

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

2025/2026 учебный год

11 класс

Максимальный балл – 40

Задача 1 (максимальный балл – 8)

Определить эффективную температуру и радиус звезды, если ее угловой диаметр равен $0,0035''$, годичный параллакс $0,130''$, видимая звездная величина $-0,54^m$.

Автор: Гусев А.В.

Решение:

Мощность излучения от звезды, падающая на единицу земной поверхности, можно связать с мощностью Солнца с помощью формулы Погсона:

$$\lg\left(\frac{E}{E_c}\right) = 0,4(m_c - m) = 0,4 \cdot (-26,84 + 0,54) = -10,52$$

откуда:

$$E = E_c \cdot 10^{-10,52} = 4,12 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Из закона Стефана-Больцмана следует, что:

$$W_{\text{излучаемая звездой}} = W_{\text{в районе Земли}}$$

Следовательно, эффективная температура звезды определится из выражения:

$$\sigma T^4 \cdot 4\pi r^2 = E \cdot 4\pi d^2,$$

где r – радиус звезды, d – расстояние от Земли до звезды. При этом:

$$r = d \frac{\alpha}{2}.$$

$$d = \frac{1}{p} [\text{парсек}] = \frac{1}{p} \cdot 3 \cdot 10^{16} [\text{м}].$$

Получаем:

$$T \approx 10000 \text{ K}$$

$$r \approx 2 \cdot 10^9 \text{ м}.$$

Критерии оценивания:

№	Пункт критерия	Балл
1	Найдена мощность звезды, падающая на единицу земной поверхности, $E = 4,12 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	2
2	Формула для температуры (закон Стефана - Больцмана)	2
3	Связь параллакса с расстоянием до звезды	1
4	Связь радиуса и углового размера	1
5	Найдена температура звезды $T=10000 \text{ К}$	1
6	Найден радиус звезды $r=2 \cdot 10^9 \text{ м}$	1

Задача 2 (максимальный балл – 8)

Оцените, на сколько астрономических единиц сместится внутренний край зоны обитаемости, если светимость звезды возрастет в 4 раза по сравнению со светимостью Солнца. Считайте, что для Солнечной системы внутренний край зоны обитаемости находится на расстоянии 0,8 а.е.

Автор: Верховских И.В.

Решение:

1. Анализ условия

Зона обитаемости определяется условием равенства потока энергии, получаемого планетой, потоку в зоне обитаемости Солнечной системы. Для внутреннего края зоны обитаемости вокруг Солнца расстояние $r_0 = 0,8 \text{ а.е.}$

2. Физическая модель

Поток энергии E , получаемый планетой на расстоянии r от звезды светимостью L , равен:

$$E = \frac{L}{4 \cdot \pi \cdot r^2}.$$

Условие равенства потоков для двух случаев:

$$\frac{L_1}{r_1^2} = \frac{L_2}{r_2^2}.$$

В нашем случае $L_1 = L_{\odot}$, $r_1 = r_0 = 0,8 \text{ а.е.}$, $L_2 = 4L_{\odot}$. Требуется найти r_2

3. Расчёт нового расстояния

Из условия равенства потоков:

$$\frac{L_{\odot}}{r_0^2} = \frac{4L_{\odot}}{r_2^2} \Rightarrow r_2^2 = 4r_0^2 \Rightarrow r_2 = 2r_0.$$

Подставляем $r_0 = 0,8 \text{ а.е.}$:

$$r_2 = 2 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ а.е.}$$

4. Смещение зоны обитаемости

Смещение внутреннего края:

$$\Delta r = r_2 - r_0 = 1,6 - 0,8 = 0,8 \text{ а.е.}$$

Критерии оценивания:

№	Пункт критерия	Балл
1	Указание на использование модели постоянного потока энергии и запись формулы связи светимости и расстояния: $\frac{L}{r^2} = \text{const}$	2
2	Получение формулы и правильная подстановка данных задачи в формулу: $\frac{L_{\odot}}{r_0^2} = \frac{4L_{\odot}}{r_2^2}$	2
3	Корректное решение уравнения и получение значения $r_2 = 1,6 \text{ а.е.}$	2
4	Правильное вычисление смещения $\Delta r = 0,8 \text{ а.е.}$ При отсутствии единиц измерения в ответа: –1 балл	2

Задача 3 (максимальный балл – 8)

На сколько минут и секунд отличается момент верхней кульминации (истинного полудня) истинного Солнца от момента верхней кульминации среднего Солнца 22 декабря, если уравнение времени в этот день составляет $\eta = +1.7$ минуты? В какой момент наступает истинный полдень – раньше или позже среднего?

Автор: Верховских И.В.

Решение:

По определению, уравнение времени:

$$\eta = T_{\text{ср}} - T_{\text{ист}},$$

где $T_{\text{ср}}$ – среднее солнечное время, $T_{\text{ист}}$ – истинное солнечное время.

В момент верхней кульминации (полдня) истинного Солнца его часовой угол:

$$t_{\text{ист}} = 0^{\text{h}}, \text{ а значит } T_{\text{ист}} = 12^{\text{h}} 00^{\text{m}}.$$

Следовательно, в этот момент среднее солнечное время будет:

$$T_{\text{ср}} = \eta + T_{\text{ист}} = +1.7^{\text{m}} + 12^{\text{h}} 00^{\text{m}} = 12^{\text{h}} 01.7^{\text{m}}.$$

Это означает, что истинное Солнце находится в кульминации (истинный полдень), средние солнечные часы показывают $12^{\text{h}} 01.7^{\text{m}}$.

Таким образом, истинный полдень наступает на 1 минуту 42 секунды раньше среднего полудня.

Критерии оценивания:

№	Пункт критерия	Балл
1	За запись определения уравнения времени	2
2	За подстановку значения $T_{\text{ист}} = 12^{\text{h}}$	2
3	За верный расчет $T_{\text{ср}}$	2
4	За верную интерпретацию результата («раньше»)	2

Задача 4 (максимальный балл – 8)

Благодаря явлению либрации, лунный диск для земного наблюдателя совершает небольшие колебания. Одной из причин этого является сочетание равномерного вращения Луны вокруг своей оси и неравномерности её орбитального движения вокруг Земли. Благодаря либрации по долготе, мы можем наблюдать дополнительно по 7° поверхности Луны с её восточного и западного краёв. Рассчитайте, какое дополнительное расстояние на поверхности Луны мы можем увидеть у её лимба из-за либрации по долготе.

Автор: Гусев А.В.

Решение

Либрация по долготе позволяет нам «заглядывать» за видимый край Луны (лимб) на некоторый угол. Этот угол дан в условии: 7° . Нам нужно найти длину дуги на поверхности Луны, соответствующую этому углу.

Длина дуги (L) окружности рассчитывается по формуле: $L = (\pi * R * \alpha) / 180^\circ$ где:

L — длина дуги (искомое расстояние в км), π — число «пи», приблизительно 3.14159, R — радиус Луны (1737 км), α — центральный угол в градусах (7°).

Получаем окончательный результат: $L \approx 212$ км

Критерии оценивания:

№	Пункт критерия	Балл
1	Формула для длины окружности	4
2	Окончательный результат	4

Задача 5 (максимальный балл – 8)

Два близких источника находятся на угловом расстоянии $\theta=2$ угловые секунды. Какой окуляр нужно использовать в телескопе с фокусным расстоянием 1200 мм, что данные звезды были различимы в телескоп как отдельные источники. Разрешение глаза ζ принять за 2 угловые минуты.

Автор: Верховских И.В.

Решение:

Для того, чтобы глаз мог различить два источника, которые расположены на угловом расстоянии в 2 секунды, нужно использовать увеличение телескопа, которое обеспечит угловое расстояние между этими объектами, доступное для глаза. Если разрешение глаза составляет 2 минуты, то увеличение должно быть:

$$\Gamma = \frac{\zeta}{\theta}.$$

2 угловые минуты переведем в угловые секунды: $2 \cdot 60 = 120$ угловых секунд.

Вычислим необходимое увеличение: $\Gamma = \frac{\zeta}{\theta} = \frac{120}{2} = 60$.

При фокусном расстоянии объектива 1200 мм нужно достичь увеличения в 60х, значит вычисляем фокусное расстояние окуляра:

$$\Gamma = \frac{F}{f},$$

$$f = \frac{F}{\Gamma} = \frac{1200}{60} = 20 \text{ (мм)}.$$

Критерии оценивания

№	Пункт критерия	Балл
1	Формула для расчета увеличения телескопа через угловые расстояния	3
2	Формула расчета увеличения телескопа через фокусные расстояния объектива и окуляра	3
3	Получен верный ответ	2