**

Широта этого пункта  $38^{\circ}47'$  (северная). В ответе должно быть пояснение этого факта в виде рисунка или формул.

Поскольку Сириус на небесной сфере расположен севернее, чем Антарес (ближе к небесному экватору), то он проводит над горизонтом больше времени. Кроме того, Сириус – зимняя звезда, а Антарес летняя, и наблюдать Сириус удаётся дольше еще и потому, что зимой весь его суточный путь надо горизонтом приходится на тёмное время суток.

Максимальная оценка за задачу – 8 баллов. Если ответ дан без объяснения, то оценка не может превышать двух баллов.

**Задание 3**

Два космических аппарата будущего стартуют с Земли со скоростями относительно Солнца  $1000 \text{ км/с}$  и  $10000 \text{ км/с}$  соответственно. Первый летит к экзопланете Проксима Центавра b (параллакс  $\pi=768,7$  миллисекунды дуги), а второй – к планетной системе вокруг звезды TRAPPIST-1 (расстояние  $39,50$  световых лет). По прилёту оба корабля сразу же отправят некоторые данные на Землю с помощью радиосвязи. Данные от какого корабля придут раньше и на сколько? Ответ представьте в годах. Временем полёта внутри планетных систем и

относительным движением звёзд пренебречь.

**Решение:**

Найдём время полёта до каждой звезды.

1) Проксима Центавра b

Расстояние  $r = \frac{1}{\pi} = 1,3 \text{ пк} = 4,015 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Время  $\tau = \frac{r}{v} = 4,015 \cdot 10^{10} \text{ сек} = 1272,3 \text{ года}$

2) Звезда TRAPPIST-1

Расстояние  $r = 39,5 \times 24 \times 3600 \times 365,25 \times 3 \cdot 10^8 \text{ м} = 3,74 \cdot 10^{17} \text{ м}$

Время  $\tau = \frac{r}{v} = 1185 \text{ лет}$

(это же время можно найти проще:  $\tau = 39,5 \times \frac{300000 \text{ км/с}}{10000 \text{ км/с}} = 1185 \text{ лет}$ )

Учтём, что данные, отправленные с аппаратов, будут лететь до получателя на Земле разное время.

$t_1 = 1272,3 + 1,3 \times 3,26 = 1276,5 \text{ года}$  (3,26 – число световых лет в 1 парсеке; можно найти расстояние в световых годах и иначе, например,  $1272,3 \cdot 1000 / 300000$ )

$$t_2 = 1185 + 39,5 = 1224,5 \text{ года}$$

3) Разница времени будет равна

$$\Delta t = 1276,5 - 1224,5 = \text{на } 52 \text{ года.}$$

**Ответ:** Данные от второго корабля придут быстрее на 52 года.

*Критерии оценивания обратите внимание, для разных классов критерии отличаются, как и условия этой задачи).*

Основное, что должно быть показано в решении данной задачи, это умение работать с расстояниями, заданными разными способами, умение переводить из одних единиц измерений в другие, понимание конечности скорости распространения сигнала и учёт этого в решении.

За вычисление времени полёта до каждой из звёзд (любым способом, но ответ должен совпасть с приведённым выше с учётом возможного округления на разных этапах – допускается отличие во времени прилёта кораблей  $\pm 10$  лет) **по 2 балла**. При наличии арифметической ошибки эти **баллы не выставляются**. Однако, если верно записаны формулы (например, вычисления расстояния по параллаксу), то может быть выставлено **по 1 баллу** за звезду.

За учёт времени распространения сигнала от звезды до Земли явно или косвенно, т.е. без указания, почему появилось дополнительное слагаемое, **по 1 баллу** за звезду (выставляется и при наличии арифметической ошибки в предыдущей и в этой части решения, т.е. тут важно понимания самого факта, что это время надо учесть).

За вычисление разности времён для обоих случаев и формулировку ответа в годах с корректным числом значащих цифр + **2 балла** (ставятся только при отсутствии ошибок на предыдущих этапах).

Максимум за задание – 8 баллов.

#### Задание 4

Видимая звёздная величина Луны в полнолунии равна -12,8. Оцените поверхностную яркость Луны в единицах «звёздная величина с квадратной угловой секунды». Необходимые формулы и вычисления приведите в решении.

#### Решение.

Известно, что угловой диаметр диска Луны примерно равен 30' или 1800". Тогда площадь лунного диска в квадратных угловых секундах равна:

$$S = \pi R^2 = \pi * \left(\frac{1800}{2}\right)^2 = 2,54 * 10^6$$

Площадка поверхности Луны размером в 1 квадратную угловую секунду будет создавать на поверхности Земли освещенность  $E_1$  в  $S$  раз меньше, чем освещенность  $E_2$  от полной Луны. В соответствии с формулой Погсона для звёздных величин  $m_1$  площадки и  $m_2$  Луны можно записать:

$$m_1 - m_2 = 2,5 \lg \frac{E_2}{E_1} = 2,5 \lg S$$

Звёздная величина 1 кв.угл.сек поверхности Луны будет равна:

$$m_1 = 2,5 \lg(2,54 * 10^6) - 12,8 = 3,2$$

Ответ: 3,2 звездной величины с 1 кв. угл. сек.

#### Критерии оценивания:

Записать формулы Погсона (даже без её использования в решении) оценивается в **2 балла**.

Этап вычисления площади лунного диска в квадратных угловых секундах с ответом в диапазоне  $2,5 \cdot 10^6$  (для радиуса Луны 15') -  $2,9 \cdot 10^6$  (для радиуса Луны 16') оценивается в **2 балла**.

Вычисление поверхности яркости оценивания **от 0 до 4 баллов** в зависимости от полноты и правильности.

Каждая арифметическая ошибка снижает оценку на **2 балла**.

Итого, правильный ответ (допускается ответ в диапазоне 3-3,4 звёздной величины с 1 кв. угл. сек) с решением оценивается в **8 баллов**. Только правильный ответ (при отсутствии решения) оценивается в **2 балла**.

Максимум за задачу – 8 баллов.

#### Задание 5

На рисунке приведена диаграмма температура-светимость (диаграмма Герцшпрунга-Рессела), на которой схематически обозначено положение основных классов звёзд и приведены 3 эволюционных трека (т.е. последовательность положений одной звезды за время её жизни).

- 1) Выберите из треков те, которые соответствуют действительности (в ответе укажите номера начальной и конечной точек трека, т.е. 1-2, 3-4, 5-6).
- 2) Подпишите названия классов звёзд, соответствующих областям на диаграмме, помеченным буквами А, Б, В, Г.

**Ответ:** 1) Правильный трек только один: 3-4;  
 2) классы звёзд: А – белые карлики, Б – главная последовательность, В – красные гиганты, Г – сверхгиганты.

**Критерии оценивания:**

Если указан только верный трек + **4 балла**.

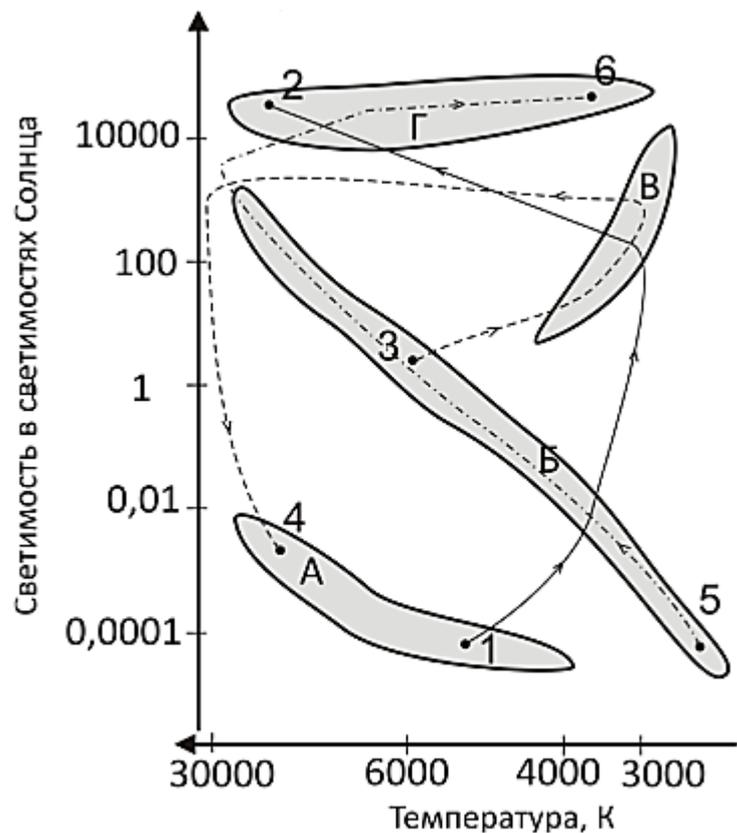
Если указан верный трек и один неверный + **2 балла**.

Если указаны все треки или указаны только ошибочные варианты – **0 баллов**.

За каждый верно указанный класс звёзд + **1 балл**.

За каждый неверно названный класс звёзд – **минус 1 балл**.

**Максимум за задание – 8 баллов.**



**Задание 6**

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 0 часов 27 минут	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18
Марс	6794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 минут	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 минут	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 минут	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 минуты	23,71

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, сделав пояснения и вычисления (где это необходимо) всех утверждений.

- 1) Первая космическая скорость для спутника Сатурна составляет примерно  $50 \frac{км}{с}$
- 2) Ускорение свободного падения на Марсе примерно  $3,7 \frac{м}{с^2}$ .
- 3) Угловая скорость вращения Урана вокруг Солнца больше, чем у Марса.
- 4) За юпитерианский год на планете происходит около 500 юпитерианских суток.
- 5) Объем Марса примерно в 4 раза меньше объема Земли

### Решение

- 1) Неверно. Первая космическая скорость не может быть больше второй

$$(v_2 = v_1 \cdot \sqrt{2} \Rightarrow v_1 = \frac{v_2}{\sqrt{2}} \approx 25 \frac{км}{с}) \text{ (1 балл)}.$$

1) Верно.  $v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{g \frac{d}{2}} \Rightarrow g = \frac{2 \cdot v_1^2}{d}$ ;  $v_2 = v_1 \cdot \sqrt{2} \Rightarrow v_1 = \frac{v_2}{\sqrt{2}}$ ;

$$v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{g \frac{d}{2}} \Rightarrow g = \frac{2 \cdot v_1^2}{d} = \frac{v_2^2}{d} \approx 3,7 \frac{м}{с^2} \text{ (2 балла)}$$

- 3) Неверно. Период обращения Урана вокруг Солнца больше, чем период обращения Марса. (1 балл)

- 4) Неверно. Год на Юпитере длится земных 11 лет 315 суток. А земные сутки более, чем в два раза дольше юпитерианских.  $\frac{(11 \cdot 365,3 + 315) 23,93ч}{9,9ч} \approx 10474$ . (2 балла).

- 5) Неверно.  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ , т.е  $V \sim R^3 \sim d^3 \Rightarrow \frac{V_3}{V_M} = \left( \frac{d_3}{d_M} \right)^3 = 1,88^3 \neq 4$  (2 балла).

Максимум за задание – 8 баллов.

### Общие рекомендации членам жюри по оцениванию работ участников олимпиады

1. Жюри олимпиады оценивает записи, приведенные только в чистовике. Черновики не проверяются.
2. Не допускается снятие баллов за «плохой почерк», за решение задачи нерациональным способом, не в общем виде, или способом, не совпадающим с предложенным методической комиссией.
3. Правильный ответ, приведенный без основания или полученный из неправильных рассуждений, не учитывается.
4. Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов. От нуля до максимального за задание.