ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2026–2027 УЧЕБНЫЙ ГОД
10 КЛАСС

Максимальное время выполнения заданий: **3 астрономических часа (180 мин)**
Максимальное количество баллов за каждое задание: **20**
Максимальная сумма баллов за все задания: **100**
Использовать можно: инженерный (научный) калькулятор, канцелярские принадлежности (ручка, карандаш, линейка, резинка для стирания и т.п.), справочные данные, разрешённые к использованию участниками на муниципальном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии в Красноярском крае (Приложение 1).

1. Созвездия из древнего атласа

Какое созвездие выделено на карте из небесного атласа Яна Гевелия «Уранография» XVII в. (см. рис. 1)? Какие еще созвездия или их фрагменты изображены на рисунке?

Примечание: созвездия в этом атласе изображены зеркально относительно их положений на небе.

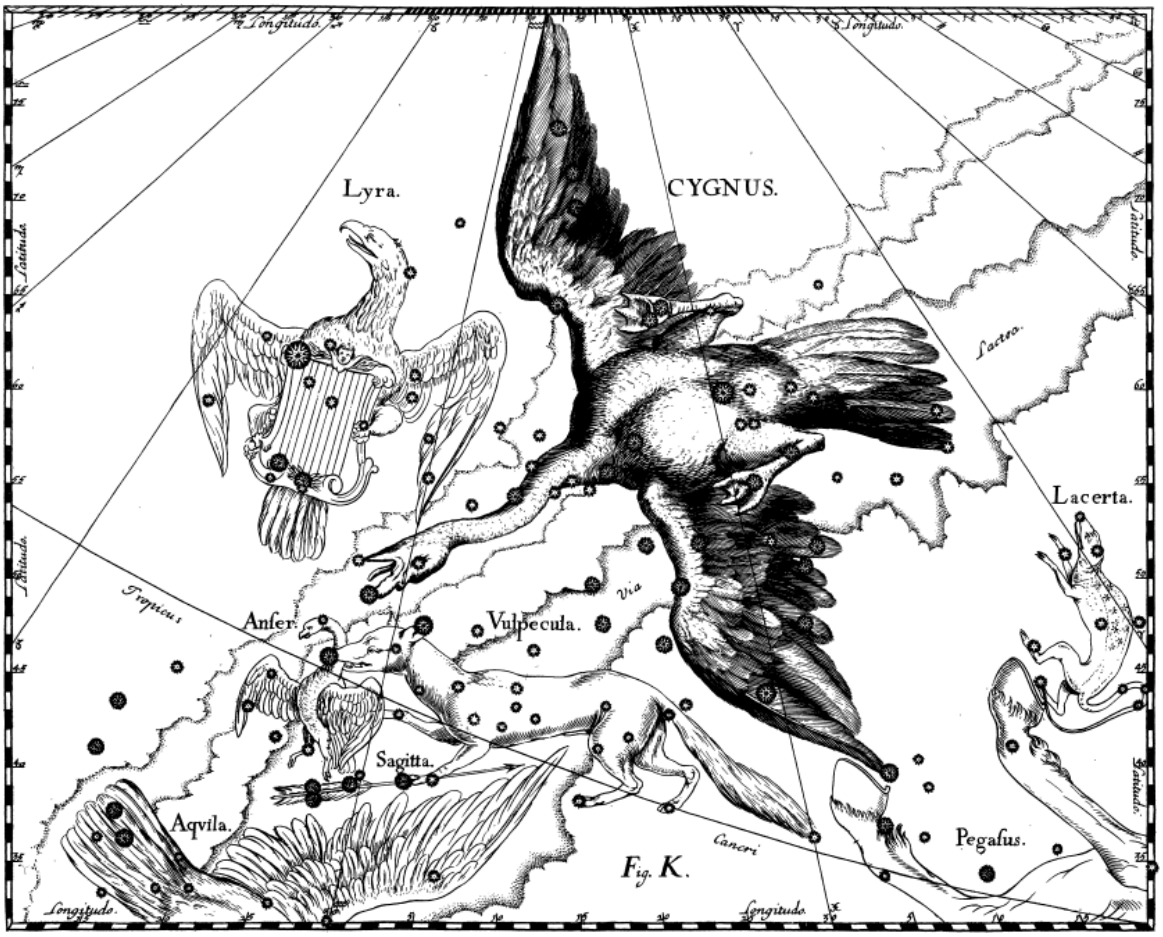


Рис. 1. Созвездия из небесного атласа Яна Гевелия «Уранография» XVII в.

2. Луна в Персее?

Предположим, что центр Луны оказался между рассеянными звездными скоплениями χ и *h* Персея. Вошел бы полностью диск Луны между скоплениями? Нарисуйте диск Луны на приложенном снимке-карте (см. рис. 2 на странице 2). Можно ли на самом деле увидеть Луну между χ и *h* Персея и почему?

Класс:	**10**	*(заполните все необходимые графы)*	Шифр:	
Задание:	**2**		Страница:	

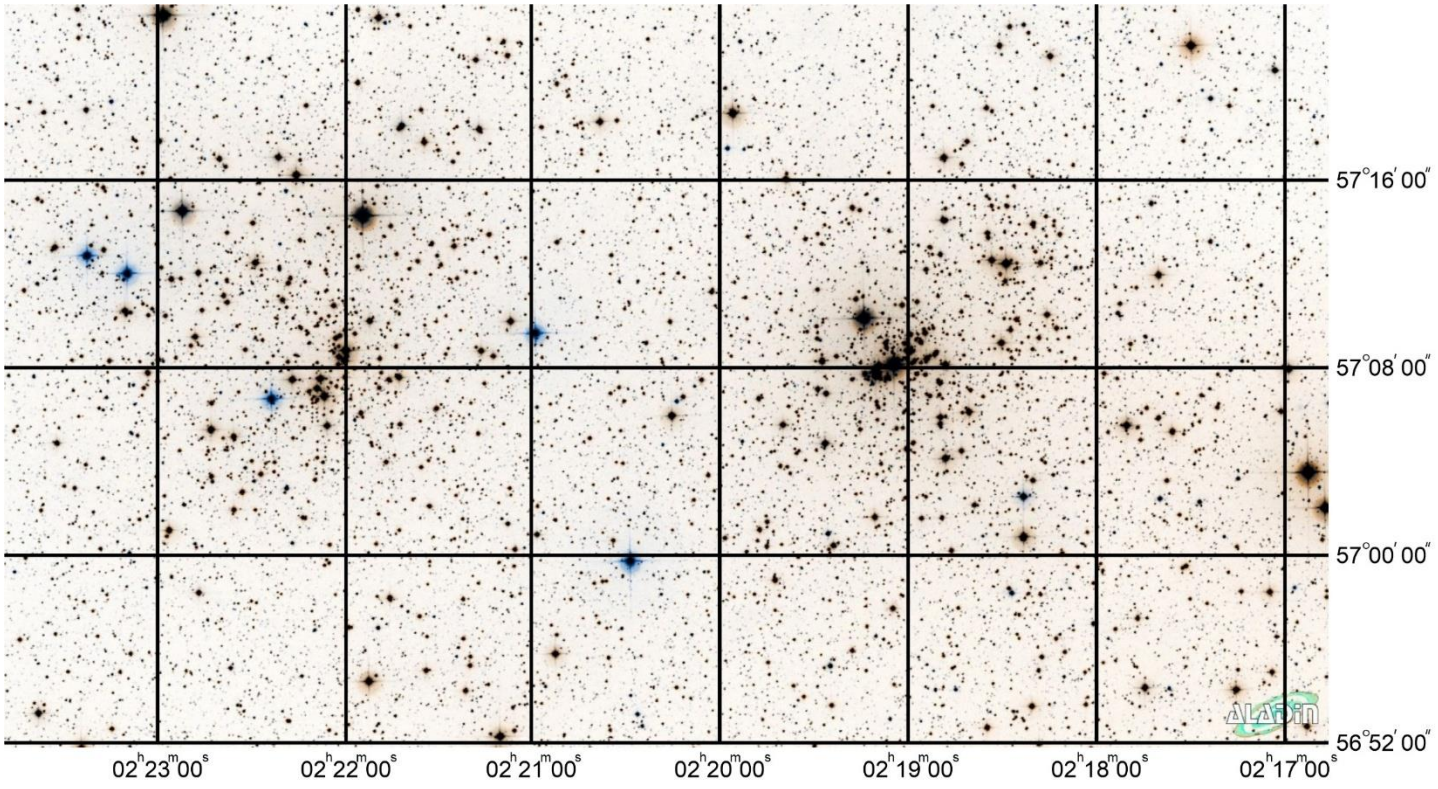


Рис. 2. Изображение к заданию 2

3. Лунная экспедиция

Исследовательская группа обустроилась в одном из кратеров на Луне. Их база занимает весь кратер и имеет диаметр 20 000 см. Это самый маленький кратер на Луне, который красноярские любители астрономии могут наблюдать в телескоп в синих лучах (длина волны 0,45 мкм). Какой диаметр у этого телескопа, если расстояние до Луны составляет 380000 км?

4. Кто мощнее – тот первый

В таблице приведены несколько звезд с указанием их видимого блеска и расстояния до них. Расположите звезды по мере убывания их светимостей.

Таблица

№	Звезда	Блеск, ^{m}	Расстояние, св.г.
1	Вега	0,03	25,1
2	Денеб	1,25	1406
3	Капелла	0,08	42,8
4	Проксима Центавра	11,13	4,25
5	Сириус	-1,46	8,61

5. Дела минувших столетий

Согласно одной из легенд в рукописях, датированных XXVIII в. до н.э. сказано, что родина эльфов планета Белегестель при наблюдении с Земли меняет свои фазы каждые 515 дней. На каком расстоянии от Солнца могла находиться эта планета? Считать, что характеристики Солнца и Земли с тех времен остались неизменными.

Сдайте этот лист вместе бланками ответов! Не забудьте написать ваш шифр вверху страницы!

Приложение 1

Справочные данные,
разрешенные к использованию участниками
на муниципальном этапе всероссийской олимпиады школьников по астрономии в Красноярском крае и подлежащие к выдаче вместе с условиями задач

Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная $G = 6{,}672 \cdot 10^{-11}$ м^3·кг$^{-1}$·с$^{-2}$
Скорость света в вакууме $c = 2{,}998 \cdot 10^8$ м/с
Универсальная газовая постоянная $R = 8{,}31$ м^2·кг·с$^{-2}$·К$^{-1}$·моль$^{-1}$
Постоянная Стефана-Больцмана $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ кг·с$^{-3}$·К$^{-4}$
Масса протона $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса электрона $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ кг
Астрономическая единица 1 а.е. = $1{,}496 \cdot 10^{11}$ м
Парсек 1 пк = 206265 а.е. = $3{,}086 \cdot 10^{16}$ м
Постоянная Хаббла $H = 72$ (км/с)/Мпк

Данные о Солнце

Радиус 695 000 км
Масса $1{,}989 \cdot 10^{30}$ кг
Светимость $3{,}88 \cdot 10^{26}$ Вт
Спектральный класс G2
Видимая звёздная величина -26.78^m
Абсолютная болометрическая звёздная величина $+4{,}72^m$
Показатель цвета (B–V) $+0{,}67^m$
Эффективная температура 5800K
Средний горизонтальный параллакс 8,794″
Интегральный поток энергии на расстоянии Земли 1360 Вт/м^2
Поток энергии в видимых лучах на расстоянии Земли 600 Вт/м^2

Данные о Земле

Эксцентриситет орбиты 0,017
Тропический год 365,24219 суток
Средняя орбитальная скорость 29,8 км/с
Период вращения 23 часа 56 минут 04 секунды
Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года 23° 26′ 21,45″
Экваториальный радиус 6378,14 км
Полярный радиус 6356,77 км
Масса $5{,}974 \cdot 10^{24}$ кг
Средняя плотность 5,52 г·см$^{-3}$
Объёмный состав атмосферы N_2 (78%), O_2 (21%), Ar (~1%)
Атмосферное давление на уровне моря $1{,}013 \cdot 10^5$ Па (1 атм)

Данные о Луне

Среднее расстояние от Земли 384400 км
Минимальное расстояние от Земли 356410 км
Максимальное расстояние от Земли 406700 км
Эксцентриситет орбиты 0,055
Наклон плоскости орбиты к эклиптике 5°09′
Сидерический (звёздный) период обращения 27,321662 суток
Синодический период обращения 29,530589 суток
Радиус 1738 км
Масса $7{,}348 \cdot 10^{22}$ кг или 1/81,3 массы Земли
Средняя плотность 3,34 г·см$^{-3}$
Визуальное геометрическое альбедо 0,12
Видимая звездная величина в полнолуние $-12{,}7^m$

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2026–2027 УЧЕБНЫЙ ГОД
ОТВЕТЫ

10 КЛАСС	
№ задания	Максимальный балл
1.	20
2.	20
3.	20
4.	20
5.	20
Итого:	100 баллов

ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ

10 класс

Общие указания: за правильное понимание участником олимпиады сути предоставленного вопроса и выбор пути решения выставляется не менее 10–14 баллов. При отсутствии понимания ситуации и логической связанности решения оценка не может превышать 4–6 баллов даже при формально правильном ответе. С другой стороны, арифметические ошибки, приводящие к неверному ответу, не должны быть основанием для снижения оценки более чем на 2–4 балла. Жюри вправе вводить собственные критерии оценивания работ, не противоречащие общим рекомендациям по проверке.

1. Созвездия из древнего атласа

Задание

Какое созвездие выделено на карте из небесного атласа Яна Гевелия «Уранография» XVII в. (см. рис. 1)? Какие еще созвездия или их фрагменты изображены на рисунке?

Примечание: созвездия в этом атласе изображены зеркально относительно их положений на небе.

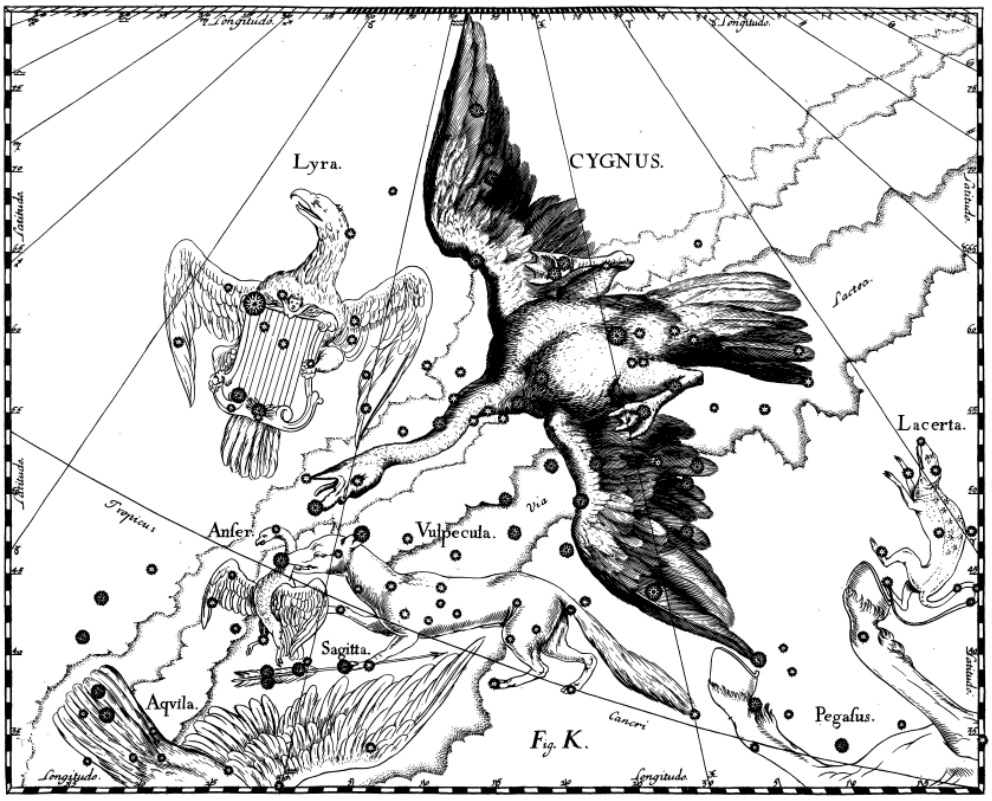


Рис. 1. Созвездия из небесного атласа Яна Гевелия «Уранография» XVII в.

Решение

На карте выделено созвездие Лебедя, о чем свидетельствует изображение и надпись на латинском языке CYGNUS. Рядом с ним на небе расположены (а на карте зеркально изображены и подписаны на латинском языке) созвездия Лиры (Lyra), Орла (Aqvila (Aquila)), Лисички (Vulpecula), Стрелы (Sagitta), Ящерицы (Lacerta), Пегаса (Pegasus).

Примечание: рядом с Лисичкой (у нее в зубах) изображено ныне несуществующее созвездие Гуся (Anser).

Ответ: на карте выделено созвездие Лебедя, а также изображены фрагменты созвездий Лиры, Орла, Лисички, Стрелы, Ящерицы, Пегаса.

Критерии оценивания

За верное определение выделенного созвездия – 8 баллов.

За каждое верное название других созвездий выставляется 2 балла.

Примечание: суммарная оценка за все задание не должна превышать 20 баллов.

2. Луна в Персее?

Задание

Предположим, что центр Луны оказался между рассеянными звездными скоплениями χ и *h* Персея. Вошел бы полностью диск Луны между скоплениями? Нарисуйте диск Луны на приложенном снимке-карте (см. рис. 2). Можно ли на самом деле увидеть Луну между χ и *h* Персея и почему?

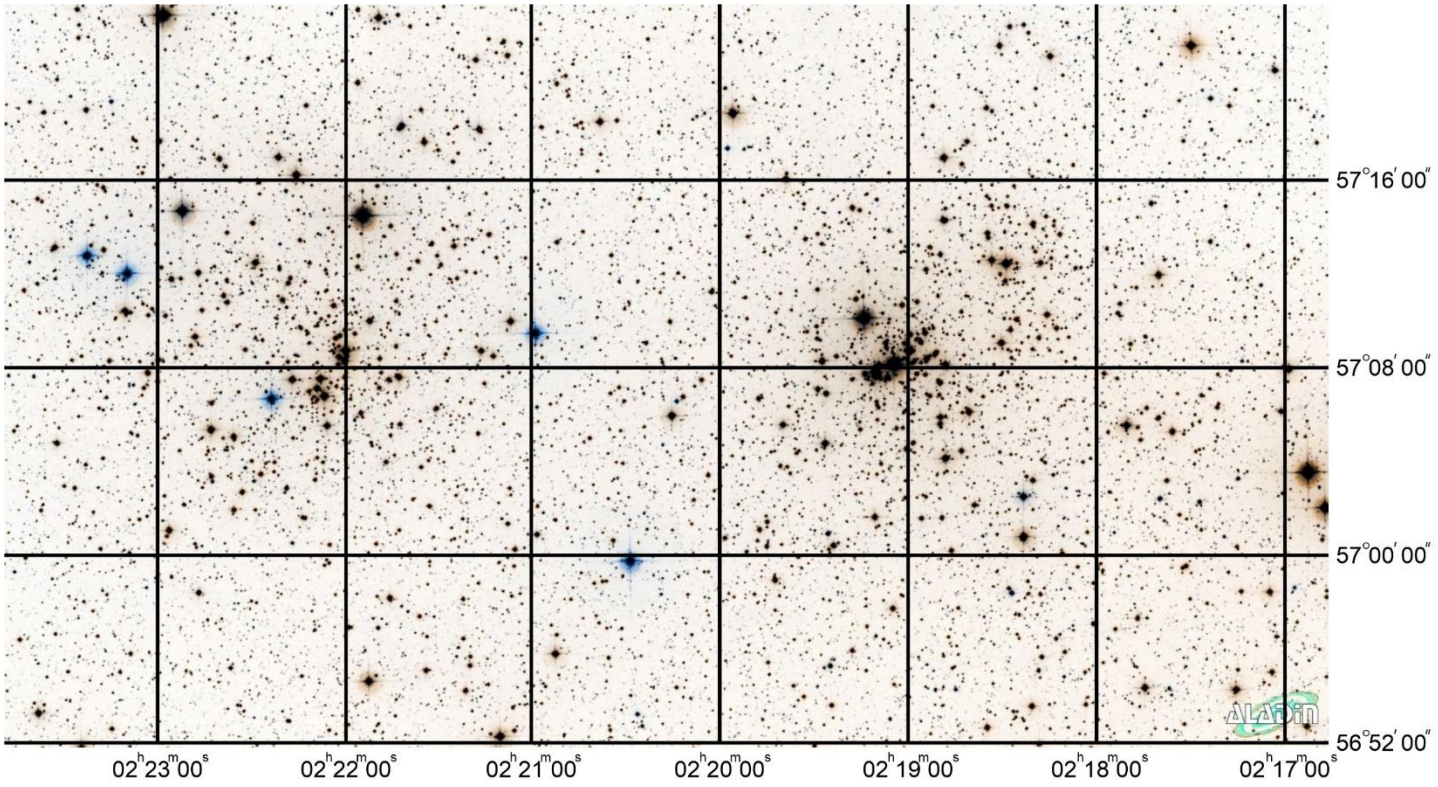


Рис. 2. Изображение к заданию 2

Решение

Как правило на фотографиях масштаб по горизонтальной и вертикальной оси одинаков. На снимке указана координатная сетка экваториальной системы координат. А значит, чем ближе к полюсам, тем сильнее на снимке меняется масштаб шкалы прямого восхождения. Масштаб шкалы склонений остается постоянным.

Поэтому для определения предполагаемого диска Луны на снимке используем вертикальную шкалу склонений.

Известно, что Луна имеет угловой размер равный, примерно, 30′.

Снимок поделен координатной сеткой на клетки. Пусть a – вертикальная сторона клетки (по оси склонений). Вертикальная сторона клетки равна $a = 8'$. Значит, высота лунного диска будет равна $(30' / 8')a = 3{,}75a$.

Нарисуем на снимке окружность диаметром 3,75a. Это и будет предполагаемый диск Луны в Персее. Как видно из построения диск Луны не может поместиться между скоплениями χ и h Персея.

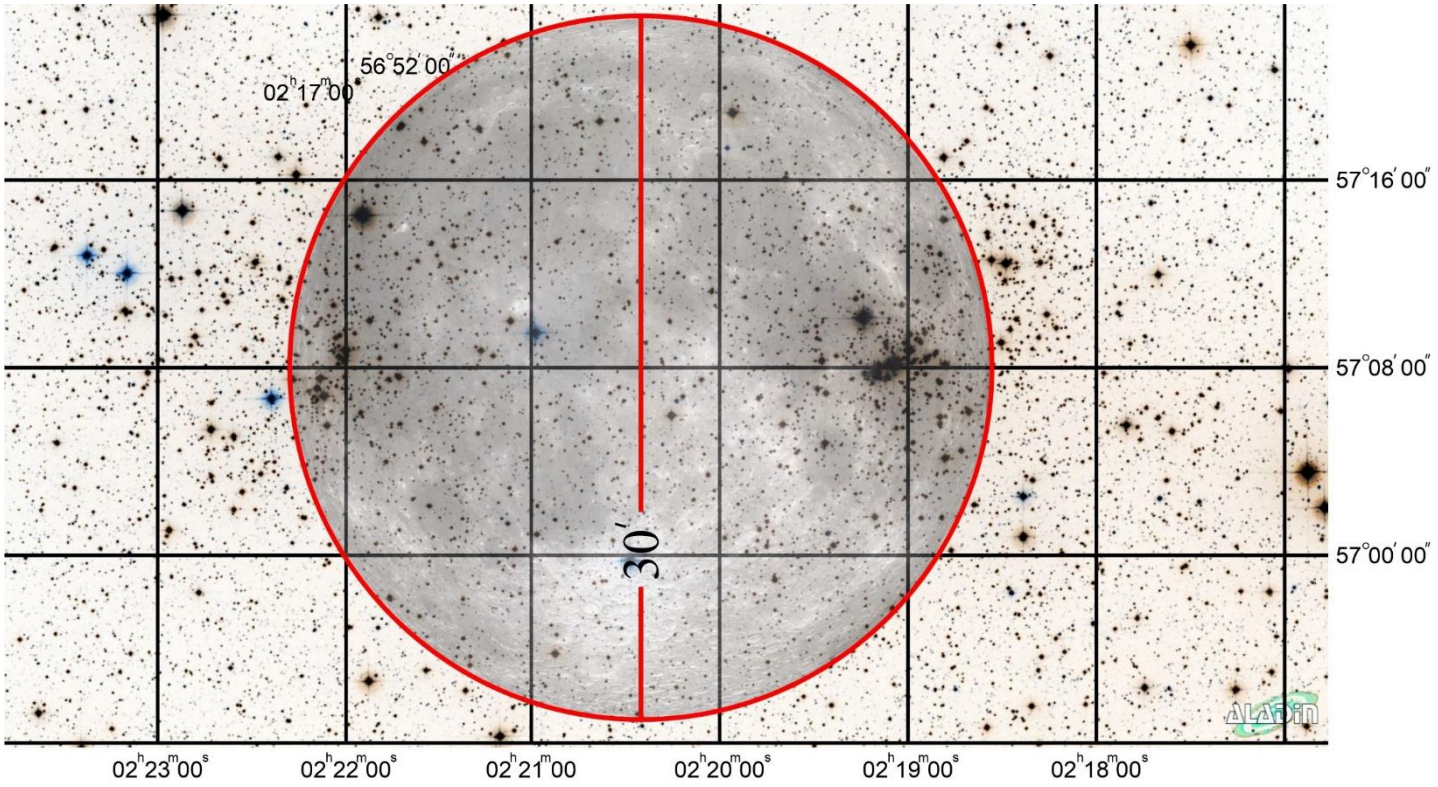


Рис. 2а. Изображение диска Луны

Примечание: для решения этого задания также можно было использовать соотношение:

$$L = \sqrt{(\Delta\alpha \cdot cos\,\delta)^2 + \Delta\delta^2},$$

где, L – расстояние между двумя произвольными точками на небесной сфере.

Определим по снимку склонение скоплений χ и h Персея. Склонение скоплений равно, примерно, 57°. Наклон i плоскости орбиты Луны к эклиптике составляет около 5°. Наклон эклиптики ε к небесному экватору равен 23,5°. Значит, максимальное склонение Луны может быть $\delta_{max} = i + \varepsilon = 23{,}5° + 5° = 28{,}5°$. Таким образом, Луна никогда не сможет оказаться в созвездии Персей.

Ответ: Лунный диск не может поместиться между скоплениями. Луна никогда не окажется в созвездии Персей, так как максимальное склонение Луны 28,5°, а это значительно меньше склонения скоплений.

Критерии оценивания

Утверждение, что масштаб снимка соответствует масштабу оси склонений (или использование соотношения для расстояния между двумя произвольными точками на небесной сфере) – 4 балла.

Знание углового размера Луны – 2 балла.

Определение углового диаметра в масштабе снимка – 4 балла.

Вывод, что Луна не поместится между скоплениями – 2 балла.

Знание (или определение из Приложения 1 к заданиям) наклона плоскости орбиты Луны к эклиптике – 2 балла.

Определение максимального склонения Луны – 4 балла.

Вывод о невозможности нахождения Луны в Персее – 2 балла.

3. Лунная экспедиция

Задание

Исследовательская группа обустроилась в одном из кратеров на Луне. Их база занимает весь кратер и имеет диаметр 20 000 см. Это самый маленький кратер на Луне, который красноярские любители астрономии могут наблюдать в телескоп в синих лучах (длина волны 0,45 мкм). Какой диаметр у этого телескопа, если расстояние до Луны составляет 380000 км?

Решение

Так как кратер диаметром 200 метром является предельно минимальным для наблюдений, значит его угловой размер соответствует разрешению телескопа.

Определим под каким углом α с Земли на расстоянии L = 380 000 км виден кратер диаметром d = 20 000 см = 200 м любителями астрономии.

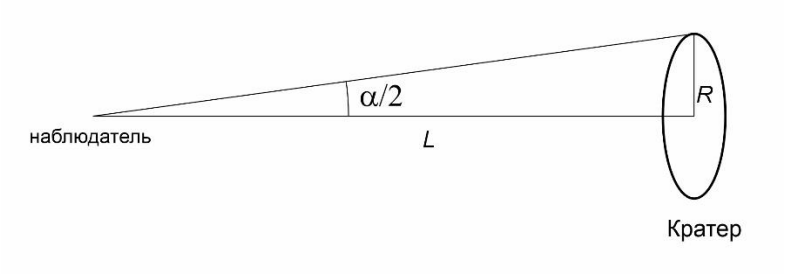


Рис. 3. К решению задания 3

$$\mathrm{tg}(\alpha/2) = \frac{R}{L} = \frac{d}{2L} = \frac{200}{2 \cdot 380\,000\,000} = 2{,}6 \cdot 10^{-7}.$$

Учитывая, что тангенс малых углов равен самому углу, выраженному в радианах, то α будет равен:

$$\alpha = 5{,}2 \cdot 10^{-7} \text{ рад.}$$

Разрешавшая способность телескопа α в радианах определяется длиной волны λ и диаметром телескопа D:

$$\alpha = 1{,}22\frac{\lambda}{D}$$

Выразим диаметр телескопа:

$$D = 1{,}22\frac{\lambda}{\alpha} = 1.22 \cdot \frac{0{,}45 \cdot 10^{-6}\text{м}}{5{,}2 \cdot 10^{-7}\text{рад}} \approx 1 \text{ м.}$$

Ответ: диаметр телескопа равен около 1 метра.

Критерии оценивания

Утверждение и обоснование, что угловой размер кратера соответствует разрешению телескопа – 4 балла.

Запись формулы для определения углового размера кратера – 4 балла.

Утверждение, что тангенс малых углов равен самому углу – 4 балла.

Запись формулы для углового разрешения телескопа – 4 балла.

Расчет диаметра телескопа – 4 балла.

4. Кто мощнее – тот первый

Задание

В таблице 1 приведены несколько звезд с указанием их видимого блеска и расстояния до них. Расположите звезды по мере убывания их светимостей.

Таблица 1

№	Звезда	Блеск, ^{m}	Расстояние, св.г.
1	Вега	0,03	25,1
2	Денеб	1,25	1406
3	Капелла	0,08	42,8
4	Проксима Центавра	11,13	4,25
5	Сириус	-1,46	8,61

Решение.

Для сравнения светимостей звезд можно взять абсолютную звездную величину M, которая определяется из соотношения, связывающего видимый блеск звезды m и расстояние до нее r (в парсеках) по формуле:

$$M = m + 5 - 5\lg r$$

Определим расстояние до звезд в парсеках и вычислим абсолютную звездную величину звезд исходя, из того, что 1 пк = 3,26 св. лет.

Таблица 2

№	Звезда	Блеск, m	Расстояние, св.г.	Расстояние, пк.	Абсолютная зв. величина M, m
1	Вега	0,03	25,1	7,70	0,60
2	Денеб	1,25	1406	431,29	-6,92
3	Капелла	0,08	42,8	13,13	-0,51
4	Проксима Центавра	11,13	4,25	1,30	15,56
5	Сириус	-1,46	8,61	2,64	1,43

Наименьшему значению абсолютной звездной величины соответствует наибольшая светимость. Поэтому по убыванию светимостей звезды будут располагаться в следующем порядке: Денеб, Капелла, Вега, Сириус, Проксима Центавра.

Ответ: По убыванию светимостей звезды будут располагаться в следующем порядке: Денеб, Капелла, Вега, Сириус, Проксима Центавра.

Критерии оценивания

Утверждение, что абсолютная звездная величина может являться критерием светимости – 2 балла.

Запись формулы для абсолютной звездной величины – 4 балла.

Перерасчет расстояния в парсеках – 2 балла.

Вычисление абсолютной звездной величины по – 2 балла за каждую звезду.

Верная запись звезд по убыванию светимостей – 2 балла.

5. Дела минувших столетий

Задание

Согласно одной из легенд в рукописях, датированных XXVIII в. до н.э. сказано, что родина эльфов планета Белегестель при наблюдении с Земли меняет свои фазы каждые 515 дней. На каком расстоянии от Солнца могла находиться эта планета? Считать, что характеристики Солнца и Земли с тех времен остались неизменными.

Решение

Так как Белегестель меняет фазы, значит она является внутренней планетой. Синодический период планеты Белегестель S = 515 дней. Связь синодического периода с сидерическим для внутренних планет выражается формулой:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P} - \frac{1}{T},$$

где S и P – синодический и сидерический период планеты, T – сидерический период (звездный год) Земли, равный 365,26 сут.

Определим период P:

$$P = \frac{S \cdot T}{S + T} = \frac{515{,}00 \text{ сут} \cdot 365{,}26 \text{ сут}}{515{,}00 \text{ сут} + 365{,}26 \text{ сут}} = 213{,}70 \text{ сут}.$$

Теперь применим третий закон Кеплера:

$$\frac{T_{\text{пл}}^2}{T_{\text{зем}}^2} = \frac{a_{\text{пл}}^3}{a_{\text{зем}}^3},$$

где T и a – сидерические периоды и большие полуоси орбит планет.

Определим большую полуось (радиус) орбиты планеты Белегестель:

$$a_{\text{пл}} = \left(\frac{T_{\text{пл}}^2}{T_{\text{зем}}^2} a_{\text{зем}}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{(213{,}70 \text{ сут})^2}{(365{,}26 \text{ сут})^2} \cdot 1 \text{ а. е.}\right)^{\frac{1}{3}} = 0{,}7 \text{ а. е.}$$

Ответ: радиус орбиты планеты Белегестель равен 0,7 а.е.

Критерии оценивания

Определение, что планета внутренняя – 2 балла.

Запись формулы связи синодического и сидерического периода для внутренней планеты – 6 баллов.

Знание верного значения звездного года – 2 балла.

Запись третьего закона Кеплера – 6 баллов.

Верное вычисление радиуса орбиты планеты – 4 балла.

Задания подготовили:

председатель предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, кандидат технических наук, доцент С.В. Бутаков;

член предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, кандидат физико-математических наук Е.Г. Лапухин.

С замечаниями, пожеланиями, предложениями и вопросами можно обращаться по адресу: butakov@kspu.ru или по тел. 8-904-897-97-60.