



**ЗОЛОТОЕ
СЕЧЕНИЕ**

ФОНД ПОДДЕРЖКИ
ТАЛАНТЛИВЫХ ДЕТЕЙ
И МОЛОДЕЖИ

Разбор заданий муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников по астрономии для 10 класса

**2025/2026 учебного года
в Свердловской области**

Разработчик –
Кулеш Максим Вячеславович,
УрФУ

ВС{ }Ш



Задание 1: Кто старое помянет

В таблице вам предложены 8 событий в истории астрономии.

- А. Событие под каким номером произошло позже всех нижеперечисленных?
- В. Событие под каким номером произошло раньше всех нижеперечисленных?
- С. Расположите номера всех событий в хронологическом порядке, от самого раннего до самого позднего, и приведите в виде строки из 8 чисел.

№	Событие
1	Открытие законов Кеплера
2	Создание первой фотографии Солнца Луи Физо и Леоном Фуко
3	Запуск космического телескопа имени Хаббла
4	Создание первого телескопа Галилео Галилеем
5	Создание первой фотографии солнечного спектра Генри Дрейпером
6	Открытие Урана Уильямом Гершелем
7	Создание первого радиотелескопа Гроутом Ребером
8	Создание классической механики Исааком Ньютоном



Решение :

Знание истории науки и техники и логические рассуждения помогут правильно расставить события:

Запуск космического телескопа имени Хаббла стоил около 6 млрд долларов, потребовал применения большого числа технологий и совместной работы огромного числа ученых, инженеров и конструкторов. Он появился явно позже всех остальных.

Создание первого телескопа Галилео Галилеем и последующие наблюдения Луны, планет и их спутников телескопом - одни из ключевых событий астрономии XVII века, которые привели к смене центра мира (гелиоцентрическая система пришла на смену геоцентрической). Астрономия невозможна без наблюдений, и Галилео впервые сделал эти наблюдения "вооруженными".

Открытие Урана (6) не могло произойти до ньютоновской механики (8), а для её создания Ньютон опирался на труды Кеплера (1), который, в свою очередь, уже использовал некоторые телескопические наблюдения (4) Радионаблюдения (7) появились позже спектрального анализа (5), а он - позже фотографии самого Солнца (2)

Правильная последовательность: 41862573. Каждое верное сочетание оценивается.
Общая сумма верных сочетаний делится нацело на 7 и выставляется в качестве итогового балла

Событие	Номер
Создание первого телескопа Галилео Галилеем – ответ Б	4
Открытие законов Кеплера	1
Создание классической механики Исааком Ньютоном	8
Открытие Урана Уильямом Гершелем	6
Создание первой фотографии Солнца Луи Физо и Леоном Фуко	2
Создание первой фотографии солнечного спектра Генри Дрейпером	5
Создание первого радиотелескопа Гроутом Ребером	7
Запуск космического телескопа имени Хаббла – ответ А	3

Задание 2 Горячий килограмм

Вам даны четыре тела разной степени нагретости:

- 1) Солнце;
- 2) Сириус (температура 9900 К, масса в две солнечной массы, радиус 1.7 солнечных);
- 3) Вольфрамовая нить (2900 К, плотность 18 , толщина 50 мкм, длина многократно превышает толщину);
- 4) Человек (310 К, 60 кг, площадь поверхности 1.7).

Каждое из этих тел излучает с каждой единицы своей площади поверхности некоторую мощность излучения. Считая, что все они являются однородными абсолютно черными телами (АЧТ) соответствующей температуры, массы и размеров:

А. Ответьте, какое из этих тел имеет наибольшую мощность излучения единицы площади поверхности? Почему?

Б. Найдите, во сколько раз тело с наибольшей превосходит тело с наименьшей по этому параметру, т. е. отношение. Ответ дайте с точностью до порядка величины (т. е. округлите до ближайшей степени десятки).

В. Рассчитайте полную мощность излучения на единицу массы (в Вт/кг) всех четырех тел. Результаты расчетов приведите с точностью до порядка величины.

Решение А и Б:

А. Более нагретое тело излучает больше энергии со своей поверхности. Самая высокая температура у Сириуса. Ответ - **Сириус**

Б. Согласно закону Стефана-Больцмана, мощность излучения единицы площади абсолютно черного тела (АЧТ) связана с его абсолютной температурой следующим соотношением:

$$j = \sigma T^4,$$

где $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$ - постоянная Стефана-Больцмана.

Поэтому для отношения наибольшего (Сириус) к наименьшему (человек) имеем:

$$\frac{j_{\max}}{j_{\min}} = \frac{\sigma (T_{\alpha \text{CMA}})^4}{\sigma (T_{\text{чел}})^4} = \left(\frac{T_{\alpha \text{CMA}}}{T_{\text{чел}}} \right)^4 = \left(\frac{9900}{310} \right)^4 \approx 1.040 \cdot 10^6.$$

Решение В – для Солнца, Сириуса и человека:

В. Обозначим как W удельную на массу m мощность излучения полной площади поверхности S . Тогда,

$$W = \frac{jS}{m} = \frac{\sigma T^4 S}{m}.$$

$$W_{\text{чел}} = \frac{5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} \cdot (310 \cdot \text{К})^4 \cdot 1.7 \cdot \text{м}^2}{60 \cdot \text{кг}} = 14.84 \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{кг}} \approx 10 \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{кг}}.$$

$$W_{\odot} = \frac{\sigma T_{\odot}^4 4\pi R_{\odot}^2}{M_{\odot}} = 1.96 \cdot 10^{-4} \frac{\text{Вт}}{\text{кг}} \approx 10^{-4} \frac{\text{Вт}}{\text{кг}},$$

$$W_{\alpha \text{CMA}} = \frac{\sigma T_{\alpha \text{CMA}}^4 4\pi (1.7 R_{\odot})^2}{2 M_{\odot}} = 2.40 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{кг}} \approx 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{кг}}.$$

Решение В – для вольфрамовой нити:

Для подсчета удельного энергосодержания нити будем считать её цилиндром диаметра $d = 50 \text{ мкм} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ и неопределенной высоты H , которая для итогового расчета не потребуется, как мы увидим далее.

Площадь боковой грани такого цилиндра $S_{\text{ц}} = \pi d H$ (площадью торцов пренебрежем по условию), а масса $m_{\text{ц}} = \rho V_{\text{ц}} = \frac{\rho \pi d^2 H}{4}$. Тогда

$$W_{\text{нить}} = \frac{\sigma T_{\text{ц}}^4 S_{\text{ц}}}{m_{\text{ц}}} = \frac{4\sigma T_{\text{ц}}^4}{\rho d} = 4.46 \cdot 10^6 \frac{\text{Вт}}{\text{кг}} \approx 10^6 \frac{\text{Вт}}{\text{кг}}.$$

Пункт	Критерий	Баллы
А	Приведено обоснование вида: "Чем больше температура, тем больше излучательная способность единицы площади АЧТ"	1
	или Приведено обоснование в виде формулы Стефана-Больцмана	
	Приведен правильный ответ: Сириус	1
Б	Приведен ответ: 10^6 , или 1 000 000, или 1 040 145	1
	Ответ округлен до целой степени десятки (10^6 , или 1 000 000)	1
В	Приведен расчет и округленный до целой степени десятки правильный ответ для удельного энерговыделения:	
	для человека ($10 \frac{\text{Вт}}{\text{кг}}$)	1
	для Солнца ($10^{-4} \frac{\text{Вт}}{\text{кг}}$)	1
	для Сириуса ($10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{кг}}$)	1
	для вольфрамовой нити ($10^6 \frac{\text{Вт}}{\text{кг}}$)	1
Итого:		8

Задание 3 Снова пролет

Сигнал от спутника, отправляющего сигнал на частоте 1575420 кГц, принимается на частоте 1575430 кГц спустя 66700 мкс в некотором пункте. В небе этого же пункта в момент приема сигнала видимая угловая скорость спутника равна $35'/\text{мин}$. **А.** Из-за чего принимаемая в пункте частота сигнала больше отправленной? **Б.** Сосчитайте модуль лучевой скорости спутника относительно пункта, округлив её до точности 10 м/с и расстояние от спутника до пункта, округлив его до точности 10 км. **В.** Посчитайте модуль полной скорости спутника относительно пункта, округлив его до точности 100 м/с. Взаимодействием радиоволн с атмосферой Земли пренебрегите.

А. Спутник, вращаясь по орбите, имеет ненулевую скорость относительно наблюдателя. Часть этой скорости направлена вдоль луча зрения, соединяющего спутник и наблюдателя.

Радиоволны, как электромагнитное излучение, имеют волновые свойства и обладает конечной скоростью, равной скорости света (в вакууме, так как взаимодействием с атмосферой мы пренебрегаем).



В случае движения приемника относительно излучателя, наблюдается **эффект Доплера**: при уменьшении расстояния от излучателя до приемника волновой фронт "сжимается", принимаемая частота излучения увеличивается, а длина волны - уменьшается. Это и приводит к увеличению принимаемой частоты $f = 1575430 \text{ кГц}$ относительно испускаемой $f_0 = 1575420 \text{ кГц}$.

Решение:

Б. Относительное изменение частоты равно отношению модуля лучевой скорости спутника v_r к скорости света $c = 299\,792\,458\text{ м/с}$:

$$\frac{f - f_0}{f_0} = \frac{v_r}{c},$$

Отсюда найдем модуль лучевой скорости:

$$v_r = c \frac{f - f_0}{f_0} = 1903\text{ м/с} \approx 1900\text{ м/с}.$$

Задержка сигнала $t = 66700\text{ мкс} = 6.67 \cdot 10^{-2}\text{ с}$ объясняется конечной скоростью распространения радиоволн. Радиоволны движутся со скоростью света c , поэтому расстояние от пункта до наблюдателя

$$d = ct = 19\,996\,157\text{ м} \approx 20\,000\text{ км}.$$

Решение:

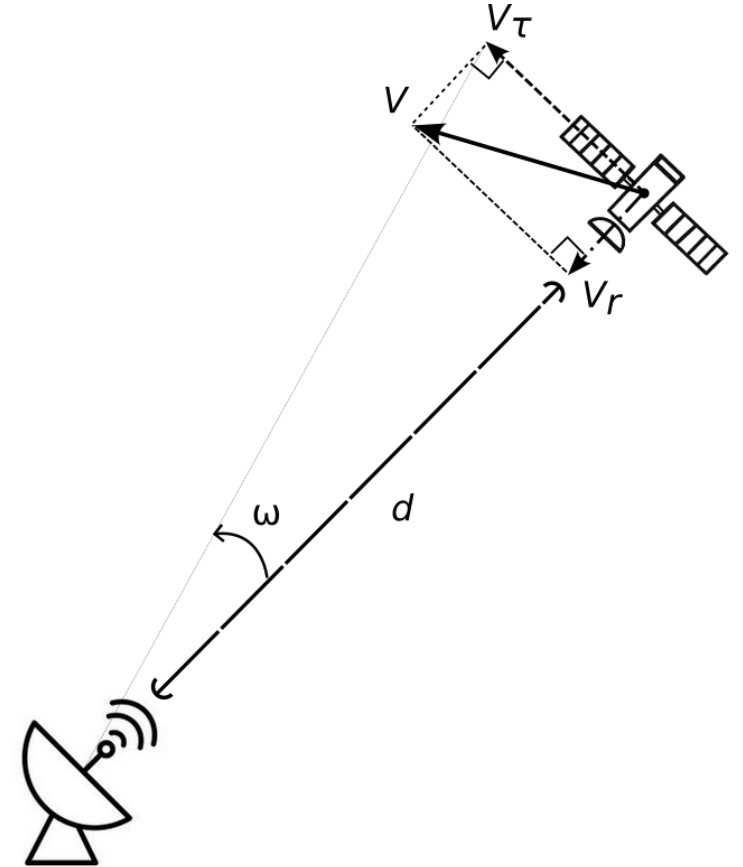
Полная скорость есть сумма двух взаимно перпендикулярных компонент, по теореме Пифагора:

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_\tau^2}$$

Именно трансверсальная скорость v_τ оказывается связанной с видимой угловой скоростью спутника $\omega = 35' / \text{мин} = 1.697 \cdot 10^{-4} \text{ рад/с}$ и расстоянием d от спутника до пункта:

$$v_\tau = d\omega = 3394 \text{ м/с},$$

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_\tau^2} = 3890 \text{ м/с} \approx 3900 \text{ м/с}.$$



Пункт	Критерий	Баллы
А	Приведена причина изменения частоты: эффект Доплера	1
	Сказано, что расстояние между спутником и пунктом уменьшается <i>или</i> что лучевая скорость спутника направлена к наблюдателю , из-за чего приемная частота больше, чем излучаемая	1
Б	Приведена правильно рассчитанная и округленная лучевая скорость по формуле для эффекта Доплера: 1 900 м/с	1
	Приведено правильно рассчитанное и округленное расстояние от спутника до пункта: 20 000 км	1
В	Приведено выражение, связывающее модуль полной скорости с лучевой и трансверсальной скоростью спутника, которое эквивалентно $v = \sqrt{v_r^2 + v_\tau^2}$.	1
	Приведено выражение, связывающее трансверсальную скорость с угловой скоростью и расстоянием, эквивалентное $v_\tau = d\omega$	2
	Приведено правильно рассчитанное и округленное значение полной скорости: 3 900 м/с	1
Итого:		8

Задание 4 Разбросало...

Вы находитесь в пункте с географической широтой $\varphi = +58^{\circ}06'$. Вам дана таблица из четверки звезд вместе с их экваториальными координатами:

Название звезды	α	δ
α Cen (Альфа Кентавра, Толиман)	$14^h 41^m$	$-60^{\circ}57'$
α UMa (Альфа Большой Медведицы, Дубхе)	$11^h 05^m$	$+61^{\circ}37'$
α Cap (Альфа Козерога, Альгеди)	$20^h 19^m$	$-12^{\circ}28'$
α Aur (Альфа Возничiego, Капелла)	$05^h 19^m$	$+46^{\circ}01'$

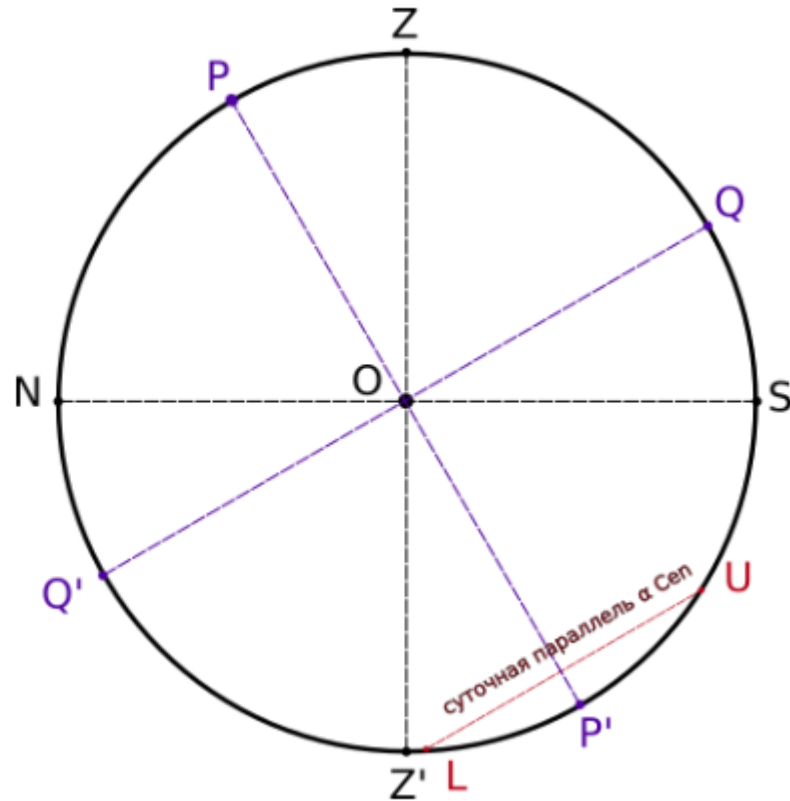
А. Какая из этих звезд находится всё время под горизонтом в этом пункте?

Ответ проиллюстрируйте приблизительным изображением её суточной параллели в проекции на меридиан. На изображении не забудьте отметить все основные точки небесного меридиана.

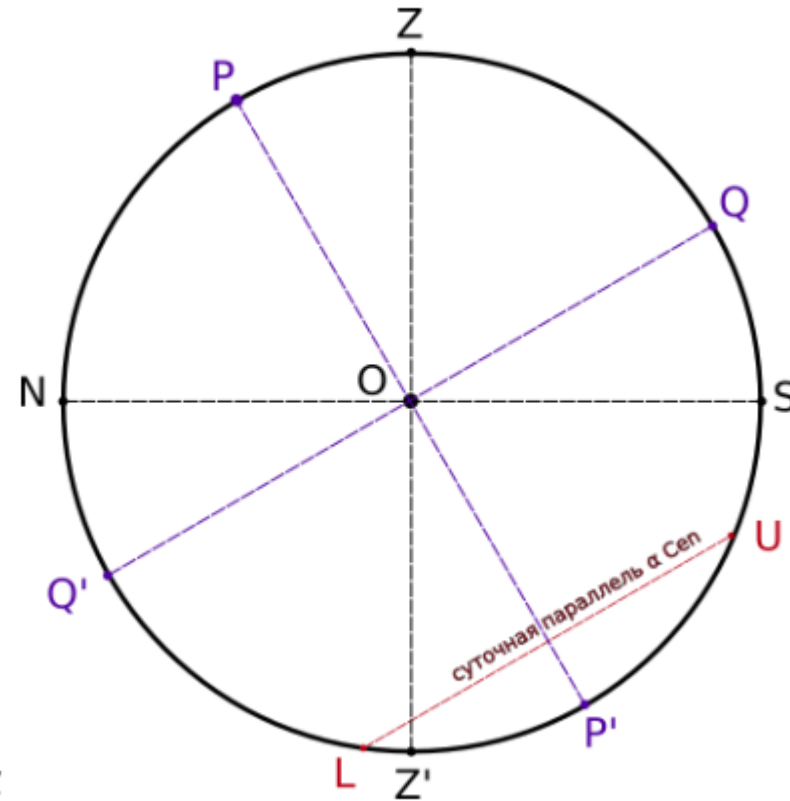
Б. Чему равна наибольшая высота каждой из этих звезд в этом пункте?

В. Если местное звездное время $s = 13^h$, какие звезды находятся в западной части небесной сферы, а какие - в восточной?

Условия корректности рисунка в пункте А:



или



Б. Наибольшую высоту звезды имеют в верхней кульминации. Для высоты верхней кульминации звезды имеем либо формулы для кульминации к югу и северу от зенита:

$$h_{\uparrow} = 90^{\circ} - \varphi + \delta, \quad \delta < \varphi \text{ (к югу)} \quad 90^{\circ} + \varphi - \delta, \quad \delta \geq \varphi \text{ (к северу)},$$

либо общую формулу

$$h_{\uparrow} = 90^{\circ} - |\varphi - \delta|.$$

Подставляем в неё значения склонений четырех звезд и получаем следующие значения наибольших высот:

Название звезды	α	δ	$ \varphi - \delta $	$h_{\uparrow}$
$\alpha \text{ Cen}$	$14^h 41^m$	$-60^{\circ} 57'$	$119^{\circ} 03'$	$-29^{\circ} 03'$
$\alpha \text{ UMa}$	$11^h 05^m$	$+61^{\circ} 37'$	$03^{\circ} 31'$	$86^{\circ} 29'$
$\alpha \text{ Cap}$	$20^h 19^m$	$-12^{\circ} 28'$	$70^{\circ} 34'$	$19^{\circ} 26'$
$\alpha \text{ Aur}$	$05^h 19^m$	$+46^{\circ} 01'$	$12^{\circ} 05'$	$77^{\circ} 55'$

В. Как и Солнце, светила движутся с суточным вращением Земли с востока на запад. Переход из восточной части небесной сферы в западную происходит во время верхней кульминации. Часовой угол светила во время верхней кульминации равен нулю.

Напомним, что часовой угол отсчитывается вдоль экватора от верхней точки Q. В северном полушарии точка Q находится над точкой юга S, и поэтому положительные часовые углы светила соответствуют западному (W) от меридиана положению, а отрицательные - восточному (E) от меридиана.

Используем выражение для связи часового угла светила с его прямым восхождением и звездным временем:

$$t = s - \alpha$$

Название звезды	α	δ	$h_{\uparrow}$	t	E/W?
α Cen	14^h41^m	$-60^{\circ}57'$	$-29^{\circ}03'$	-1^h41^m	E
α UMa	11^h05^m	$+61^{\circ}37'$	$86^{\circ}29'$	1^h45^m	W
α Cap	20^h19^m	$-12^{\circ}28'$	$19^{\circ}26'$	-7^h19^m	E
α Aur	05^h19^m	$+46^{\circ}01'$	$77^{\circ}55'$	7^h41^m	W

Пункт	Критерий	Баллы
А	Приведен правильный ответ Альфа Центавра или Толиман	1
	Приведен корректный рисунок небесного меридиана	1
Б	В тексте работы есть связка между максимальной высотой светила и его верхней кульминацией, <i>или</i> приведена формула верхней кульминации в общем или частном виде.	1
	Правильно подсчитаны высоты верхних кульминаций всех четырех звезд и получены правильные высоты	1
В	В тексте работы есть связка между положением звезды относительно меридиана и её часовым углом <i>или</i> приведена формула связи между часовым углом и прямым восхождением одной и той же звезды	2
	Правильно определены звезды в восточной части	1
	Правильно определены звезды в западной части	1
	Итого:	8

Задание 5 Межзвездное пространство:

На отрезке между звездой-карликом и звездой-гигантом находится космический корабль, который видит обе звезды с одинаковой яркостью.

А. Изобразите взаимное положение звезд и корабля на рисунке. К какой из звезд корабль находится ближе, чем к другой? Почему?

Б. Что такое абсолютная звездная величина? Используя это определение, найдите расстояние от корабля до звезды-карлика в парсеках, если его абсолютная звездная величина $M_1 = 5^m$, а корабль видит обе звезды с яркостью, соответствующей пятой величине.

В. Как в общем случае найти расстояние от наблюдателя до звезды, если известна её видимая и абсолютная величина? Найдите расстояние между звездами в парсеках, если абсолютная звездная величина звезды-гиганта $M_2 = 0^m$.

А. Если бы звезда-карлик и звезда-гигант находились на одинаковом расстоянии от корабля, тогда гигант выглядел бы ярче, так как звезда-карлик сама по себе имеет меньшую светимость, чем звезда-гигант, как минимум за счет размеров. Тогда корабль должен находиться ближе к звезде-карлику. Приблизительный вид рисунка, где приведены (необязательные для оценки этого этапа) обозначения d_1 - расстояние от корабля до карлика, d_2 - расстояние от корабля до гиганта:



Б. Абсолютная звездная величина звезды определяется как видимая звездная величина той же самой звезды, но помещенной на расстояние 10 парсек.

Так как видимая звездная величина звезды-карлика равна абсолютной, то расстояние до звезды-карлика $d_1 = 10 \text{ пк}$.

В. Связь между абсолютной звездной величиной M и видимой звездной величиной m на расстоянии d от наблюдателя следующая:

$$d = 10^{\frac{m-M}{5}+1} \text{ пк}$$

Воспользовавшись этой формулой, можно найти расстояние от корабля до звезды-гиганта:

$$d_2 = 10^{\frac{5-0}{5}+1} = 100 \text{ пк}.$$

И затем найти суммарное расстояние: $d_1 + d_2 = 110 \text{ пк}$.

Пункт	Критерий	Баллы
А	Нарисовано изображение, на котором есть все нижеперечисленное: на одной прямой отмечены корабль, звезда-карлик и звезда-гигант; корабль и звезды подписаны; корабль находится между карликом и гигантом; корабль ближе к карлику, чем к гиганту.	1
	Приведено адекватное обоснование, почему корабль находится ближе к звезде-карлику, эквивалентное приведенному в решении (<i>потому что карлик меньше по светимости/по размерам/тусклее, чем гигант и т.п.</i>)	1
Б	Приведено правильное определение абсолютной звездной величины или эквивалентное ему: такая видимая звездная величина, которую звезда бы имела, если бы находилась на расстоянии 10 пк от наблюдателя.	1
	По определению <i>или</i> с помощью формулы связи видимой и абсолютной звездной величины сделан правильный вывод, что расстояние от корабля до карлика $d_1 = 10 \text{ пк}$.	1
В	Приведена формула связи видимой и абсолютной звездной величины с расстоянием от звезды до наблюдателя <i>или</i> эквивалентная ей: $d = 10^{\frac{m-M}{5}+1} \text{ пк}$	2
	Подсчитано суммарное расстояние между звездами: 110 пк	2
Итого:		8

Задание 6 Древняя карта:

Во времена зарождения первой цивилизации, 6 тысяч лет до нашей эры, была составлена карта звёздного неба. Небольшая часть копии этой карты приведена на рисунке ниже. Зная информацию о звёздах на рисунке, определите, что за созвездие на нём находится.

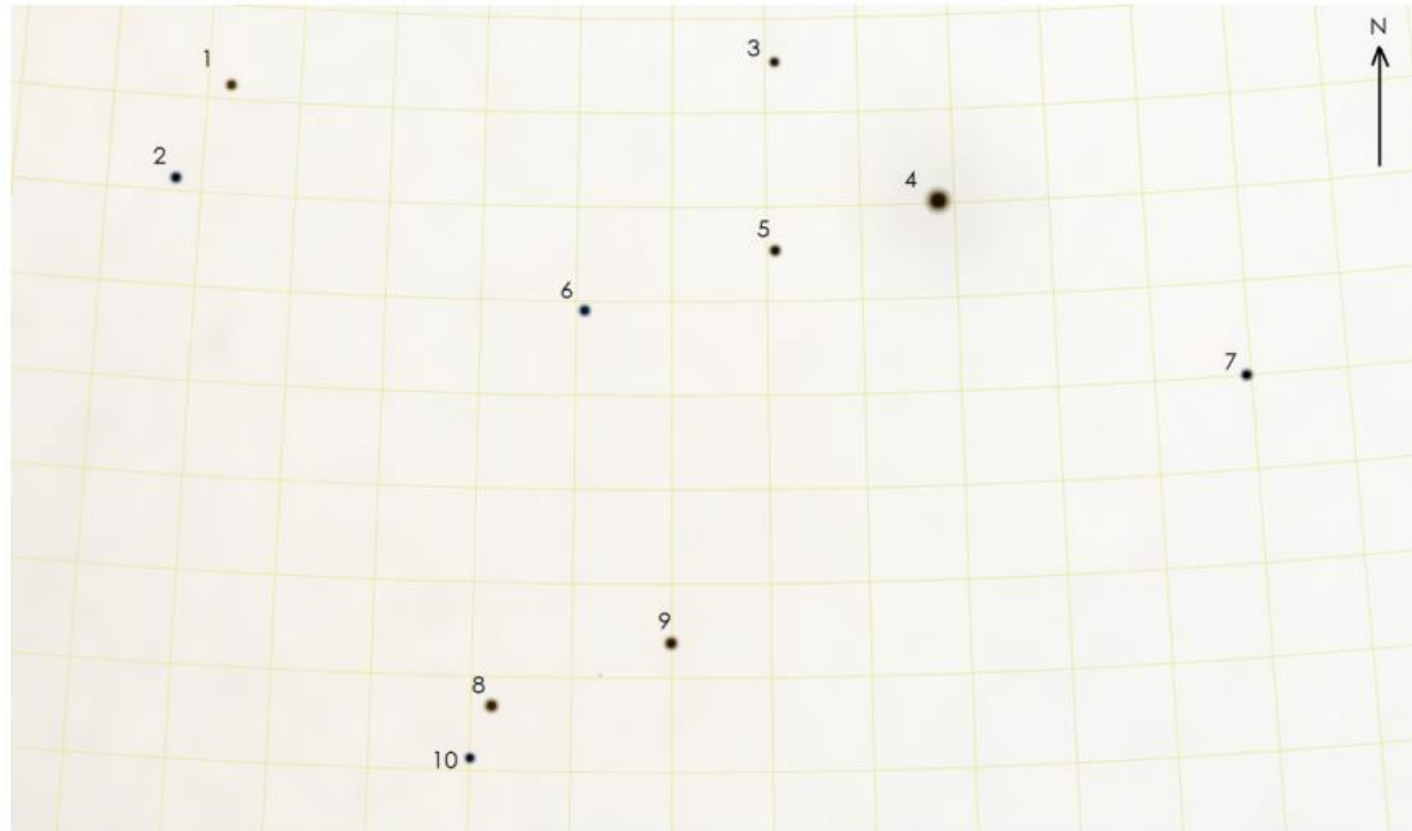


Рисунок 1. Копия карты звёздного неба. Шаг по горизонтали — 1° , шаг по вертикали — 5^m . Направление на север указано на рисунке.

Условия:

№	Звёздная величина	Класс	Собственное движение, 10^{-3} "/год	Позиционный угол, °
1	4.4	B2.5IV	2.0	249.8
2	4.4	K0II	2.4	305.0
3	5.0	A3V / F0V	61.5	10.1
4	0	A0V	349.7	35.1
5	4.3	F0V	34.5	45.9
6	4.2	M4II	7.2	286.4
7	4.3	K2III	44.4	337.8
8	3.3	B9III	3.3	301.3
9	3.5	B8.5I	4.2	166.3
10	4.9	K2.5III	8.1	32.9

Решение:

Для решения задачи необходимо найти положение звёзд на современном небе. Для вычисления смещений звёзд необходима информация только из четвёртого и пятого столбца таблицы, второй и третий столбец не представляют никакого интереса.

Сначала решим задачу в общем виде:

1. Вычислим время, прошедшее с момента создания карты: 6000 лет до н.э. + 2000 лет = 8000 лет.
2. Вычислим смещение звёзды x :

$$x = \mu * t,$$

где μ — собственное движение, t — время, прошедшее с момента создания карты.

3. Посчитаем смещение по осям. Поскольку позиционный угол θ отчитывается от направления на север против часовой стрелки, то

$$x_{\delta} = \mu \cos(\theta),$$

$$x_{\alpha} = \mu \sin(\theta),$$

где x_{δ} и x_{α} — смещение по склонению и прямому восхождению соответственно.

3. Посчитаем смещение по осям. Поскольку позиционный угол θ отчитывается от направления на север против часовой стрелки, то

$$x_{\delta} = \mu \cos(\theta),$$

$$x_{\alpha} = \mu \sin(\theta),$$

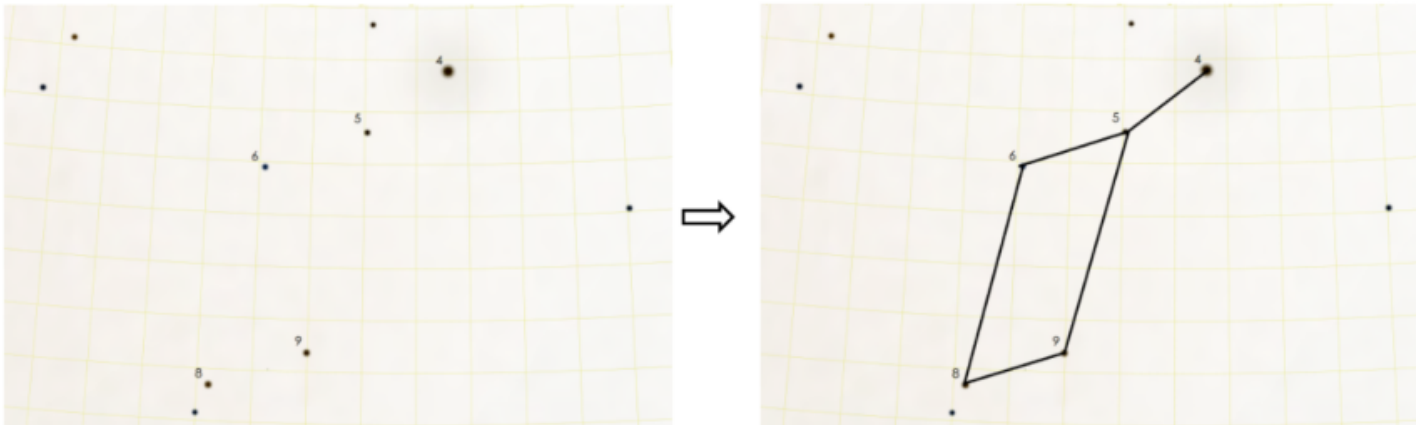
где x_{δ} и x_{α} — смещение по склонению и прямому восхождению соответственно.

Изучив все звёзды в таблице, можно заметить, что заметное смещение будет только у звезды под номером 4. Собственное движение остальных звёзд довольно мало, их положение на звёздном небе изменится слабо. Поэтому для упрощения вычислений мы можем ограничиться только расчётами для звезды 4:

$$x_{\delta} = 38.28',$$

$$x_{\alpha} = 1.79^m.$$

Рассмотрев современное положение звезды 4 на звёздном небе, можно перейти к отождествлению созвездия:



Это созвездие — Лира.

№	Критерий	Балл
1	Верно определено время, прошедшее с создания карты	1
2	Использованы верные уравнения для вычисления смещения звезды на звёздном небе (явно или косвенно).	1
3	Использованы верные уравнения для вычисления смещения по осям координатной сетки (явно или косвенно).	1
4	Высказано предположение в отсутствии необходимости поиска нового положения на небе для всех звёзд.	1
5	Верно рассчитаны смещения по осям координатной сетки для всех звёзд или части звёзд, включая звезду 4 <i>или</i> верно рассчитаны смещения по осям координатной сетки для звезды 4.	2
6	Верно названо созвездие. В случае отсутствия рассуждений, критерий не считается выполненным.	2