ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ
2026–2027 УЧЕБНЫЙ ГОД
11 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.

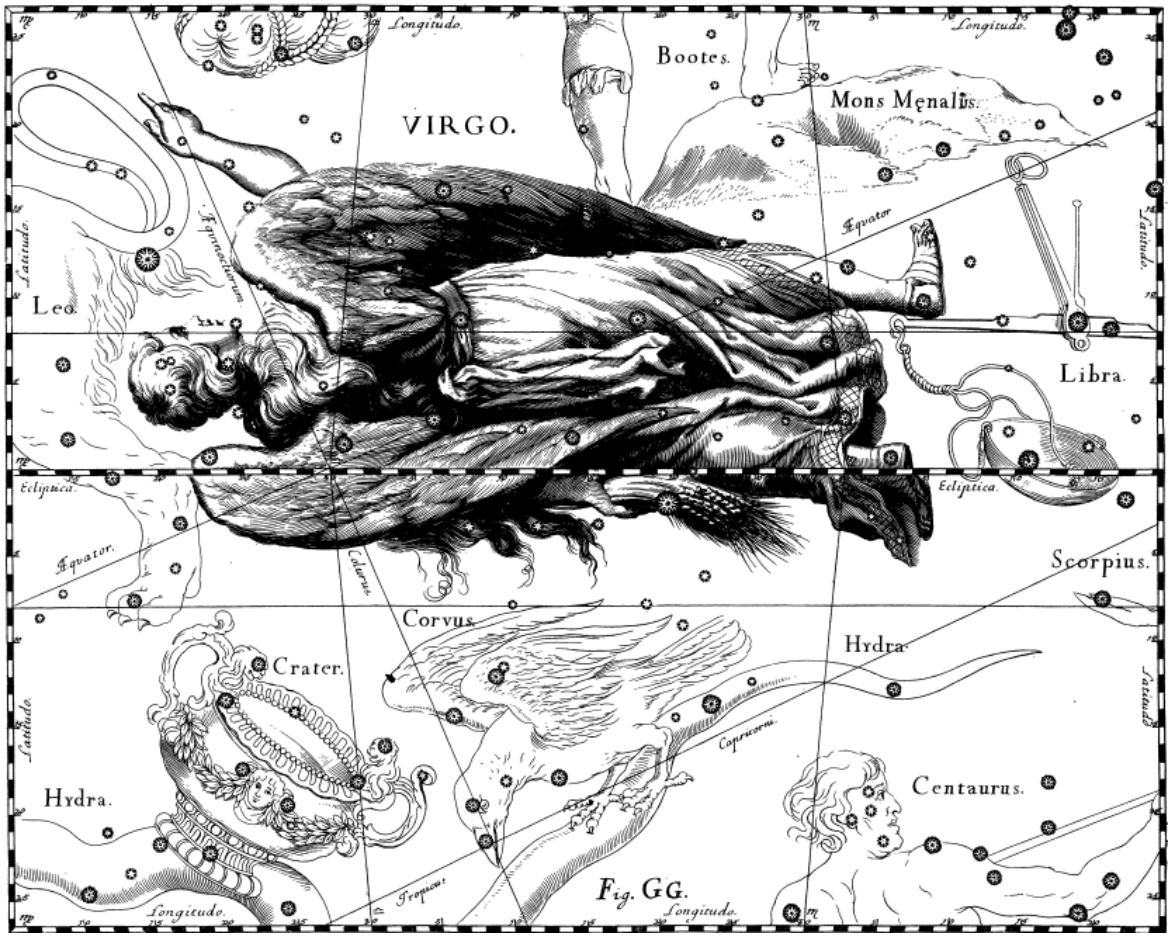


Рис. 1. Созвездия из небесного атласа Яна Гевелия «Уранография» XVII в.

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

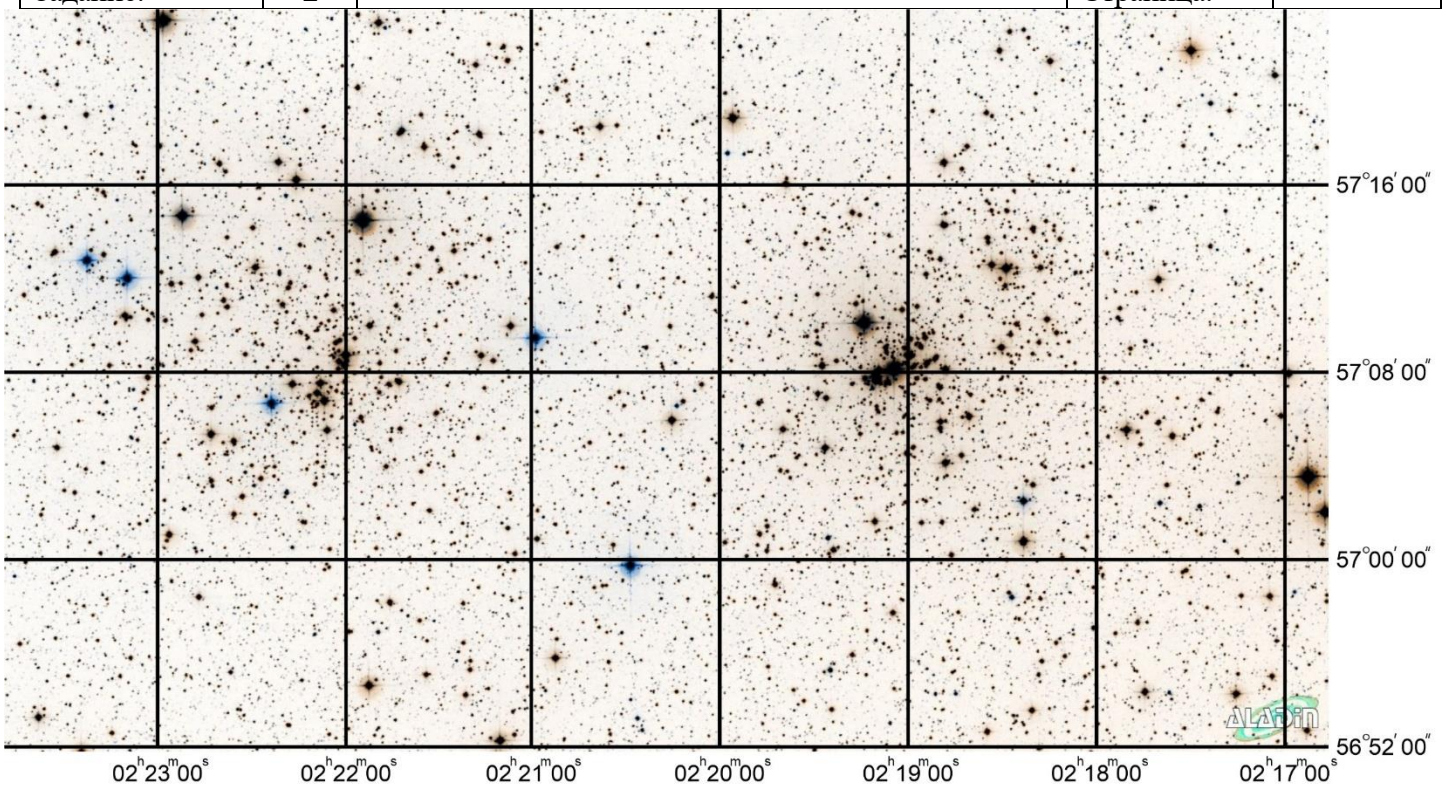


Рис. 2. Изображение к заданию 2

3. Такие разные глаза

На фото (см. рис. 3) приведены глаза человека, страдающего анизокорией (зрачки разных размеров). Опишите, как будет видеть звездное небо этот человек каждым глазом, если размер зрачков ночью останется неизменным.

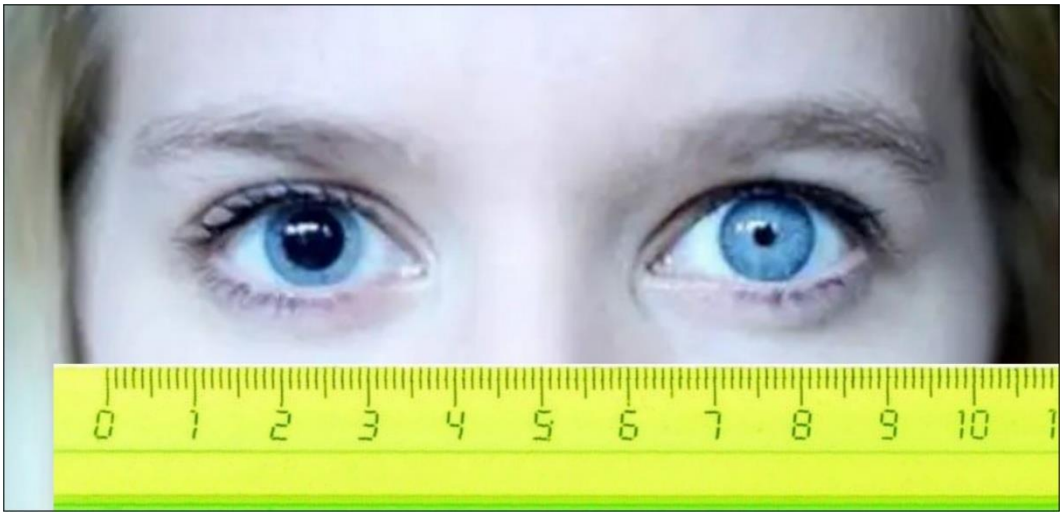


Рис. 3. Изображение к заданию 3

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

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

5. О, времена!

В день зимнего солнцестояния 22 декабря 2026 года уравнение времени равно –2 мин. Чему равно поясное время, среднее солнечное время, всемирное время и истинное солнечное время в этот день в 10:00 по красноярскому времени? Долгота Красноярска $\lambda = 92°52'$.

Приложение 1

Справочные данные,
разрешённые 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 звёздная величина в полнолуние $-12{,}7^m$

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

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

ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ

11 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.

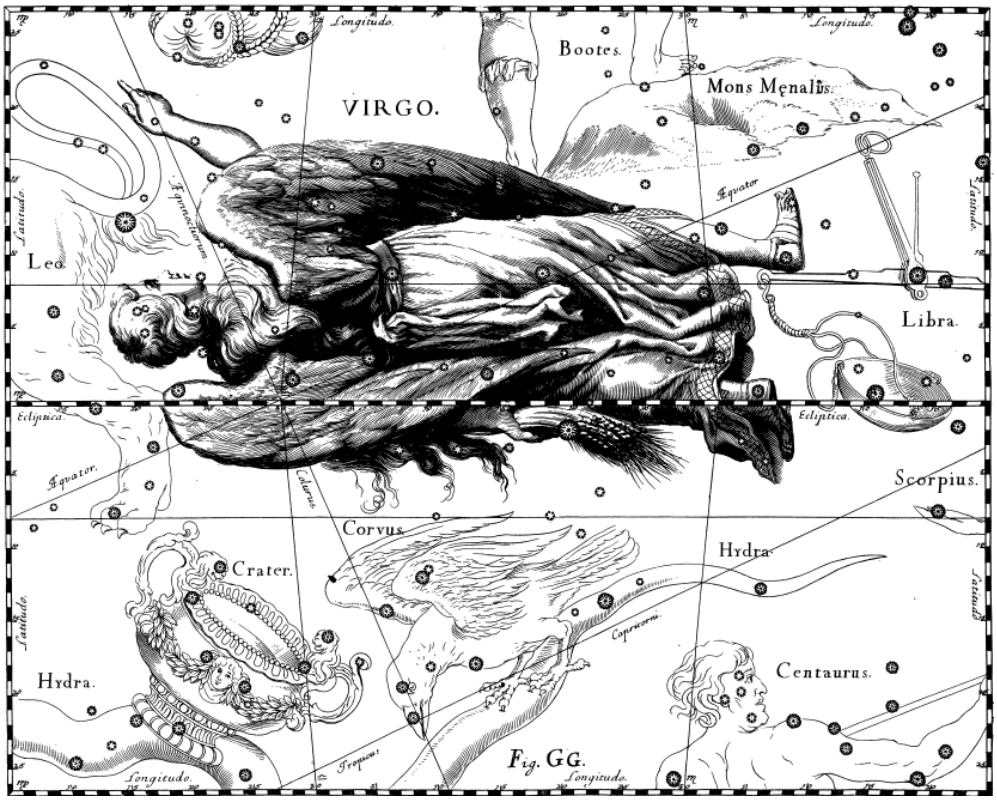


Рис. 1. Созвездия из небесного атласа Яна Гевелия «Уранография» XVII в.

Решение

На карте выделено созвездие Девы, о чем свидетельствует надпись на латинском языке VIRGO. Рядом с ним на небе расположены (а на карте зеркально изображены и подписаны на латинском языке) созвездия Льва (Leo), Весов (Libra), Волопаса (Bootes), Гидры (Hydra), Чаши (Crater), Ворона (Corvus), Скорпиона (Scorpius), Центавра (Centaurus).

Примечание: выше и правее созвездия Девы изображено ныне несуществующее созвездие Гора Менала (Mons Menalus).

Ответ: на карте выделено созвездие Девы, а также изображены фрагменты созвездий Льва, Весов, Волопаса, Гидры, Чаши, Ворона, Скорпиона, Центавра.

Критерии оценивания

За верное определение выделенного созвездия – 4 балла.

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?

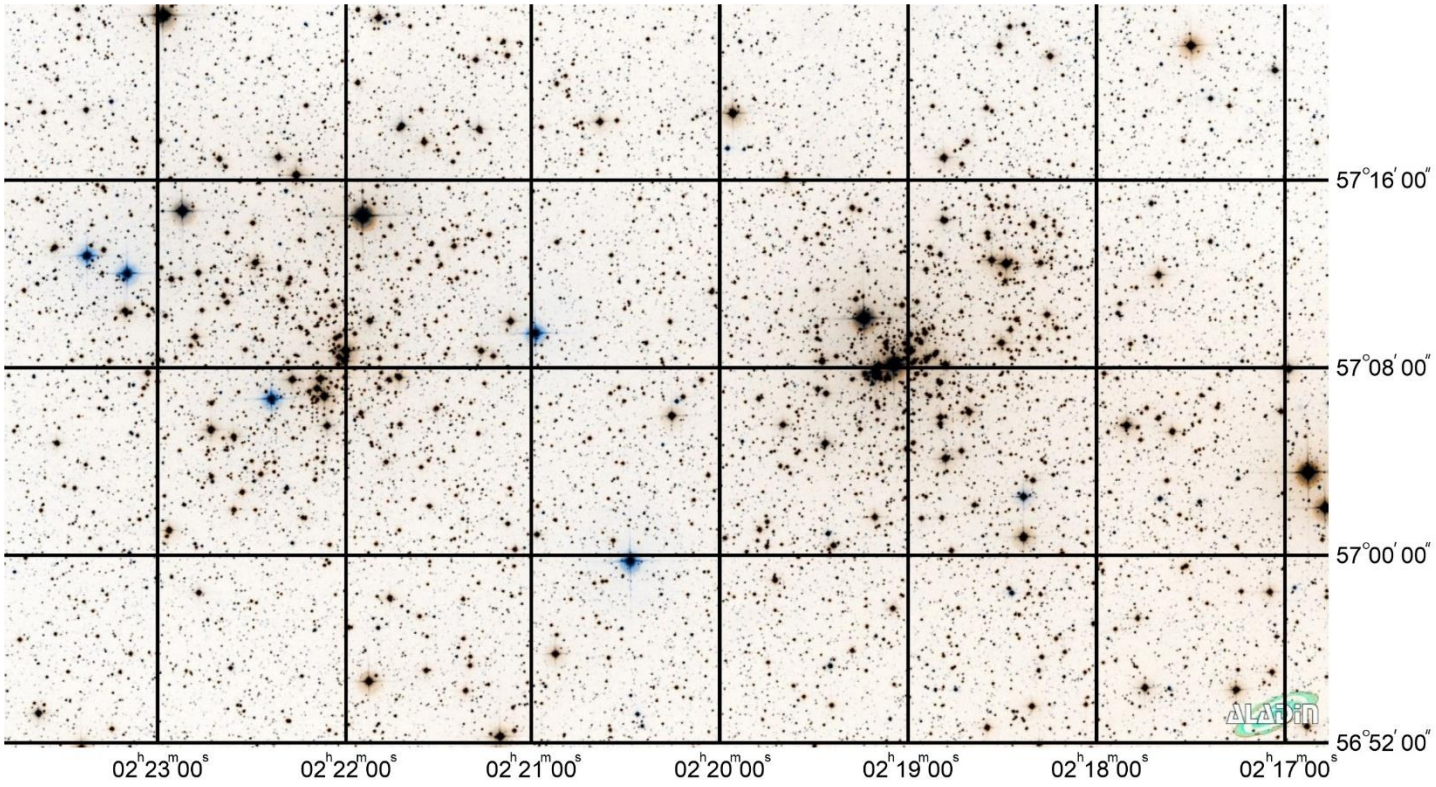


Рис. 2. Изображение к заданию 2

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.

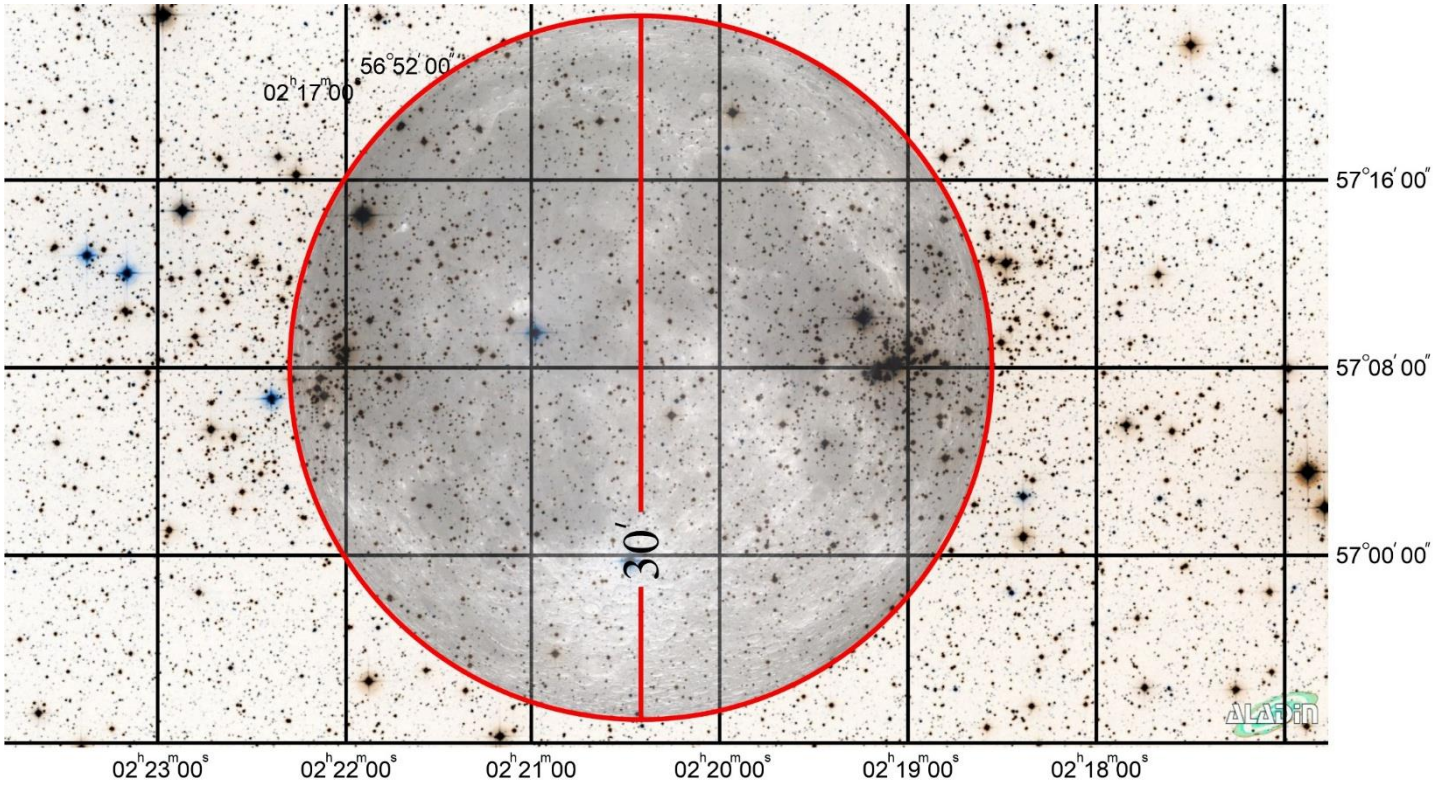


Рис. 2а. Изображение диска Луны

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. Такие разные глаза

Задание

На фото (см. рис. 3) приведены глаза человека, страдающего анизокорией (зрачки разных размеров). Опишите, как будет видеть звездное небо этот человек каждым глазом, если размер зрачков ночью останется неизменным.

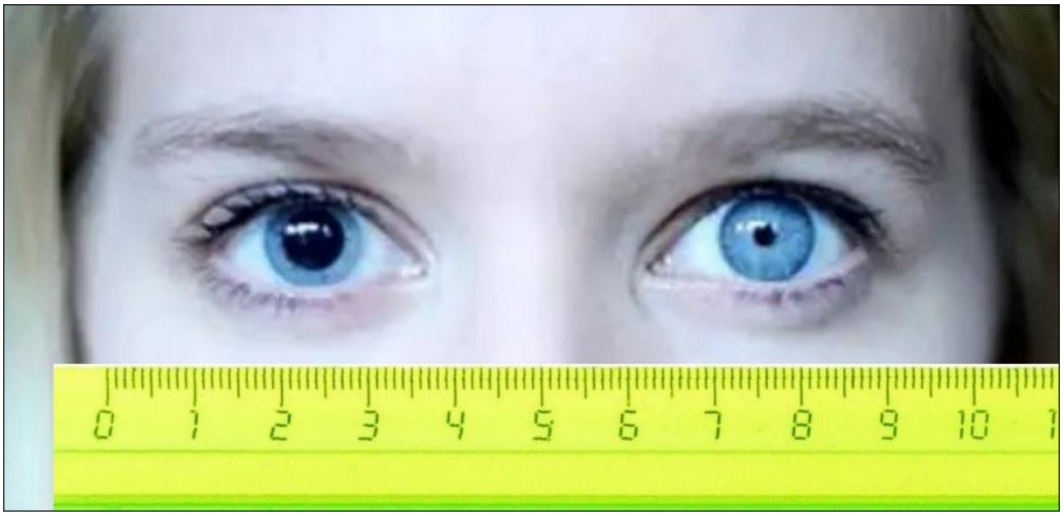


Рис. 3. Изображение к заданию 3

Решение

Диаметр зрачка влияет на разрешающую и проницающую способности.

Разрешающая способность определяется:

$$\alpha = 1{,}22\frac{206265'' \cdot \lambda}{D},$$

где λ – средняя длина световой волны (550 нм), D – диаметр объектива (зрачка).

Измерим диаметры зрачков:

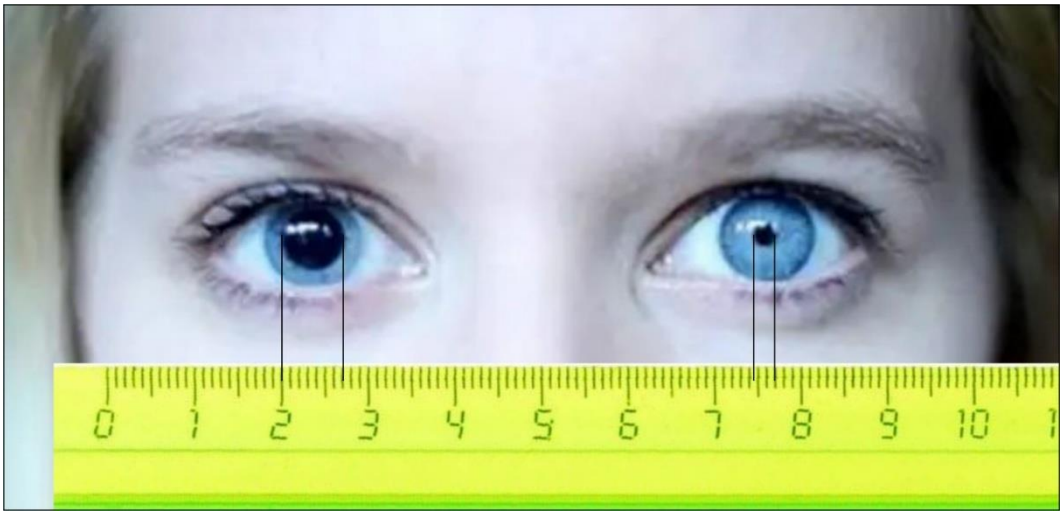


Рис. 3а. К решению задания 3

Для правого зрачка D_1 = 7 мм получим разрешающую способность:

$$\alpha_{\text{п}} = 1{,}22\frac{206265'' \cdot \lambda}{D} = 1{,}22\frac{206265'' \cdot 550 \cdot 10^{-9}\text{м}}{7 \cdot 10^{-3}\text{м}} = 20''.$$

Для левого зрачка D_2 = 2,5 мм получим разрешающую способность:

$$\alpha_{\text{л}} = 1{,}22\frac{206265'' \cdot \lambda}{D} = 1{,}22\frac{206265'' \cdot 550 \cdot 10^{-9}\text{м}}{2{,}5 \cdot 10^{-3}\text{м}} = 55''.$$

Правый глаз будет видеть в 55/20 = 2,8 раза более мелкие детали или звезды, расположенные ближе друг к другу.

Проницающая способность определяется из соотношения:

$$m = 2{,}1^m + 5 \cdot \lg(D),$$

где D – диаметр объектива (зрачка) в миллиметрах.

Проницающая способность правого глаза составит:

$$m_{\text{п}} = 2{,}1^m + 5 \cdot \lg(7\text{ мм}) = 6{,}3^m.$$

Проницающая способность левого глаза составит:

$$m_{\text{л}} = 2{,}1^m + 5 \cdot \lg(2{,}5\text{ мм}) = 4{,}1^m.$$

Правый глаз будет видеть звезды более слабые, чем левый глаз на $6{,}3^m - 4{,}1^m = 2{,}2^m$ или в $2{,}512^{2{,}2} = 7{,}6$ раза.

Ответ: правый глаз будет различать звезды, расположенные в 2,8 раза ближе друг к другу и будет видеть более слабые звезды, чем левый глаз на $2{,}2^m$ или в 7,6 раза, т.е. будет видеть большее количество звезд.

Критерии оценивания

Верное измерение диаметров зрачков – 4 балла.

Верный расчет разрешающей способности зрачков – по 4 балла за каждый зрачок (8 баллов суммарно).

Верный расчет проницающей способности – по 4 балла за каждый глаз (8 баллов суммарно).

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. О, времена!

Задание

В день зимнего солнцестояния 22 декабря 2026 года уравнение времени равно –2 мин. Чему равно поясное время, среднее солнечное время, всемирное время и истинное солнечное время в этот день в 10:00 по красноярскому времени? Долгота Красноярска $\lambda = 92°52'$.

Решение

Сначала переведем долготу Красноярска из градусной меры угла в часовую. Исходя из соотношения 1 ч = 15°, 90°/15° = 6 ч. Оставшиеся 2°52′ или, примерно, 3° переведем в часовую меру, исходя из соотношения 1° = 4 мин: 3°·4 мин = 12 мин. Однако, оставшаяся часть от 90 градусов немного меньше 3°. Поэтому долгота Красноярска в часовой мере угла равна, примерно, 6 ч 11 мин.

Поясное время $T_п$ определяется из соотношения: $T_д = T_п + 1$ ч, где $T_д$ – декретное время или время, по которому живет Красноярск. Тогда поясное время в 10:00 красноярского будет: $T_п = T_д – 1$ ч = 10:00 – 1 ч = 9:00.

Среднее солнечное время T_m определяется из соотношения: $T_д = T_m – \lambda + n + 1$ ч, где n – номер часового пояса Красноярска, равный 6. Тогда среднее солнечное время в 10:00 красноярского будет: $T_m = T_д + \lambda – n – 1$ ч = 10:00 + 6:11 – 6 – 1 ч = 9:11.

Всемирное время T_0 определяется из соотношения: $T_д = T_0 + n + 1$ ч. Тогда всемирное время в 10:00 красноярского будет: $T_0 = T_д – n – 1$ = 10:00 – 6 – 1 ч = 3:00.

Истинное солнечное время $T_⊙$ определяется из соотношения: $T_д = T_⊙ + \eta – \lambda + n + 1$ ч, где η – уравнение времени. Тогда истинное солнечное время в 10:00 красноярского будет: $T_⊙ = T_д – \eta + \lambda – n$ – 1 ч = 10:00 + 00:02 +6:11 – 6 – 1 ч = 9:13.

Ответ: в 10:00 красноярского (декретного) времени поясное время равно 9:00, среднее солнечное время 9:11, всемирное время 3:00, истинное солнечное время 9:13.

Критерии оценивания

Верный перевод долготы Красноярска из градусной меры угла в часовую – 4 балла.

Верное вычисление поясного времени – 4 балла.

Верное вычисление среднего солнечного времени – 4 балла.

Верное вычисление всемирного времени – 4 балла.

Верное вычисление истинного солнечного времени – 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.