

**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

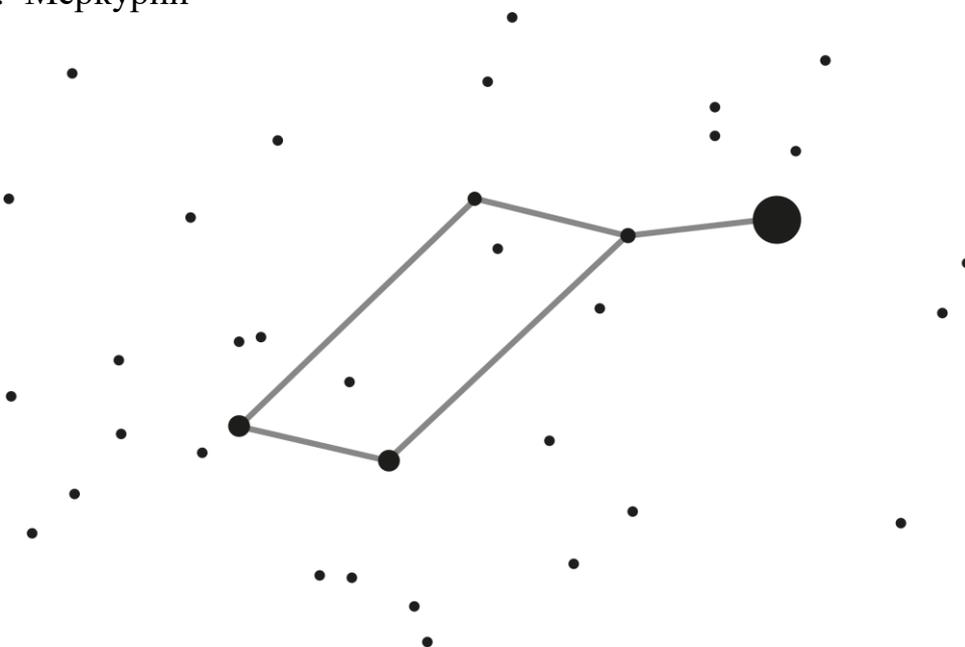


Рисунок 1 - к задаче 1

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 ИЛИ Явно указано, что созвездие, представленное на рисунке, не является зодиакальным	2
	Созвездие определено неверно.	0
2	Перечислены только два объекта, которые могут находиться в созвездии.	2
	Перечислены два объекта, которые могут находиться в созвездии И добавлен один объект, которые не может находиться в данном созвездии; ИЛИ Указан только один из двух объектов, которые могут находиться в созвездии	1
	В перечислении есть два и более объектов, которые не могут находиться в созвездии. ИЛИ Не указано ни одного объекта, входящего в правильный ответ.	0
	ИТОГО	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
	ИТОГО	2

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
	ИТОГО	4

4 задание (5 баллов).

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

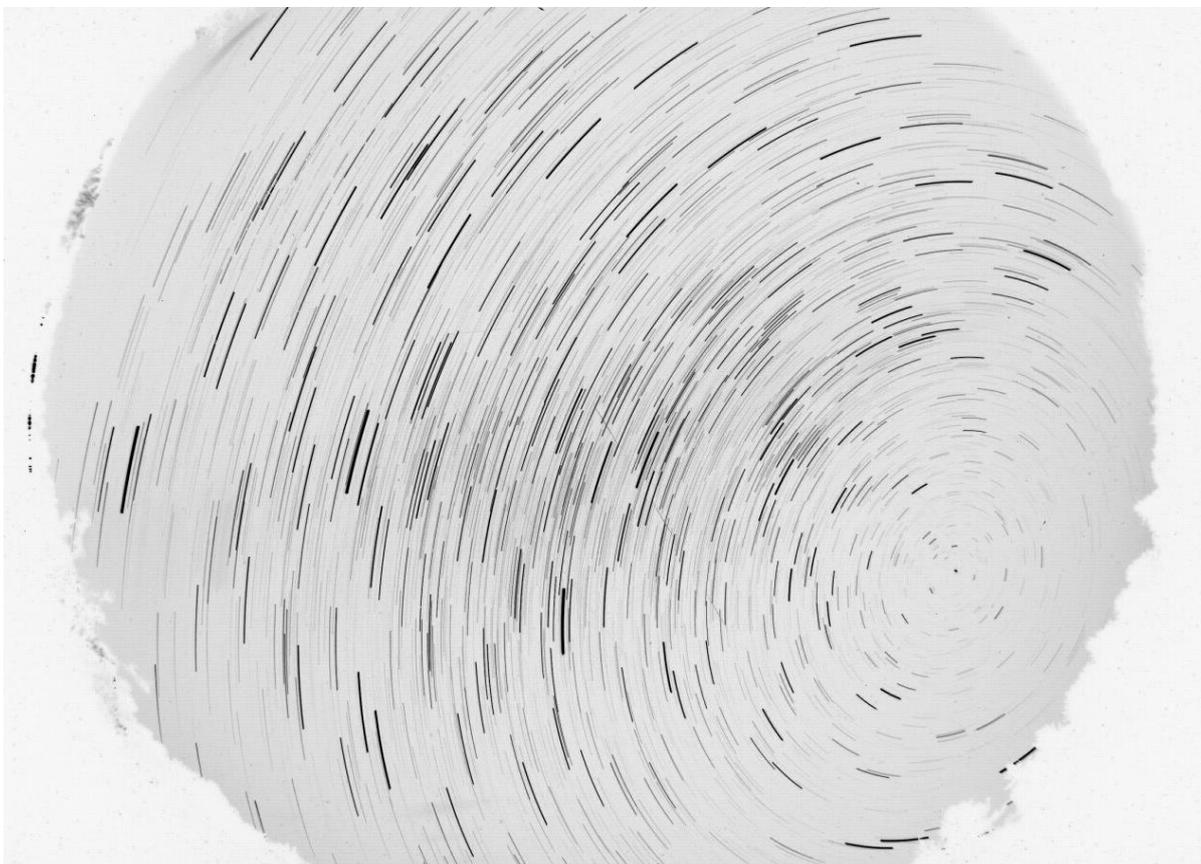


Рисунок 2 - к задаче 4

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 ($\varphi = 44^\circ 43' 35''$).

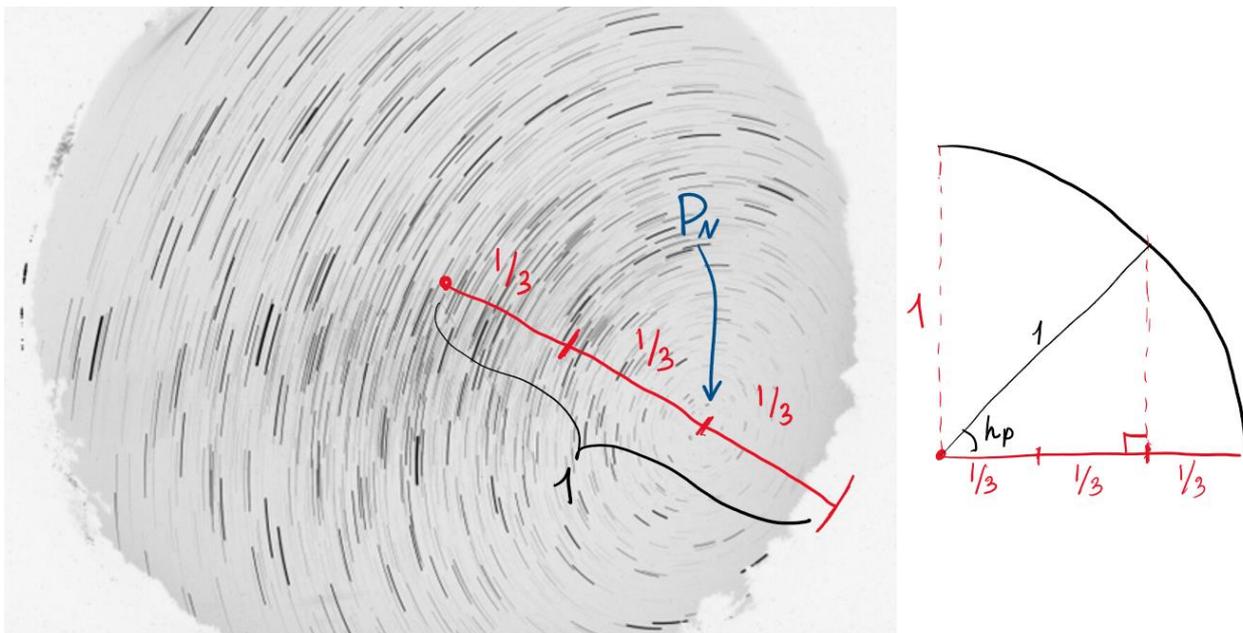


Рисунок 2.1 – к решению задачи 4

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
	ИТОГО	5

5 задание (2 балла).

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

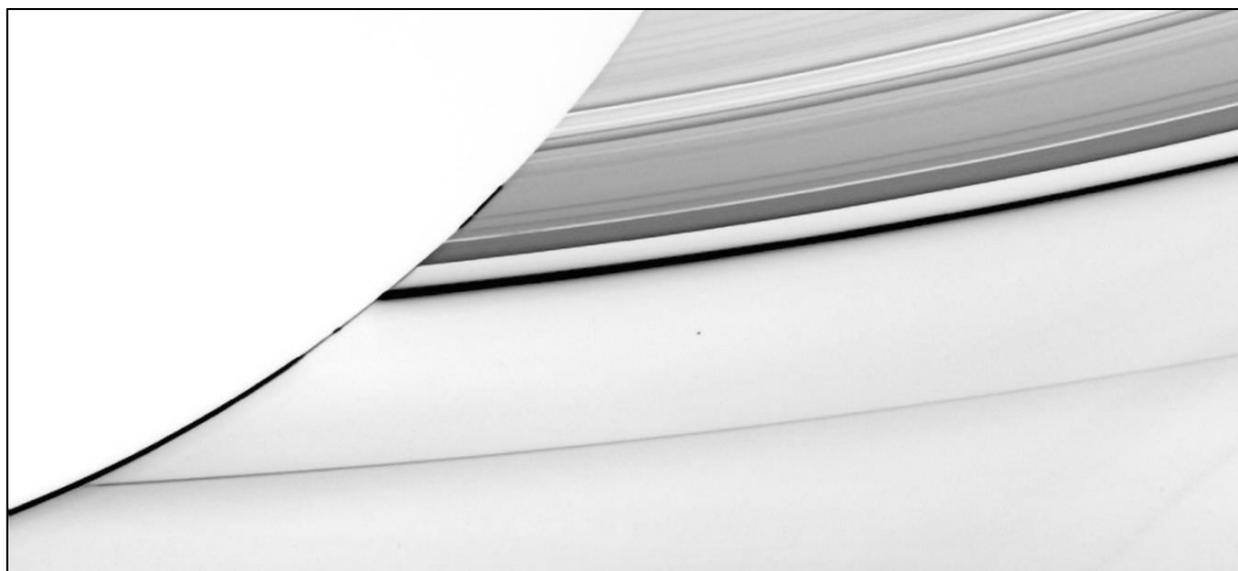


Рисунок 3 - к задаче 5

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

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

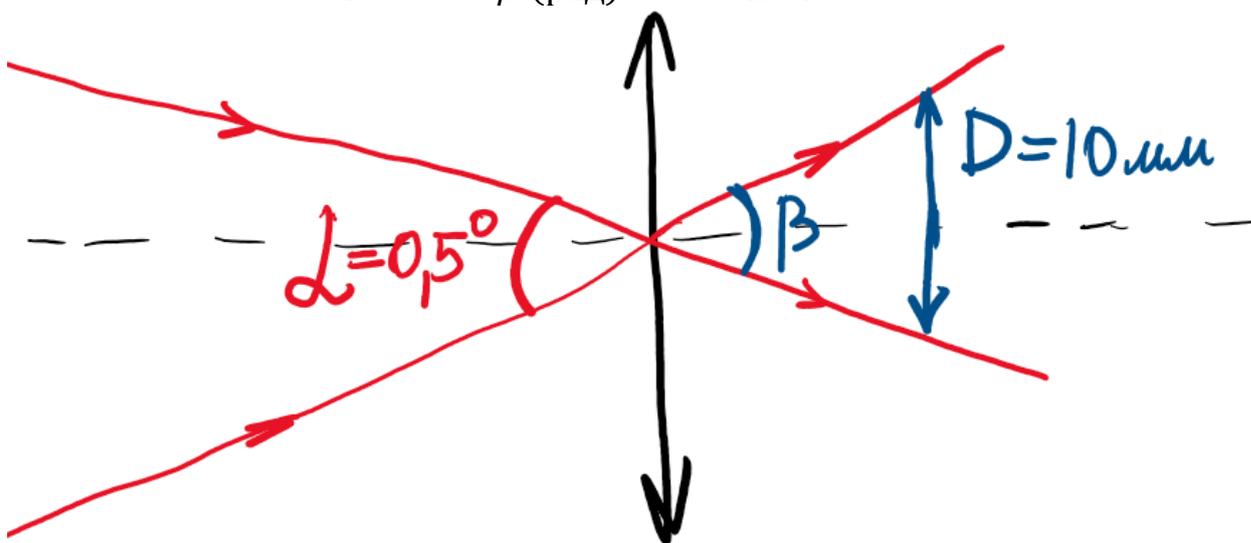


Рисунок 4 - к задаче 6

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 только обе планеты из ответа; ИЛИ Указано, что будут видны только внутренние планеты.	4
	Указаны обе планеты из ответа И указана ещё какая-то планет Солнечной системы; ИЛИ Указана только одна планета из ответа.	2
	Указано более двух планет, не входящих в правильный ответ ИЛИ Указано ни одной планеты из ответа	0
	ИТОГО	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; ИЛИ Записано уравнение гармонии мира; ИЛИ 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 ИЛИ Записана или использована связь линейной скорости с радиусом/большой полуосью орбиты и периодом обращения планеты	2
	Отсутствует связь угловой и линейной скорости ИЛИ 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
	ИТОГО	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.

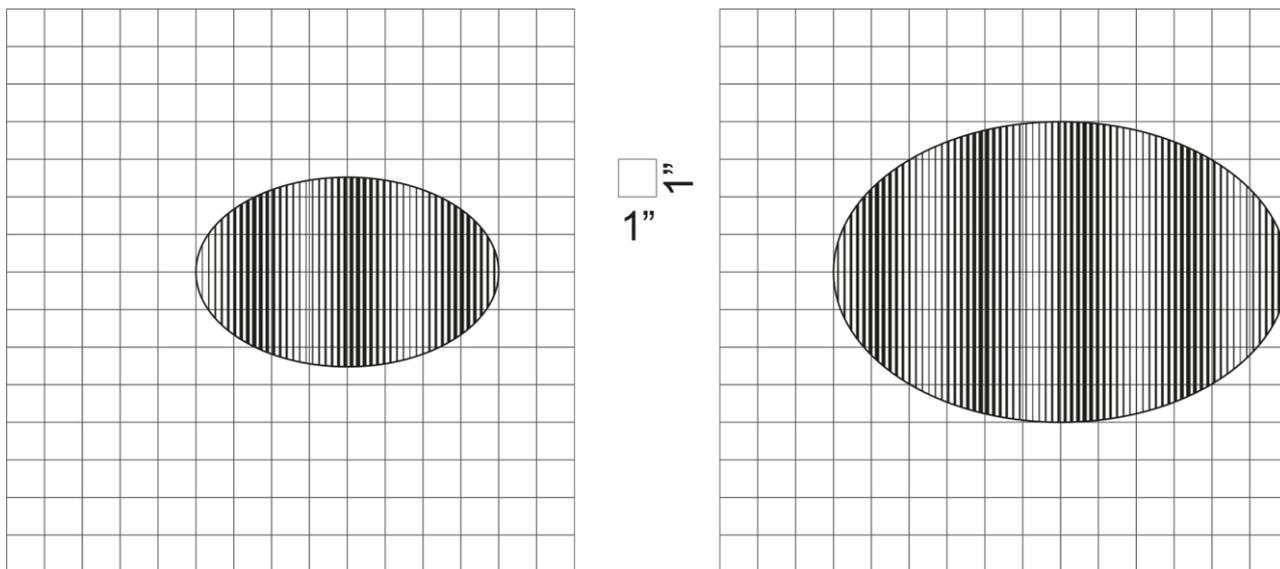


Рисунок 5 - к задаче 9

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 ρ – скорость углового увеличения пятна. Тогда

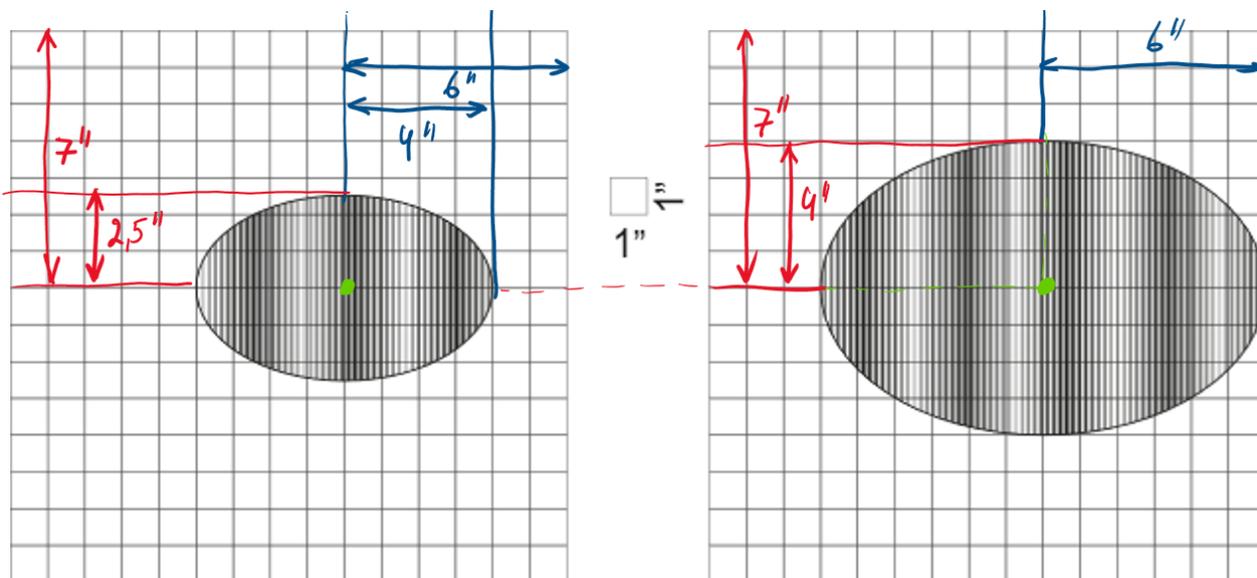


Рисунок 5.1 - к решению задачи 9

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

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

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° :

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

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

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 только для «горизонтальной» составляющей ИЛИ Рассчитана угловая скорость только 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) ИЛИ 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» ИЛИ Рассчитано время, за которое туманность поглотит небо по «вертикали» И 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
	ИТОГО	8

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
	ИТОГО	8