

**Ключи к заданиям муниципального этапа  
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии  
2023-2024 учебного года  
10 класс**

**1 задание (4 балла).**

Астеризм какого созвездия изображен на рисунке 1? Какие из перечисленных объектов могут находиться в этом созвездии?

1. Солнце
2. Астероид
3. Искусственный спутник Земли
4. Уран
5. Меркурий

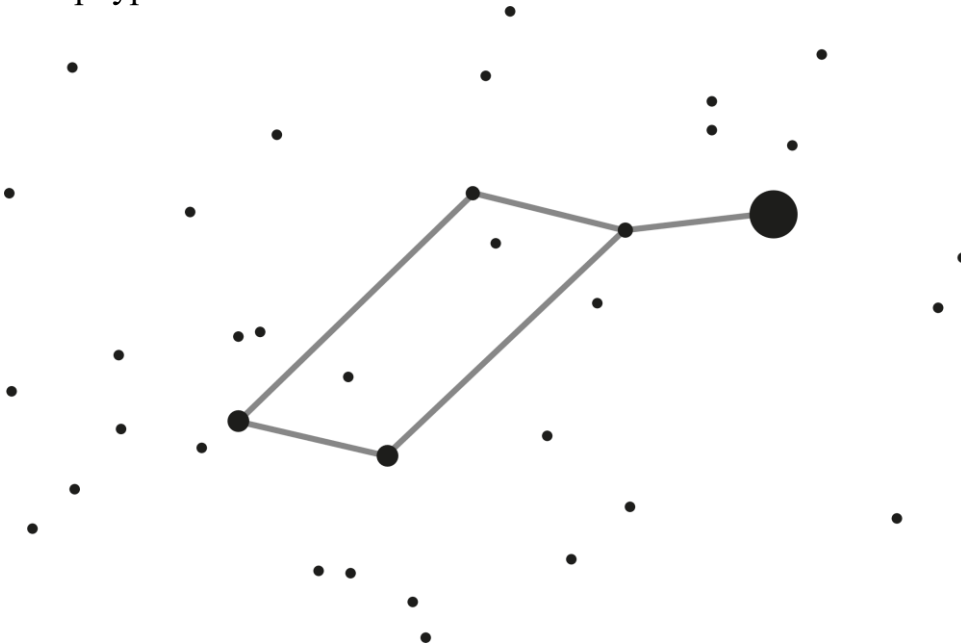


Рисунок 1 - к задаче 1

**Решение**

На рисунке изображен астеризм, относящийся к созвездию Лиры – не зодиакальное созвездие. Видимое движение планет приходится на эклиптику. Видимое движение Солнца приходится на эклиптику. Кометы и искусственные спутники Земли не привязаны к определенной плоскости.

**Ответ**

Созвездие Лиры; объекты 2, 3 (астероид и искусственный спутник Земли)  
(порядок расположения объектов не важен).

№	Критерии	Оценка
1	Правильно определено созвездие <b>ИЛИ</b> Явно указано, что созвездие, представленное на рисунке, не является зодиакальным	2
	Созвездие определено неверно.	0
2	Перечислены <b>только</b> два объекта, которые могут находиться в созвездии.	2
	Перечислены два объекта, которые могут находиться в созвездии <b>И</b> добавлен один объект, которые не может находиться в данном созвездии; <b>ИЛИ</b> Указан <b>только</b> один из двух объектов, которые могут находиться в созвездии	1
	В перечислении есть два и более объектов, которые не могут находиться в созвездии. <b>ИЛИ</b> Не указано ни одного объекта, входящего в правильный ответ.	0
	<b>ИТОГО</b>	4

**2 задание (2 балла).**

Молекула этанола  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  в межзвездной среде была открыта в 1975 году. Сколько високосных годов прошло с того момента?

**Решение**

Правило високосных годов в григорианском календаре: каждый 4-ый месяц високосный, но не каждый 100-ый год, за исключением каждого 400-ого. Задачу можно решить перебором. Так, високосные года: 2020, 2016, 2012, 2008, 2004, 2000 (кратен 400), 1996, 1992, 1988, 1984, 1980, 1976. Всего 12 високосных годов

**Ответ**

12 високосных годов

№	Критерии	Оценка
1	Указано верное количество високосных годов	2
	Указано НЕ верное количество високосных годов	0
	<b>ИТОГО</b>	<b>2</b>

**3 задание (4 балла).**

Расположите объекты в порядке их удаления от планеты Земля (начиная с самого близкого и заканчивая самым отдаленным)

1. Космический телескоп «Джеймс Уэбб» (JWST)
2. Меркурий
3. Туманность Андромеды (M 31)
4. Нептун
5. Туманность Сова (M 97)
6. Проксима Центавра

**Ответ**

124653

**ИЛИ** последовательно расположены соответствующие позиции в текстовом варианте, то есть

1. Космический телескоп «Джеймс Уэбб» (JWST)
2. Меркурий
3. Нептун
4. Проксима Центавра
5. Туманность Сова (M 97)
6. Туманность Андромеды (M 31)

№	Критерии	Оценка
1	Указана верная последовательность объектов	4
	Указана последовательно объектов с точностью до одной близкой перестановки	2
	В любом другом случае	0
	<b>ИТОГО</b>	<b>4</b>

**4 задание (5 баллов).**

Определите широту местности, на которой сделана фотография, представленная на рисунке 2.



Рисунок 2 - к задаче 4

**Решение**

Определим центр снимка, являющийся зенитом наблюдателя (см рисунок 2.1, слева). Проведем линию от центра снимка через полюс мира – его можно определить, как практически неподвижная точка на небе (на рис. 2.1 обозначена, как  $P_N$ ). Расстояние от зенита до полюса мира к расстоянию от полюса мира до зенита относятся, как 2:1.

Теперь учтем, что мы наблюдаем в проекции на небесную сферу. Примем радиус сферы за 1. Составим треугольник и рассчитаем высоту или зенитное расстояние, на котором находится полюс,

$$\cos(h_p) = \frac{\left(\frac{2}{3}\right)}{1} = \frac{2}{3} \approx \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$h_p = \arccos \frac{2}{3} = 48^\circ \approx \arccos \frac{\sqrt{2}}{2} = 45^\circ$$

По теореме о полюсе мира,

$$h_p = \varphi = 48^\circ \approx 45^\circ$$

Действительно, снимок был сделан в поселке Научный, Бахчисарайский район Крыма, территория Крымской астрофизической обсерватории ( $\varphi = 44^\circ 43' 35''$ ).

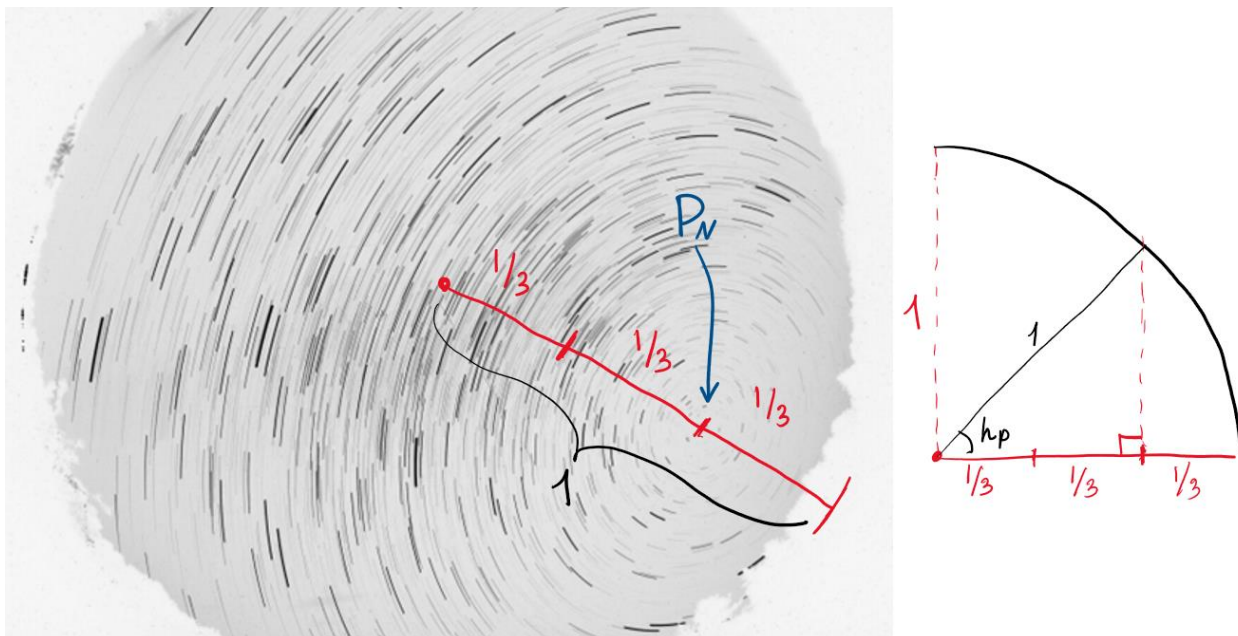


Рисунок 2.1 – к решению задачи 4

**Ответ**  
48°

№	Критерии	Оценка
1	Определено расстояние от зенита до полюса мира и от полюса мира до горизонта, как 2:1	1
	Не были определены расстояния	0
2	Записана или использована теорема о полюсе мира	1
	В решении отсутствует теорема о полюсе мира	0
3	Определена широта наблюдения с точностью до 5°	3
	Широта наблюдения определена некорректно	0
	<b>ИТОГО</b>	<b>5</b>

**5 задание (2 балла).**

На рисунке 3 представлена негативная чёрно-белая фотография, сделанная космическим зондом «Кассини». Что представлено на фотографии?



Рисунок 3 - к задаче 5

**Решение**

Космические зонды занимаются исследованием объектов Солнечной системы. На картинке изображена планета Сатурн. Это можно понять по характерным узорам, которые встречаются только у диска Сатурна.

**Ответ**

Сатурн **ИЛИ** Кольца Сатурна

№	Критерии	Оценка
1	Объект определен правильно	2
	Объект определен не правильно	0
	ИТОГО	2

**6 задание (3 балла).**

Определите фокусное расстояние объектива, дающее изображение Солнца диаметром 10 мм.

**Решение**

Угловой размер Солнца составляет  $\alpha = 0.5^\circ$ . По построению  $\alpha = \beta$ . Угловой размер изображения Солнца  $D = 10$  мм. Тогда для малого угла имеем

$$\sin \beta \approx \beta \text{ (рад)} = \frac{D}{F} \Rightarrow F = \frac{D}{\beta \text{ (рад)}} = \frac{10(\text{мм}) \cdot 180}{0.5 \cdot \pi} = 1150 \text{ мм} = 1.15 \text{ м}$$

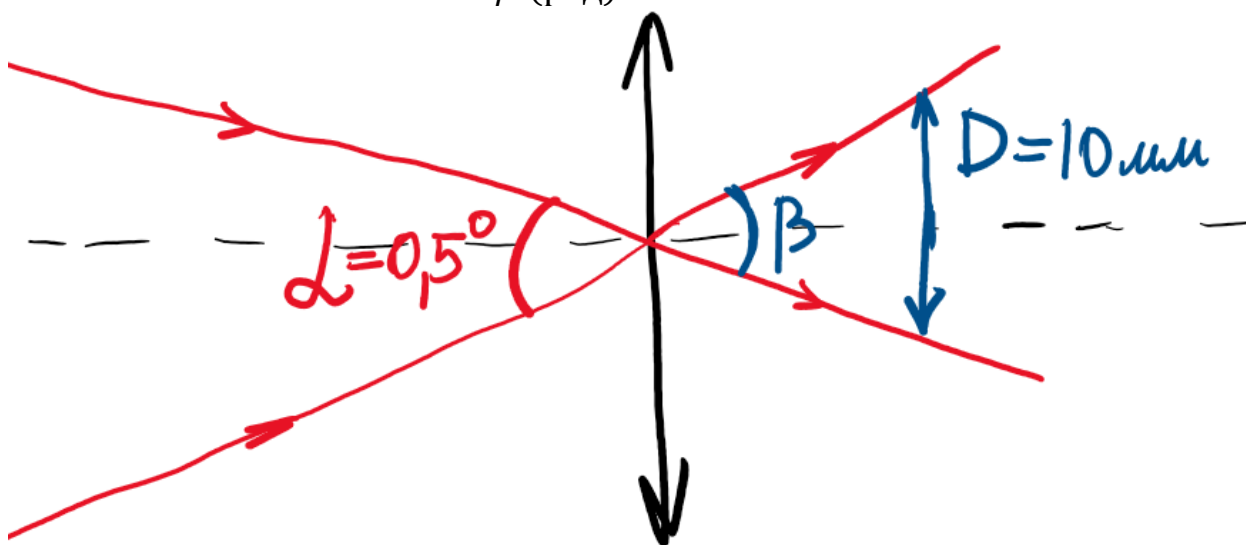


Рисунок 4 - к задаче 6

**Ответ**

1.15 м

№	Критерии	Оценка
1	Корректно рассчитано фокусное расстояние	3
	Полученное фокусное расстояние отличается от правильного более, чем на 10%	0
	ИТОГО	3

**7 задание (4 балла).**

Какие планеты нельзя увидеть рядом с Луной в полнолуние?

**Решение**

В полнолуние Луна находится в противоположном направлении от Солнца, а значит те планеты, которые всегда находятся рядом с Солнцем – внутренние планеты, видны рядом с полной луной не будут. Внутренними планетами по отношению к Земле являются Меркурий и Венера.

**Ответ**

Внутренние планеты

**ИЛИ**

Меркурий и Венера

№	Критерии	Оценка
1	Указаны <b>только</b> обе планеты из ответа; <b>ИЛИ</b> Указано, что будут видны только внутренние планеты.	4
	Указаны обе планеты из ответа <b>И</b> указана ещё какая-то планет Солнечной системы; <b>ИЛИ</b> Указана <b>только</b> одна планета из ответа.	2
	Указано более двух планет, не входящих в правильный ответ <b>ИЛИ</b> Указано ни одной планеты из ответа	0
	<b>ИТОГО</b>	4

**8 задание (8 баллов).**

Большая полуось орбиты Нептуна составляет 30 а.е., причем его орбита практически круговая

- 1) Определите период обращения Нептуна вокруг Солнца;
- 2) Определите линейную скорость Нептуна на орбите.

**Решение**

- 1) Запишем уравнение гармонии мира (3 закон Кеплера для Земли и одной из планет Солнечной системы)

$$(T [\text{зем г}])^2 = (a [\text{а. е.}])^3$$

$$T = \sqrt{a^3} = \sqrt{30^3} = 164.3 \text{ зем г} = 3943 \text{ сут} = 1.42 \cdot 10^7 \text{ с} = 3944 \text{ ч}$$

- 2) Поскольку орбита движения Нептуна практически круговая (большая полуось в этом случае является радиусом окружности), то справедлива формула для кругового движения

$$v = \omega R \Rightarrow \left[ \omega = \frac{2\pi}{T} \right] \Rightarrow v = \frac{2\pi R}{T} \equiv \frac{2\pi a}{T} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 30 \text{ (а. е.)}}{164.3 \text{ (зем г)}}$$



$$v = 1.15 \frac{\text{а. е.}}{\text{зем г}} = 1.72 \cdot 10^{11} \frac{\text{М}}{\text{зем г}} = 5450 \frac{\text{М}}{\text{с}} = 5.45 \frac{\text{КМ}}{\text{с}} = 1.92 \cdot 10^7 \frac{\text{М}}{\text{ч}} = 1.92 \cdot 10^4 \frac{\text{КМ}}{\text{ч}}$$

**Ответ**

$$T = \sqrt{a^3} = \sqrt{30^3} = 164.3 \text{ зем г} = 3943 \text{ сут} = 1.42 \cdot 10^7 \text{ с} = 3944 \text{ ч}$$

$$v = 1.15 \frac{\text{а. е.}}{\text{зем г}} = 1.72 \cdot 10^{11} \frac{\text{М}}{\text{зем г}} = 5450 \frac{\text{М}}{\text{с}} = 5.45 \frac{\text{КМ}}{\text{с}} = 1.92 \cdot 10^7 \frac{\text{М}}{\text{ч}} = 1.92 \cdot 10^4 \frac{\text{КМ}}{\text{ч}}$$

№	Критерии	Оценка
1	Записан третий закон Кеплера в явном или неявном виде; <b>ИЛИ</b> Записано уравнение гармонии мира; <b>ИЛИ</b> За критерий 2 стоит 1 балл.	2
	Использована гармония мира (см прим. 1)	1
	В решении задачи нет упоминания закона Кеплера	0
2	Получена или записана формула для вычисления периода обращения Нептуна	1
	В решении отсутствует формула расчета обращения Нептуна	0
3	Получено правильное численное значение периода обращения Нептуна	1
	Полученное значение периода обращения Нептуна не совпадает с ответом более, чем на 10%	0
4	Записана или использована связь угловой и линейной скоростей <b>ИЛИ</b> Записана или использована связь линейной скорости с радиусом/большой полуосью орбиты и периодом обращения планеты	2
	Отсутствует связь угловой и линейной скорости <b>ИЛИ</b> Отсутствует связь линейной скорости с радиусом/большой полуосью орбиты и периодом обращения планеты	0
5	Получено правильное значение линейной скорости Нептуна.	2
	Полученное значение линейной скорости Нептуна не совпадает с ответом более, чем на 10%	0
	<b>ИТОГО</b>	8

### 9 задание (8 баллов).

Астрономы неожиданно на небе обнаружили туманность, угловые размеры которой растут непрерывно, с постоянной скоростью. Слева (рисунок 4) изображена картинка в начале наблюдений, а справа через час. Через сколько эта туманность покрое всё видимое небо от начала момента наблюдения, если центр туманности всегда находится в зените наблюдателя? Один квадратик сетки соответствует одной квадратной секунде дуги. Рефракцией и рельефом Земли пренебречь.

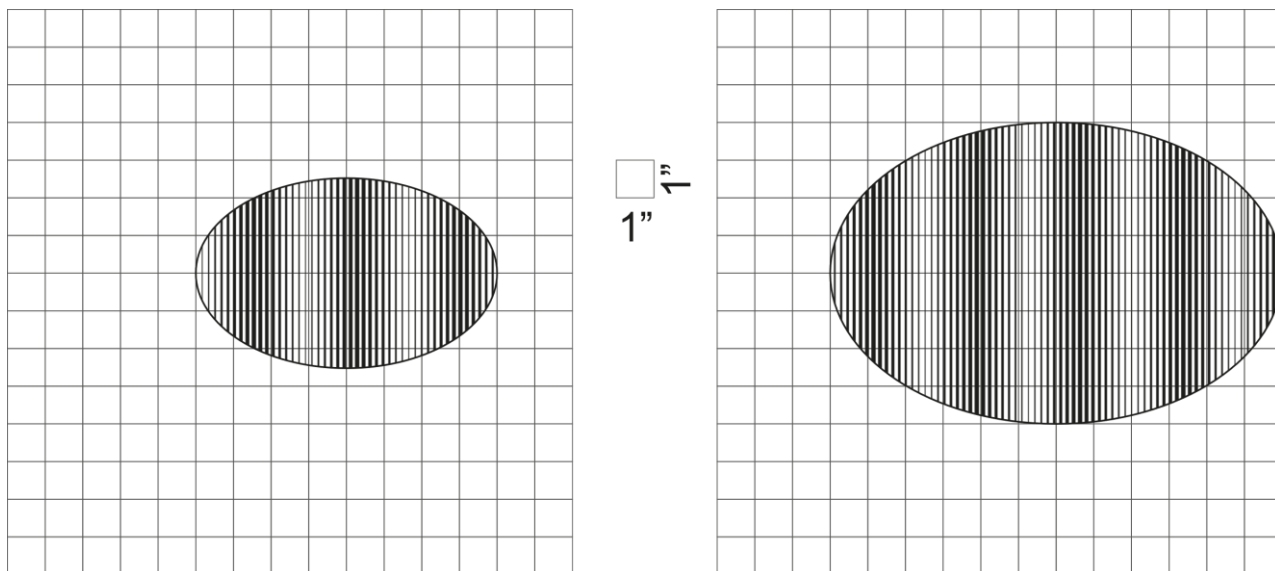


Рисунок 5 - к задаче 9

### Решение

Измерим, насколько изменяется угловой размер туманности за час (см рис. 5.1) Заметим, что «влево» и «вправо» пятно расширяется равномерно, точно также для «вверх» и «вниз». Пусть  $\rho$  – скорость углового увеличения пятна. Тогда

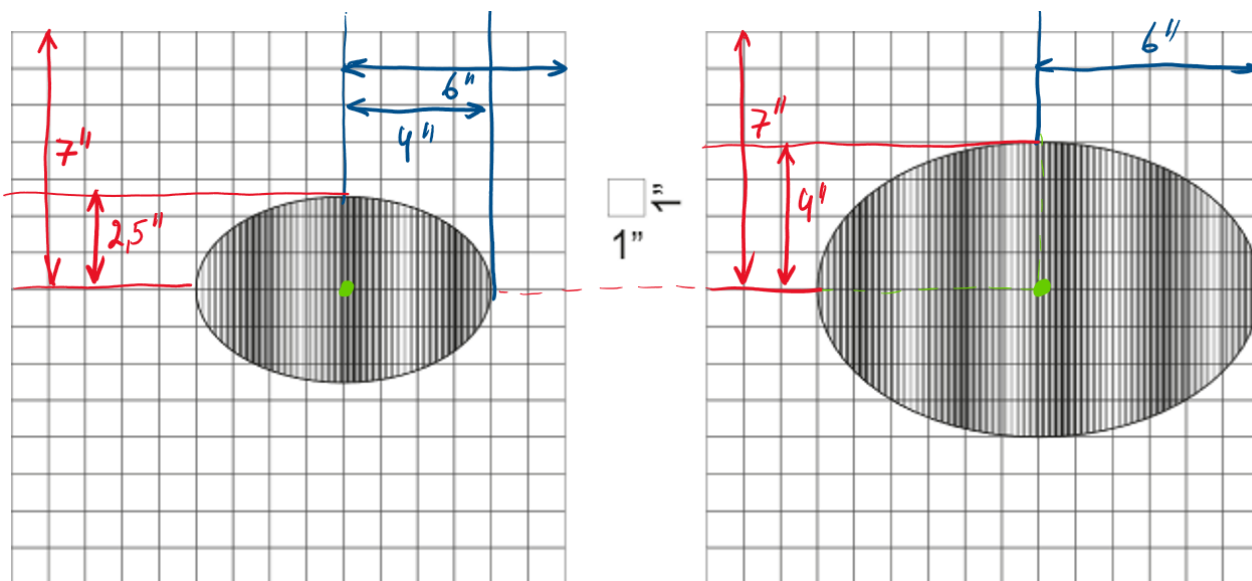


Рисунок 5.1 - к решению задачи 9

$$\rho_{\Gamma} = 6''/\text{ч} - 4''/\text{ч} = 2''/\text{ч}$$

$$\rho_{\text{В}} = 4''/\text{ч} - 2.5''/\text{ч} = 1.5''/\text{ч}$$

Угловые скорости измеряются от центра туманности (координаты центра  $7''$  от верха по вертикали,  $6''$  от правой грани по горизонтали).

Туманность покроеет все видимое небо наблюдателя, когда по горизонтали и вертикали будет как минимум 180 градусов, или 90 градусов по одному из направлений

Рассчитаем, когда пятно будет занимать по «горизонтали» и по «вертикали»  $90^\circ$ :

$$t_{\Gamma} = \frac{90^\circ - 4''}{\rho_{\Gamma}} = \frac{324000'' - 4''}{2''} = 161998 \text{ ч} = 6750 \text{ сут} = 18.5 \text{ зем г}$$

$$t_{\text{В}} = \frac{90^\circ - 7''}{\rho_{\text{В}}} = \frac{324000'' - 7''}{1.5''} = 215995 \text{ ч} = 9000 \text{ сут} = 24,6 \text{ зем г}$$

За 18.5 земных годов «горизонтальная» часть туманности покроеет «горизонтальную» часть видимого неба наблюдателя, но это будет не всё небо. Через 24,6 лет покроеется и горизонтальная часть, и вертикальная часть, а значит будет покрыто все небо.

**Ответ**

24.6 земных года.

### **Примечание**

- 1) От момента начала наблюдений туманность имеет ненулевые размеры. Это нужно учесть при расчете времени, за которое туманность поглотит наблюдаемое небо. Либо необходимо указать, что указанным начальным размером туманности можно пренебречь.

№	Критерии	Оценка
1	Рассчитана угловая скорость для «горизонтальной» и «вертикальной» составляющих	3
	Рассчитана угловая скорость <b>только</b> для «горизонтальной» составляющей <b>ИЛИ</b> Рассчитана угловая скорость <b>только</b> для «вертикальной» составляющей	1
	Угловые скорости не рассчитывались	0
2	Учтен начальный размер туманности для расчета того, насколько сильно должна увеличиться туманность для пререкрытия неба (см прим. 1) <b>ИЛИ</b> Явно указано, что начальными размерами пятна можно пренебречь	1
	Не учтен начальный размер туманности	0
3	Рассчитано время, за которое туманность поглотит небо по «вертикали» и «горизонтали» <b>ИЛИ</b> Рассчитано время, за которое туманность поглотит небо по «вертикали» <b>И</b> явно указано, что по время по «вертикали» будет больше времени по «горизонтали»	2
	В другом случае	0
4	Дан правильный ответ на задачу	2
	Дан некорректный ответ на задачу	0
	<b>ИТОГО</b>	<b>8</b>

**10 задание (8 баллов).**

Тройная звездная система состоит из двух желтых карликов и одного красного карлика. Освещенность, создаваемая красным карликом, в 49,5 раз меньше освещенности, создаваемой одним желтым. Возможно ли увидеть такую тройную звезду глазом, если звездная величина красного карлика  $m = 12^m$ ?

**Решение**

Запишем закон Погсона для трех звезд и красного карлика,

$$E = E_1 + E_2 + E_3 = [E_1 = E_2] = 2E_1 + E_3$$

$$\frac{E}{E_3} = \frac{2E_1}{E_3} + 1 = 10^{-0.4(m-m_3)}$$

$$2 \cdot \frac{E_1}{E_3} + 1 = 10^{-0.4(m-m_3)}$$

$$2 \cdot 49.5 + 1 = 100 = 10^{-0.4(m-m_3)}$$

Прологарифмируем по основанию десятки,

$$\lg 100 = 2 = 0.4(m_3 - m)$$

$$m = m_3 - 5 = 12^m - 5^m = 7^m$$

Глаз воспринимает звездную величину не более  $6^m$ . Поскольку  $m > 6^m$ , то такую тройную систему мы не увидим.

**Ответ**

Нет, нельзя увидеть.

№	Критерии	Оценка
1	Записана или использована сумма освещенностей для тройной системы	2
	Сумма освещенностей отсутствует	0
2	Записан закон Погсона для тройной системы и одной из звезд.	3
	Записан закон Погсона для каких-то из звезд по отдельности	2
	Закон Погсона отсутствует в решении	0
3	Получено значение звездной величины тройной системы	2
	Получено некорректное значение звездной величины	0
4	Дан правильный ответ на задачу	1
	Дан некорректный ответ на задачу	0
	<b>ИТОГО</b>	<b>8</b>