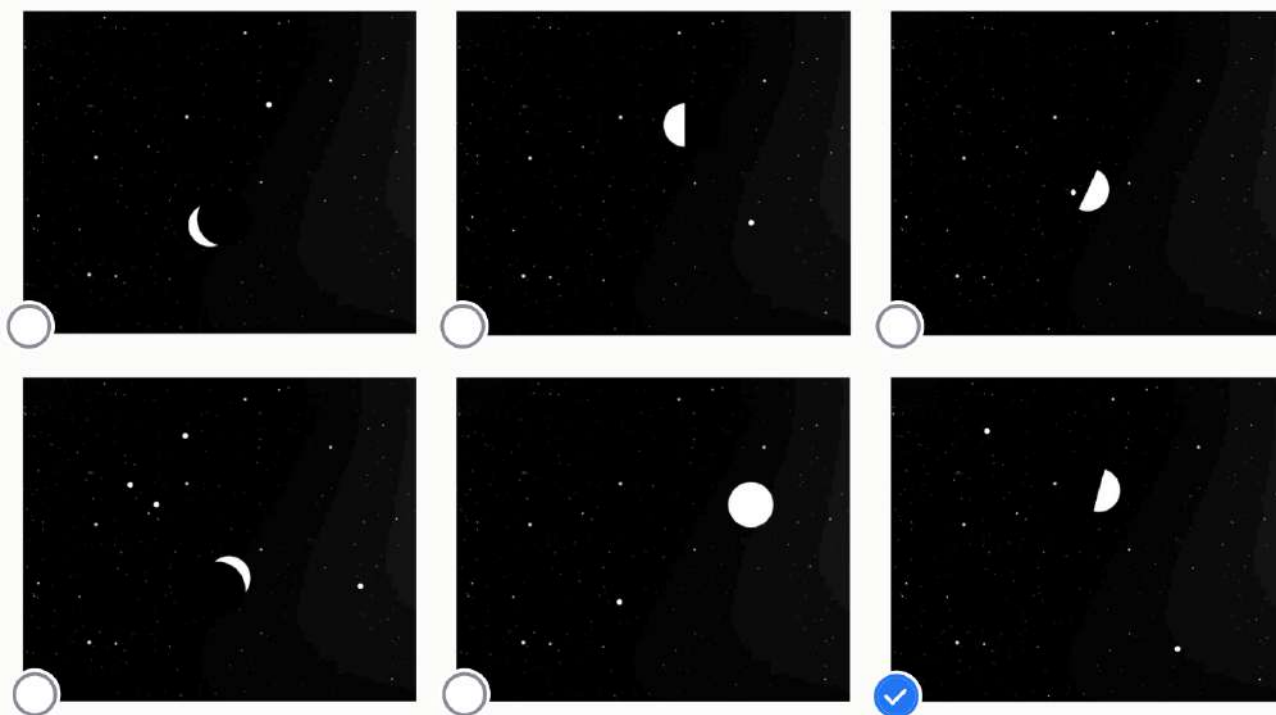


Максимальное количество баллов за олимпиаду — 80

Задание 1. Выберите соответствующие действительности зарисовки Луны в первой четверти на фоне звёздного неба для наблюдателя в Северном полушарии Земли:

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 8 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

Зарисовки сделаны после захода Солнца, на это указывает чёрный фон и большое число слабых звёзд. Луна в первой четверти имеет вид половинки круга, повернутой выпуклой стороной вправо (её вид похож на верхнюю половинку буквы «р» от слова «растущая»). Такой вид Луна имеет на паре зарисовок справа. Однако на верхней картинке на фоне тёмной части диска Луны наблюдается яркая звезда. Этого быть не может, т. к. в этом месте находится неосвещённая Солнцем сторона Луны, закрывающая собой небо. На нижнем справа рисунке вид Луны полностью соответствует ожидаемому.

Задание 2. Вариант 1. Юный любитель астрономии составлял список объектов Солнечной системы. Какие объекты попали в него по ошибке?

Ответ:

- Комета Галлея
- Астероид Веста
- Звезда Солнце
- Планета Юпитер
- Спутник Ганимед
- ✓ Галактика Водоворот
- ✓ Экзопланета Тестиас
- Карликовая планета Макемаке
- ✓ Квазар 3С 273

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

Три объекта из списка не принадлежат нашей Солнечной системе: это галактика, экзопланета и квазар.

Задание 2. Вариант 2. Юный любитель астрономии составлял список объектов Солнечной системы. Какие объекты попали в него по ошибке?

Ответ:

- Комета Галлея
- Астероид Юнона
- Звезда Солнце
- Планета Марс
- Спутник Ио
- ✓ Галактика Сомбреро
- ✓ Экзопланета Дагон
- Карликовая планета Макемаке
- ✓ Пульсар Crab

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 2. Вариант 3. Юный любитель астрономии составлял список объектов Солнечной системы. Какие объекты попали в него по ошибке?

Ответ:

- Комета Галлея
- Астероид Паллада
- Звезда Солнце
- Планета Сатурн
- Спутник Каллисто
- ✓ Туманность Кольцо
- ✓ Экзопланета Санчо
- Карликовая планета Кварвар
- ✓ Нейтронная звезда RX J185635–3754

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 1. Выберите верные утверждения.

Ответ:

- В Тихом океане есть области, где никогда не восходит Солнце
- На небе есть только две звезды ярче Полярной
- Все объекты, видимые на небе невооружённым глазом, принадлежат нашей Галактике
- ✓ На Земле есть области, где Солнце восходит не каждые сутки
- ✓ Сатурн — вторая по размеру планета Солнечной системы
- ✓ Видимые расстояния между звёздами на небе медленно меняются

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение. Не требуется.

Задание 3. Вариант 2. Выберите верные утверждения:

Ответ:

- В Индийском океане есть области, где никогда не восходит Солнце
- На небе есть только три звезды ярче Полярной
- Все объекты, видимые на небе невооружённым глазом, принадлежат нашей Галактике
- ✓ На Земле есть области, где Солнце заходит не каждые сутки
- ✓ Юпитер — крупнейшая по размеру планета Солнечной системы
- ✓ Видимые расстояния между звёздами на небе медленно меняются

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение. Не требуется.

Задание 4. Вариант 1. Установите соответствие между местом на Земле и месяцем, когда Солнце выше всего поднимается над горизонтом в данной местности.

Ответ:

Северный полюс Земли	Июнь
Южный полюс Земли	Декабрь
Москва	Июнь
Сидней (Австралия)	Декабрь
Владивосток	Июнь

Критерий оценивания: за каждый верную пару — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

В любой местности выше всего Солнце поднимается в день солнцестояния: в Северном полушарии Земли — в день летнего солнцестояния, в Южном полушарии Земли — в день зимнего солнцестояния. Исключение — зона между линиями тропиков, где Солнце бывает в зените два раза в году.

Задание 4. Вариант 2. Установите соответствие между местом на Земле и месяцем, когда Солнце выше всего поднимается над горизонтом в данной местности.

Ответ:

Северный полюс Земли	Июнь
Кейптаун (Южно-Африканская Республика)	Декабрь
Южный полюс Земли	Декабрь
Москва	Июнь
Новосибирск	Июнь

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 1. Расположите временные отрезки в порядке возрастания.

Ответ:

- ✓ 2 месяца
- ✓ 230 дней
- ✓ 400 дней
- ✓ 14 месяцев
- ✓ 1 год 4 месяца и 10 дней
- ✓ 2 года

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 12 баллов

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

Для сравнения длительности указанных интервалов времени выразим их в одних единицах — в сутках. Для этого можно использовать среднюю продолжительность месяца 30 дней, а продолжительность года считать равной 365 суткам. Тогда у нас получится такой ряд: 420, 230, 730, 60, 400, 495, который легко отсортировать.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 5.

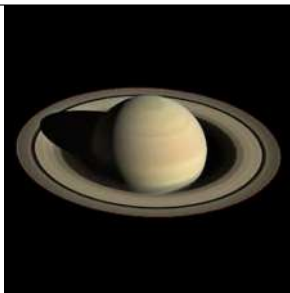
№ варианта	Ответ
1	2 месяца → 230 дней → 400 дней → 14 месяцев → 1 год 4 месяца 10 дней → 2 года
2	1 месяц → 200 дней → 330 дней → 13 месяцев → 1 год 5 месяцев 10 дней → 2 года
3	3 месяца → 205 дней → 335 дней → 15 месяцев → 1 год 6 месяцев 10 дней → 2 года
4	4 месяца → 210 дней → 340 дней → 14 месяцев → 1 год 7 месяцев 10 дней → 2 года
5	5 месяцев → 215 дней → 345 дней → 13 месяцев → 1 год 8 месяцев 10 дней → 2 года
6	2 месяца → 220 дней → 350 дней → 15 месяцев → 1 год 9 месяцев 10 дней → 2 года
7	1 месяц → 225 дней → 355 дней → 14 месяцев → 1 год 4 месяца 10 дней → 2 года
8	3 месяца → 235 дней → 360 дней → 13 месяцев → 1 год 5 месяцев 10 дней → 2 года
9	4 месяца → 240 дней → 365 дней → 15 месяцев → 1 год 6 месяцев 10 дней → 2 года
10	5 месяцев → 245 дней → 370 дней → 14 месяцев → 1 год 7 месяцев 10 дней → 2 года
11	1 месяц → 255 дней → 330 дней → 15 месяцев → 1 год 9 месяцев 10 дней → 2 года
12	3 месяца → 260 дней → 335 дней → 14 месяцев → 1 год 4 месяца 10 дней → 2 года
13	4 месяца → 265 дней → 340 дней → 13 месяцев → 1 год 5 месяцев 10 дней → 2 года
14	5 месяцев → 270 дней → 345 дней → 15 месяцев → 1 год 6 месяцев 10 дней → 2 года
15	2 месяца → 275 дней → 350 дней → 14 месяцев → 1 год 7 месяцев 10 дней → 2 года
16	1 месяц → 280 дней → 355 дней → 13 месяцев → 1 год 8 месяцев 10 дней → 2 года
17	3 месяца → 285 дней → 360 дней → 15 месяцев → 1 год 9 месяцев 10 дней → 2 года
18	4 месяца → 290 дней → 365 дней → 14 месяцев → 1 год 4 месяца 10 дней → 2 года
19	5 месяцев → 295 дней → 370 дней → 13 месяцев → 1 год 5 месяцев 10 дней → 2 года
20	2 месяца → 300 дней → 400 дней → 15 месяцев → 1 год 6 месяцев 10 дней → 2 года

Задание 6. Вариант 1.

а) Выберите изображения Юпитера и Урана.

В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы.

Ответ:

Юпитер	
Уран	
	  

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 5 баллов. Всего — 10 баллов

б) В справочнике для очень юных астрономов указано, что период обращения Юпитера вокруг Солнца равен 12 годам, а период обращения Урана в 7 раз больше. Сколько полных оборотов вокруг Солнца совершил Уран с момента своего открытия в 1781 году?

Ответ: 2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 8 баллов

Максимальный балл за задание — 18

Решение.

Уран был открыт $2026 - 1781 = 245$ лет назад. Период его обращения вокруг Солнца равен $7 \cdot 12 = 84$ годам. Определим, сколько раз меньший временной отрезок «помещается» в большем. $84 + 84 = 168$, а $84 + 84 + 84 = 252$. Мы видим, что два периода помещаются, а три — уже: нет осталось всего 7 лет до завершения очередного витка планеты вокруг Солнца с момента открытия.

Задание 7. Вариант 1. Скорость движения Земли по орбите вокруг Солнца равна 30 км/с.

а) Диаметр Земли равен 12600 км. За сколько минут она пролетает расстояние, равное своему диаметру?

Ответ: 7

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

б) За сколько дней Земля пролетает расстояние, равное расстоянию от Земли до Солнца?

Известно, что 1 а. е. = 150 млн км.

Ответ: 57 или 58

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Земля пролетает 30 км за 1 секунду. 60 км она пролетит за 2 секунды, а, например, 120 км — за 4 секунды. И наоборот — расстояние 120 км со скоростью 30 км/с можно преодолеть за 4 секунды. Чтобы найти время, которое надо затратить на преодоление некоторого расстояния, нужно разделить это расстояние на скорость: $\frac{12600}{30} = 420$ секунд.

1 минута — это 60 секунд. Значит, 420 секунд это $\frac{420}{60} = 7$ минут.

б) Аналогично вычислим время, за которое Земля пролетит 1 а. е. или 150 млн км: $\frac{150000000}{30} = 5000000$ секунд.

В одних сутках содержится $24 \cdot 3600 = 86400$ с. Переведём найденное время в сутки и округлим: $\frac{5000000}{86400} \approx 58$ суток.

Задание 7. Вариант 2. Скорость движения Марса по орбите вокруг Солнца равна 24 км/с.

а) Диаметр орбиты спутника Марса Фобоса равен 18720 км. За сколько минут Марс пролетает это расстояние?

Ответ: 13

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

б) За сколько дней Марс пролетает расстояние, равное расстоянию от Земли до Солнца?

Известно, что 1 а. е. = 150 млн км.

Ответ: 72 или 73

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 7. Вариант 3. Скорость движения Венеры по орбите вокруг Солнца равна 34 км/с.

а) Диаметр Венеры равен 12240 км. За сколько минут Венера пролетает расстояние, равное своему диаметру?

Ответ: 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

б) За сколько дней Венера пролетает расстояние, равное расстоянию от Земли до Солнца?

Известно, что 1 а. е. = 150 млн км.

Ответ: 51 или 52

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 7. Вариант 4. Скорость движения Юпитера по орбите вокруг Солнца равна 13 км/с.

а) Диаметр Юпитера равен 142740 км. За сколько минут Юпитер пролетает расстояние, равное своему диаметру?

Ответ: 183

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

б) За сколько дней Юпитер пролетает расстояние, равное половине расстояния от Земли до Солнца?

Известно, что 1 а. е. = 150 млн км.

Ответ: 66 или 67

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 8. На зарисовке представлено положение некоторых небесных тел для наблюдателя в средней полосе России.



а) Расположите небесные тела в порядке увеличения линейного расстояния от них до Солнца. Линейное расстояние — это расстояние, выраженное в линейной мере, например, в километрах.

Ответ:

- ✓ Солнце
- ✓ Меркурий
- ✓ Венера
- ✓ Луна
- ✓ Земля

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

б) Какая Луна изображена на рисунке?

Ответ:

- ✓ Растущая
- Стареющая
- Полная
- Новая

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2.5 баллов

в) Какое время суток представлено на схеме?

Ответ:

- ✓ Вскоре после захода Солнца
- Полночь
- Незадолго до восхода Солнца
- Такое расположение небесных тел невозможно

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2.5 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а-в) Мы видим на зарисовке растущую Луну. В этой фазе Луна бывает вскоре после новолуния, что означает, что она находится ближе к Солнцу, чем Земля. Расстояния от планет до Солнца не зависят от их положения на небе, поэтому их положение в отсортированном списке всегда одно и то же: Меркурий, Венера, Луна, Земля. Растущую молодую Луну в России можно наблюдать по вечерам. Направление выпуклой стороны видимого диска Луны и видимость Меркурия, который не наблюдается в светлое время суток, указывает, что Солнце находится под горизонтом.

Список использованных источников изображений

Задание 6. Вариант 1.

1. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3d/Uranus2.jpg>
2. https://cdn.shazoo.ru/218275_yMI26ev6tB_7504_pia21046_main.jpg
3. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/02/OSIRIS_Mars_true_color.jpg
4. <https://imageio.forbes.com/specials-images/imageserve/67249e997009f2b7f8e6f1e7/Untitled-design/960x0.jpg?format=jpg&width=1440>
5. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dd/Full_Moon_Luc_Viatour.jpg

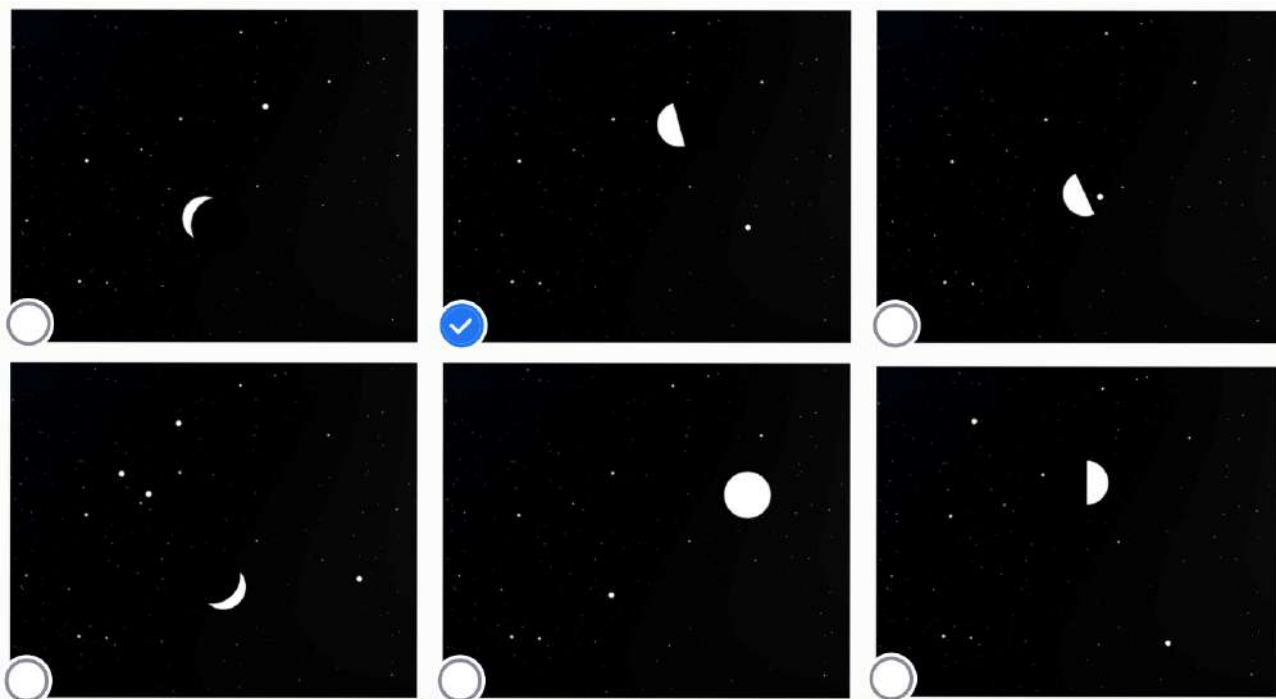
Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 80

Задание 1. Выберите соответствующие действительности зарисовки стареющей Луны на фоне звёздного неба для наблюдателя в Северном полушарии Земли, считая, что горизонт параллелен нижнему краю рисунка:

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 10 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

Зарисовки сделаны после захода Солнца, на это указывает чёрный фон и большое число слабых звёзд. Стареющая Луна (т. е. Луна, находящаяся в фазах между полнолунием и новолунием) изображена на всех рисунках сверху. Однако вид неба на верхнем справа рисунке не соответствует действительности, т. к. на фоне тёмной части диска Луны наблюдается звезда, чего быть не может. Верхняя слева зарисовка также не соответствует действительности — выпуклая часть светлой части диска, которая должна быть повёрнута к Солнцу, направлена выше горизонта. Однако, как мы выяснили ранее, Солнце на зарисовках находится под горизонтом. Верный ответ — центральная верхняя зарисовка.

Задание 2. Выберите планеты, известные астрономам Средневековья.

Ответ:

- ✓ Меркурий
- ✓ Венера
- ✓ Марс
- ✓ Юпитер
- ✓ Сатурн
- Уран
- Нептун
- Церера

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 10 баллов. За каждую ошибку снимается 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

Считается, что Средние века закончились к началу XVI века. В. Гершель открыл Уран в 1786 году, т. е. в XVIII веке. Нептун был открыт в 1846 году. Церера является не классической (большой) планетой Солнечной системы, а карликовой (но добавим, что она была открыта лишь в 1801 г.). Астрономам Средневековья были известны Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн.

Задание 3. Вариант 1. Выберите верные утверждения.

Ответ:

- ✓ Созвездие Кассиопеи является незаходящим в средних широтах России
- ✓ Сириус никогда не восходит на Северном полюсе Земли

- ✓ Вега никогда не заходит на Северном полюсе Земли
- ✓ В средних широтах в летний полдень над горизонтом всегда есть хотя бы одна планета
- Созвездие Льва является незаходящим в средних широтах России
- Вокруг северного полюса мира больше всего ярких звёзд на небе
- Ночью над горизонтом всегда есть хотя бы одна планета

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

Кассиопея — это приполярное созвездие, которое не опускается под горизонт в средних широтах.

Лев — зодиакальное созвездие, в котором бывает Солнце. Т. к. Солнце восходит и заходит в средних широтах, то и созвездие Льва будет это делать.

Окрестности Полярной звезды содержат мало ярких звёзд, больше тяготеющих к полосе Млечного пути.

Сириус — звезда южного полушария неба, а на Северном полюсе Земли над горизонтом находятся только звёзды северного полушария неба. Кроме того, на полюсе мира звёзды не восходят и не заходят, двигаясь в суточном движении всё время на одной и той же высоте над горизонтом.

Вега — звезда северного полушария неба, поэтому она всегда находится над горизонтом на Северном полюсе Земли.

Положения планет на небе постоянно меняются. Однако Меркурий не может отойти от Солнца слишком далеко, поэтому в летний полдень, когда Солнце в средних широтах Северного полушария Земли поднимается высоко над горизонтом, эта планета также будет находиться над ним.

Задание 3. Вариант 2. Выберите верные утверждения.

Ответ:

- ✓ Созвездие Малой Медведицы является незаходящим в средних широтах России
- ✓ Южный Крест никогда не восходит на Северном полюсе Земли
- ✓ Денеб (α Лебеда) никогда не заходит на Северном полюсе Земли
- ✓ В средних широтах в летний полдень над горизонтом всегда есть хотя бы одна планета
- Созвездие Близнецов является незаходящим в средних широтах России
- Вокруг северного полюса мира больше всего ярких звёзд на небе
- Ночью над горизонтом всегда есть хотя бы одна планета

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 3. Выберите верные утверждения.

Ответ:

- ✓ Созвездие Большой Медведицы является незаходящим в средних широтах России
- ✓ Канопус (α Киля) никогда не восходит на Северном полюсе Земли
- ✓ Альтаир (α Орла) никогда не заходит на Северном полюсе Земли
- ✓ Ночью над горизонтом может не быть ни одной планеты
- Созвездие Стрельца является незаходящим в средних широтах России
- Вокруг северного полюса мира больше всего ярких звёзд на небе
- В средних широтах в летний полдень над горизонтом может не быть ни одной планеты

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 4. Выберите верные утверждения:

Ответ:

- ✓ Созвездие Кассиопеи является незаходящим в средних широтах России
- ✓ Проксима Центавра никогда не восходит на Северном полюсе Земли
- ✓ Арктур (α Волопаса) никогда не заходит на Северном полюсе Земли
- ✓ Ночью над горизонтом может не быть ни одной планеты
- Созвездие Козерога является незаходящим в средних широтах России
- Вокруг южного полюса мира больше всего ярких звёзд на небе
- В средних широтах в летний полдень над горизонтом может не быть ни одной планеты

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 5. Выберите верные утверждения.

Ответ:

- ✓ Акрукс (α Южного Креста) никогда не восходит на Северном полюсе Земли
- ✓ Созвездие Цефея является незаходящим в средних широтах России
- ✓ Ночью над горизонтом может не быть ни одной планеты
- ✓ Капелла (α Возничего) никогда не заходит на Северном полюсе Земли
- Созвездие Скорпиона является незаходящим в средних широтах России
- Вокруг южного полюса мира больше всего ярких звёзд на небе
- В средних широтах в летний полдень над горизонтом может не быть ни одной планеты

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Вариант 1. Космонавт в скафандре может перемещаться со скоростью 0.8 м/с. Сколько часов ему потребуется, чтобы обойти круглый астероид радиусом 10 км по экватору? Ответ округлите до целых. Примите $\pi = 3.14$.

Ответ: засчитывается в диапазоне [21; 23]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 12 баллов

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

Длина экватора астероида радиусом R равна $l = 2\pi R = 62.8$ км, или 62800 м. Перемещаясь со скоростью V , такое расстояние можно преодолеть за время $t = \frac{l}{V} = 62800/0.8 \approx 78500$ с, или за 21.8 ч. Округляя, получим 22 ч.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 4.

№ варианта	Скорость, м/с	Радиус, км	Ответ в диапазоне	
1	0.8	10	21	23
2	0.5	7	23	25
3	0.6	8	22	24
4	1.1	13	20	22
5	1.2	14	19	21
6	1.7	19	18	20

Задание 5. Вариант 1. Смотритель маяка, находящегося посреди моря в Северном полушарии Земли, обратил внимание на восход полной Луны в тот момент, когда над горизонтом была видна ровно половина её диска. Известно, что диаметр лунного диска равен 0.5° .



а) Сколько дисков Луны поместилось бы вдоль всей линии горизонта, видимого смотрителю с вершины маяка?

Ответ: 720

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 6 баллов

б) Если Луна восходила ровно на востоке, то в какой части горизонта находилось в этот момент Солнце?

Ответ:

- Восток
- Юг
- ✓ Запад
- Север
- Северо-запад
- Юго-запад
- Юго-восток
- Северо-восток

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Какое время суток было в момент наблюдения?

Ответ:

- Утро
- ✓ Вечер
- День
- Ночь

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Длина горизонта равна 360° . Значит, на нём поместится 720 лунных дисков.

б-в) Полная Луна восходит на востоке, значит, Солнце находится в противоположной точке неба — заходит на западе. Поэтому наблюдение было вечером.

Задание 5. Вариант 2. Смотритель маяка, находящегося посреди моря в Северном полушарии Земли, обратил внимание на восход полной Луны в тот момент, когда над горизонтом была видна ровно половина её диска. Известно, что диаметр лунного диска равен 0.5° .



а) Сколько дисков Луны поместилось бы вдоль всей линии горизонта, видимого смотрителю с вершины маяка?

Ответ: 720

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 6 баллов

б) Если Луна восходила ровно на юго-востоке, то в какой части горизонта находилось в этот момент Солнце?

Ответ:

- Восток
- Юг
- Запад
- Север
- ✓ Северо-запад
- Юго-запад
- Юго-восток
- Северо-восток

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Какое время суток было в момент наблюдения?

Ответ:

- Утро
- ✓ Вечер
- День
- Ночь

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 3. Смотритель маяка, находящегося посреди моря в Северном полушарии Земли, обратил внимание на заход полной Луны в тот момент, когда над горизонтом была видна ровно половина её диска. Известно, что диаметр лунного диска равен 0.5° .



а) Сколько дисков Луны поместилось бы вдоль всей линии горизонта, видимого смотрителю с вершины маяка?

Ответ: 720

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 6 баллов

б) Если Луна заходила ровно на юго-западе, то в какой части горизонта находилось в этот момент Солнце?

Ответ:

- Восток
- Юг
- Запад
- Север
- Северо-запад
- Юго-запад
- Юго-восток
- ✓ Северо-восток

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Какое время суток было в момент наблюдения?

Ответ:

- ✓ Утро
- День
- Вечер
- Ночь

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 4. Смотритель маяка, находящегося посреди моря в Северном полушарии Земли, обратил внимание на заход полной Луны в тот момент, когда над горизонтом была видна ровно половина её диска. Известно, что диаметр лунного диска равен 0.5° .



а) Сколько дисков Луны поместилось бы вдоль всей линии горизонта, видимого смотрителю с вершины маяка?

Ответ: 720

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 6 баллов

б) Если Луна заходила ровно на северо-западе, то в какой части горизонта находилось в этот момент Солнце?

Ответ:

- Восток
- Юг
- Запад
- Север
- Северо-запад
- Юго-запад
- ✓ Юго-восток
- Северо-восток

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Какое время суток было в момент наблюдения?

Ответ:

- ✓ Утро
- День
- Вечер
- Ночь

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 6. Вариант 1. Какие объекты могут наблюдаться на небе рядом с Полярной звездой?

Ответ:

- Луна
- ✓ Комета
- ✓ Астероид
- Солнце
- Юпитер
- ✓ Далёкая галактика

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 3 балла. За каждую ошибку снимается 3 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение. Не требуется.

Задание 6. Вариант 2. Какие объекты **НЕ** могут наблюдаться на небе рядом с Полярной звездой?

Ответ:

- Комета
- ✓ Луна
- ✓ Солнце
- ✓ Сатурн
- Астероид
- Далёкая галактика
- Искусственный спутник Земли

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 3 балла. За каждую ошибку снимается 3 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 7. Вариант 1. Ответьте на вопросы. Считайте, что 1 парсек = 3.26 светового года = 206265 а. е.

а) Какое тело находится дальше других от Солнца?

Ответ:

- Нептун (радиус орбиты — 30 а. е.)
- Койпер 1 (радиус орбиты — 45 а. е.)
- Койпер 2 (радиус орбиты — 40 а. е.)
- ✓ Оорт 1 (радиус орбиты — 750 а. е.)
- Оорт 2 (радиус орбиты — 320 а. е.)
- Оорт 3 (радиус орбиты — 280 а. е.)

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Какая звезда находится ближе других к Солнцу?

Ответ:

- ✓ Лаланд (1.6 парсека от Солнца)
- Вольф (6.2 светового года от Солнца)
- Росс (2.2 парсека от Солнца)
- Лакайль (10.7 светового года от Солнца)

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Сколько раз на отрезке, соединяющем Солнце с выбранной вами звездой, целиком поместится орбита выбранного вами тела?

Ответ: засчитывается в диапазоне [219; 221]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а-б) Переведём все расстояния в астрономические единицы. Сравним между собой расстояния до звёзд и выберем самую близкую к Солнцу. Это звезда Лаланда с расстоянием примерно 330000 а. е. Теперь самое далёкое от Солнца тело из первой таблицы: Оорт 1 с расстоянием 750 а. е. Найденное расстояние надо умножить на 2 — это будет диаметр (то есть размер) орбиты наиболее удалённого от Солнца тела в таблице.

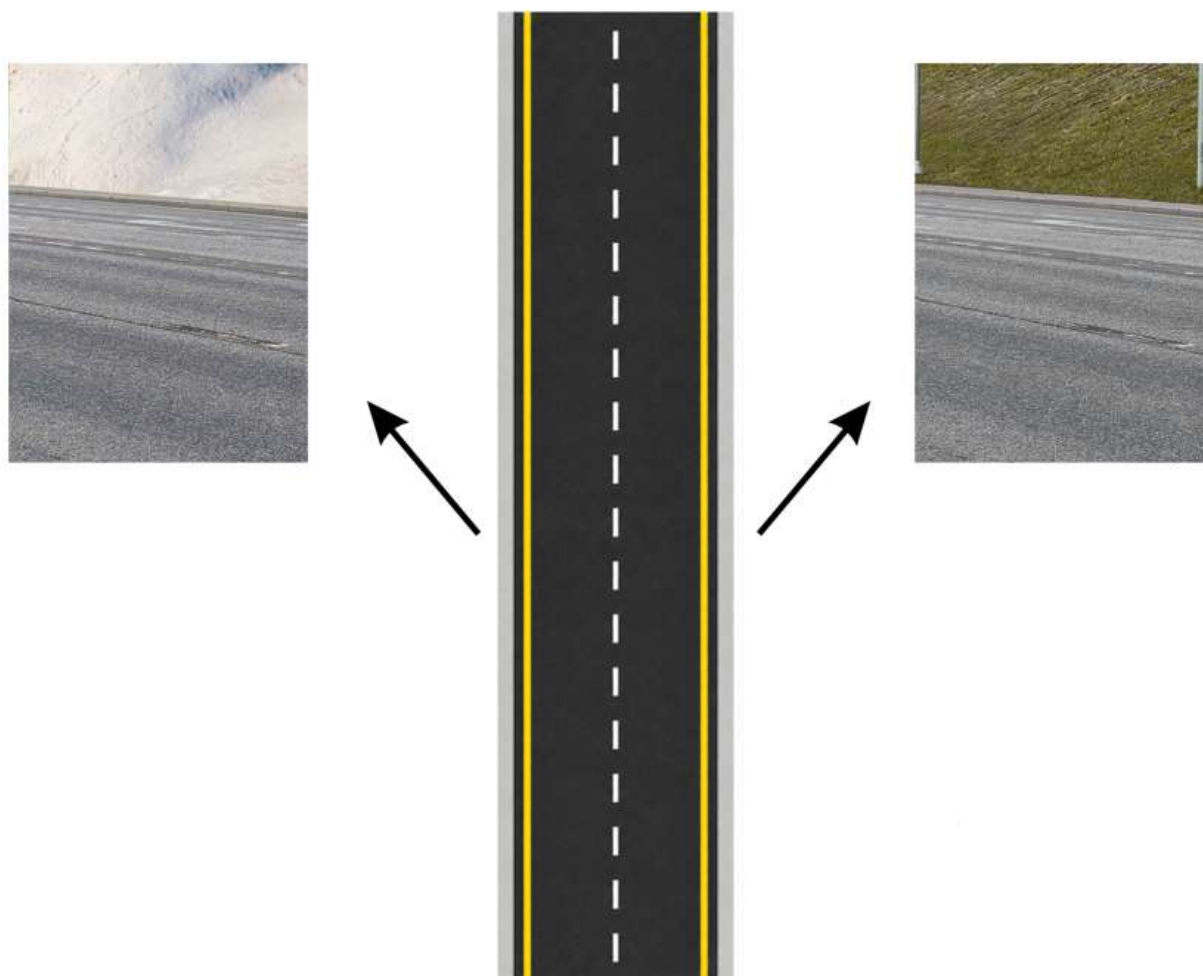
в) Вычислим, сколько раз диаметр Оорта 1 поместится внутри расстояния до звезды Лаланда: $\frac{330000}{1500} = 220$ раз.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 7.

Пункт в)

№ варианта	Радиус орбит, а. е.			Расстояние от Солнца звезды Лаланд, пк	Ответ в диапазоне (пункт в)	
	Оорт 1	Оорт 2	Оорт 3			
1	750	320	280	1.6	219	221
2	500	450	370	1.6	329	331
3	600	550	470	1.6	274	276
4	700	650	570	1.2	176	178
5	800	750	670	1.2	154	156
6	900	850	770	1.2	137	139
7	1000	950	870	1.3	133	135
8	1100	1050	970	1.3	121	123
9	1200	1150	1070	1.3	111	113
10	1300	1250	1170	1.4	110	112
11	1400	1350	1270	1.4	102	104
12	1500	1450	1370	1.4	95	97
13	1600	1550	1470	1.5	96	98
14	1700	1650	1570	1.5	90	92
15	1800	1750	1670	1.5	85	87
16	1900	1850	1770	1.7	91	93
17	2000	1950	1870	1.7	87	89

Задание 8. Даны фотографии склонов одной и той же дороги, одновременно сделанные весной в средней полосе России.



Определите направления сторон света.

Ответ:

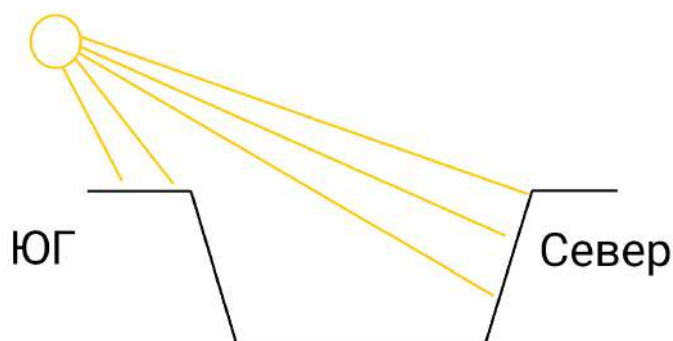


Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 11 баллов

Максимальный балл за задание — 11

Решение.

В России Солнце выше всего поднимается над точкой юга. Соответственно, северному склону дороги достаётся больше солнечных лучей, а значит, там быстрее растает снег и появится трава. Поэтому север находится справа. Соответственно, слева — юг, сверху — запад, внизу — восток.



Список использованных источников изображений

Задание 5.

<https://preview.redd.it/took-the-family-out-to-watch-the-full-moon-rise-over-the-v0-hvn2wgloenu61.jpg?width=640&crop=smart&auto=webp&s=28639d153a0c28f9b6904f382f0b4552b86a1a9b>

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 80

Задание 1. Вариант 1. Продолжите ряд.

а) Меркурий, Венера, Земля, Марс, Нептун, ...

Ответ:

- ✓ Юпитер
- Церера
- Ганимед
- Орион
- Солярис
- Юнона

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Большая Медведица, Малая Медведица, Дракон, Жираф, Рысь, ...

Ответ:

- ✓ Кассиопея
- Скорпион
- Вега
- Орион
- Юпитер
- Луна

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Млечный Путь, Большое Магелланово облако, Малое Магелланово облако, Галактика М32, Галактика М110, ...

Ответ:

- ✓ Туманность Андромеды
- Большое скопление Геркулеса
- Туманность Кольцо
- Плеяды
- Галактика Сомбреро
- Крабовидная туманность

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

а) *Первая последовательность*, очевидно, включает в себя пять больших классических планет Солнечной системы.

Её следует дополнить Юпитером — ещё одной большой планетой.

б) *Вторая последовательность* включает в себя пять северных околополярных созвездий. Её следует дополнить Кассиопеей — ещё одним созвездием данной группы.

в) *Третья последовательность* включает в себя большие и карликовые галактики Местной группы галактик. К последней можно также отнести и туманность Андромеды.

Задание 1. Вариант 2. Продолжите ряд.

а) Меркурий, Венера, Земля, Марс, Уран, ...

Ответ:

- ✓ Сатурн
- Плутон
- Ганимед
- Орион
- Солярис
- Юнона

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Большая Медведица, Малая Медведица, Дракон, Жираф, Рысь, ...

Ответ:

- ✓ Цефей
- Стрелец
- Вега
- Орион
- Юпитер
- Луна

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Млечный Путь, Большое Магелланово облако, Малое Магелланово облако, Галактика М32, Галактика М110, ...

Ответ:

- ✓ Туманность Треугольника
- Большое скопление Пегаса
- Туманность Пламя
- Гиады
- Галактика Чёрный глаз
- Крабовидная туманность

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 2. Вариант 1. Парад (или выравнивание) планет — астрономическое явление, при котором некоторое количество планет Солнечной системы располагается вдоль одной линии, при этом на небесной сфере они находятся относительно близко друг к другу. Выравнивания планет условно разделяются на четыре вида по количеству участвующих в них планет.

Виды парадов (выравниваний) планет Солнечной системы	Мини-парад	Малый	Большой	Великий (полный)
Количество планет-участниц	$2 \div 3$	4	$5 \div 6$	$7 \div 8$



а) На фотографии показан парад планет, который прошёл 16 июня 2026 года, с усилением видимой яркости некоторых из представленных планет с позиции автора фотографии, располагавшегося в городе Самаре (Российская Федерация). Какой вид парада наблюдался в эти сутки?

Ответ:

- ✓ Мини-парад
- Малый парад
- Большой парад
- Великий парад

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Над каким сектором горизонта располагались планеты в момент съёмки?

Ответ:

- ✓ Северо-запад
- Юго-запад
- Северо-восток
- Юго-восток

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Вдоль дуги какого большого круга приблизительно выстроились указанные планеты?

Ответ:

- ✓ Эклиптика
- Математический горизонт
- Небесный экватор
- Небесный меридиан
- Первый вертикал
- Колпур равноденствий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какое из небесных тел в указанные сутки первым зашло за горизонт?

Ответ:

- ✓ Меркурий
- Венера
- Луна
- Юпитер

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 7

Решение.

а) Путём прямого подсчёта на фотографии легко убедиться в том, что в данном параде принимали участие лишь три планеты: Венера, Юпитер и Меркурий. Это мини-парад.

б) Все планеты мини-парада и Луна располагались справа от точки запада. Поскольку фотография была получена вблизи дня летнего солнцестояния из Северного полушария, справа от точки запада должна располагаться точка севера. Значит, все участники мини-парада и Луна располагались над северо-западным сектором горизонта.

в) Все большие (классические) планеты Солнечной системы имеют малые углы наклона орбит к плоскости орбиты Земли. Значит, можно считать, что орбиты всех планет лежат приблизительно в одной плоскости — плоскости эклиптики.

г) В указанные сутки первым зашёл за горизонт Меркурий, поскольку он ближе других расположен к горизонту, а значит, быстрее других светил пересечёт его.

Задание 2. Вариант 2. Парад (или выравнивание) планет — астрономическое явление, при котором некоторое количество планет Солнечной системы располагается вдоль одной линии, при этом на небесной сфере они находятся относительно близко друг к другу. Выравнивания планет условно разделяются на четыре вида по количеству участвующих в них планет.

Виды парадов (выравниваний) планет Солнечной системы	Мини-парад	Малый	Большой	Великий (полный)
Количество планет-участниц	$2 \div 3$	4	$5 \div 6$	$7 \div 8$



а) На фотографии показан парад планет, который прошёл 16 июня 2026 года, с усилением видимой яркости некоторых из представленных планет с позиции автора фотографии, располагавшегося в городе Самаре (Российская Федерация). Какой вид парада наблюдался в эти сутки?

Ответ:

- ✓ Мини-парад
- Малый парад
- Большой парад
- Великий парад

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) В какое время суток можно было наблюдать данную конфигурацию планет?

Ответ:

- ✓ Вечер
- Утро
- День
- Ночь

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Вдоль дуги какого большого круга приблизительно выстроились указанные планеты?

Ответ:

- ✓ Эклиптика
- Математический горизонт
- Небесный экватор
- Небесный меридиан
- Первый вертикал
- Колюр равноденствий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какое из небесных тел в указанные сутки последним зашло за горизонт?

Ответ:

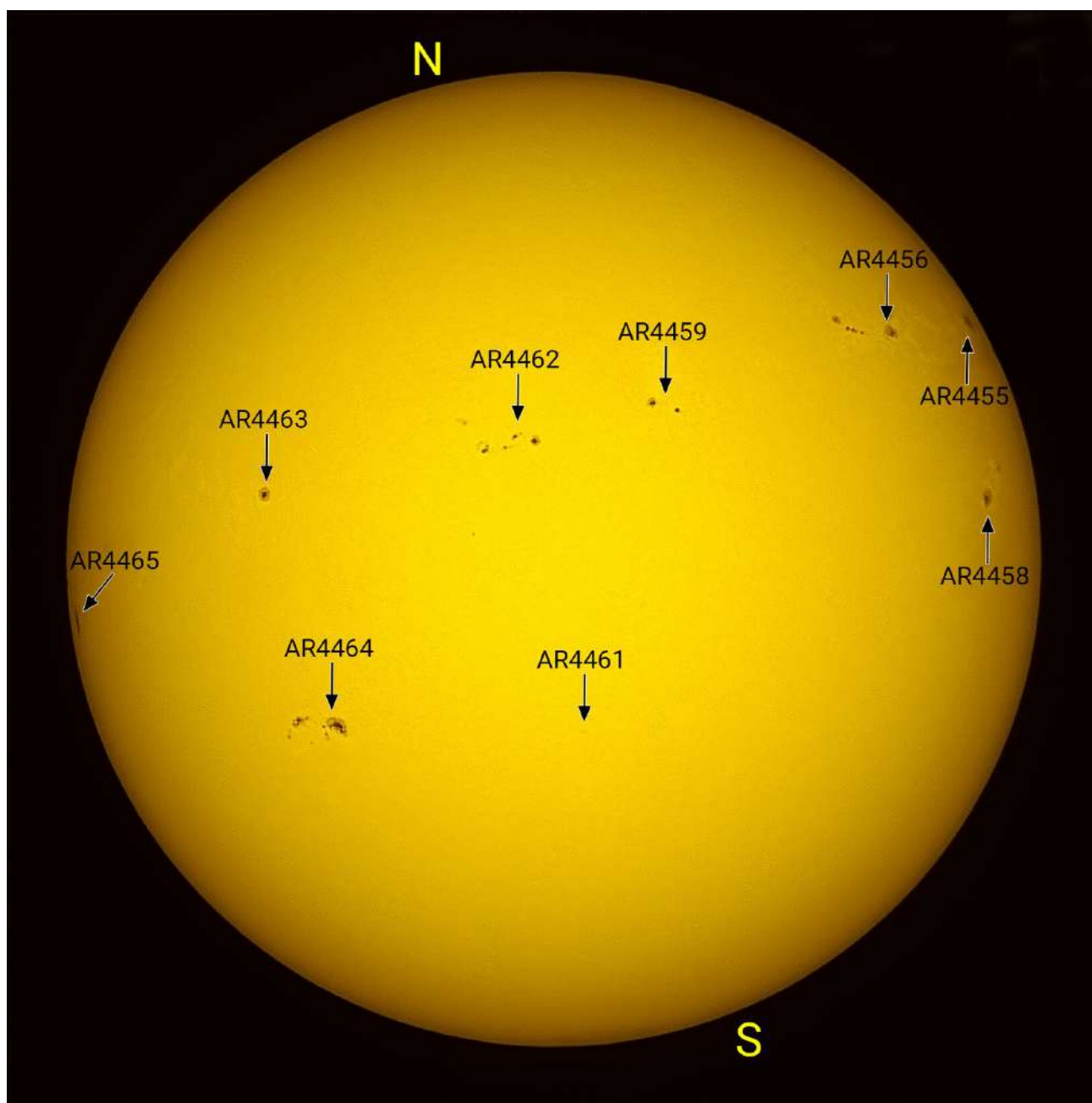
- ✓ Венера
- Меркурий
- Луна
- Юпитер

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 7

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 1. Дана фотография фотосферы (нижней области атмосферы) Солнца, полученная в городе Самаре 8 июня 2026 года в 6 часов 40 минут по всемирному времени.



Буквами AR и четырёхзначным индексом указаны активные области — области в фотосфере Солнца, появляющиеся нерегулярно и указывающие на повышенную активность его магнитного поля. Эти области главным образом представлены группами пятен. Четырёхзначный индекс для каждой области присваивается в хронологическом порядке её появления на видимом полушарии центрального светила. Буквами N и S указаны приблизительные положения северного и южного полюсов Солнца. Следует помнить, что направление осевого вращения Солнца аналогично земному.

а) Выберите ближайшее к дате получения этой фотографии событие:

Ответ:

- ✓ Летнее солнцестояние
- Осеннее равноденствие
- Зимнее солнцестояние
- Весеннее равноденствие

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

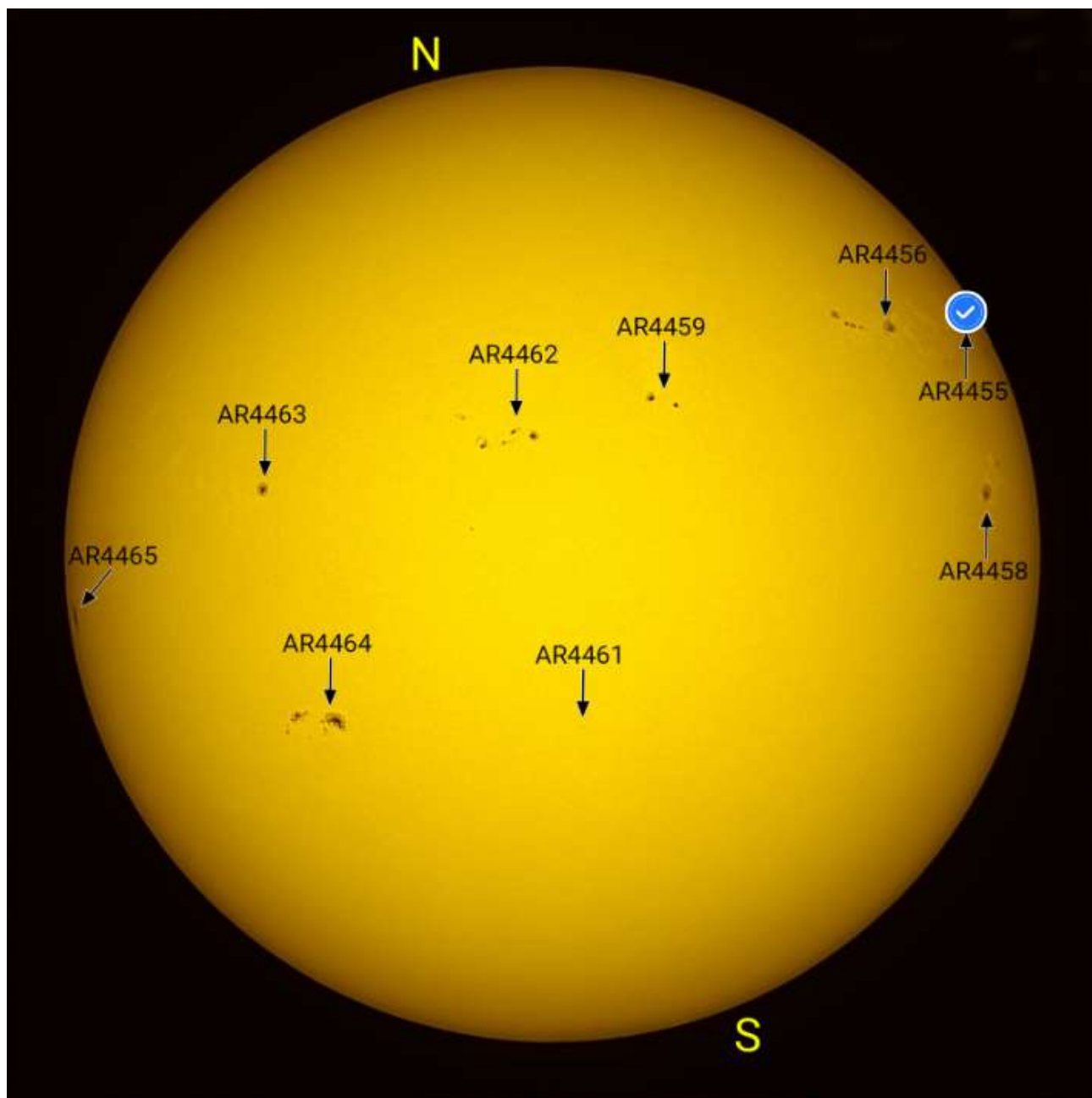
б) Какое время показывали часы жителя Саратова в момент получения данной фотографии, если его город относится к третьей российской часовой зоне? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 10:40

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Отметьте самую старую активную область.

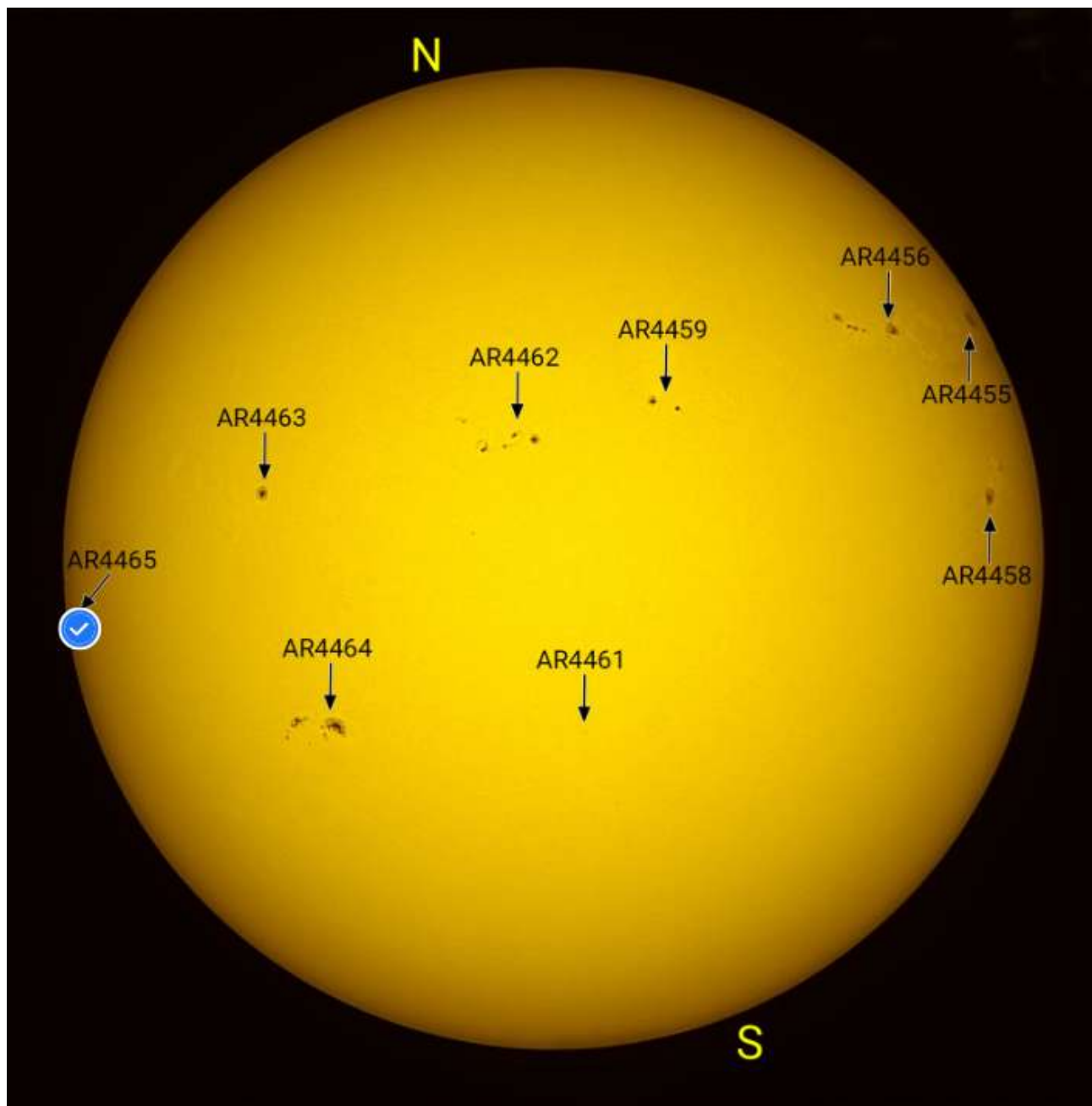
Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какая из областей последней появилась на западном лимбе видимого диска Солнца незадолго до момента получения фотографии?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

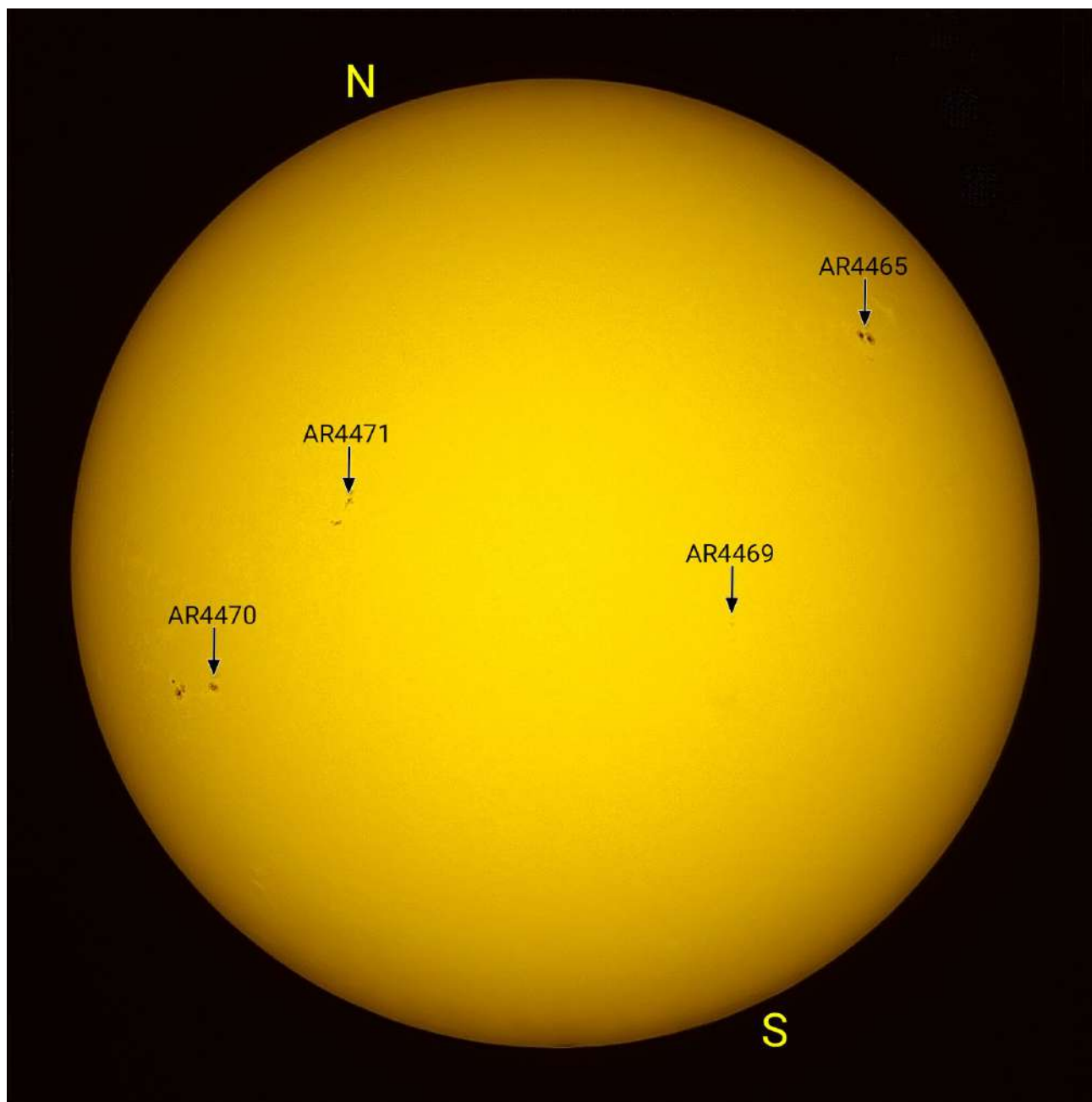
а) Согласно условию задачи, данная фотография была получена 08 июня 2026 года. Дата наиболее близка к дню летнего солнцестояния (20–21 июня).

б) Саратов принадлежит третьей ($N_{\text{ЧЗ}} = 3$) российской часовой зоне, в которой время (СВ) определяется по формуле: $\text{СВ} = \text{ВВ} + N_{\text{ЧЗ}} + 1 \text{ час} = 6 \text{ часов } 40 \text{ минут} + 3 \text{ часа } 00 \text{ минут} + 1 \text{ час } 00 \text{ минут} = 10 \text{ часов } 40 \text{ минут}$, где ВВ — всемирное время.

в) Самой старой активной областью на фотографии, очевидно, является AR4455, её четырёхзначный индекс минимален.

г) Поскольку направление осевого вращения Солнца аналогично земному, левый край видимого диска Солнца является западным, а правый край — восточным. На западном лимбе видимого диска Солнца незадолго до момента получения фотографии появилась активная область AR4465.

Задание 3. Вариант 2. Дана фотография фотосферы (нижней области атмосферы) Солнца, полученная в городе Самаре 18 июня 2026 года в 5 часов 33 минуты по всемирному времени.



Буквами AR и четырёхзначным индексом указаны активные области — области в фотосфере Солнца, появляющиеся нерегулярно и указывающие на повышенную активность его магнитного поля. Эти области главным образом представлены группами пятен. Четырёхзначный индекс для каждой области присваивается в хронологическом порядке её появления на видимом полушарии центрального светила. Буквами N и S указаны приблизительные положения северного и южного полюсов Солнца. Следует помнить, что направление осевого вращения Солнца аналогично земному.

а) Выберите ближайшее к дате получения этой фотографии событие:

Ответ:

- ✓ Летнее солнцестояние
- Осеннее равноденствие
- Зимнее солнцестояние
- Весеннее равноденствие

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

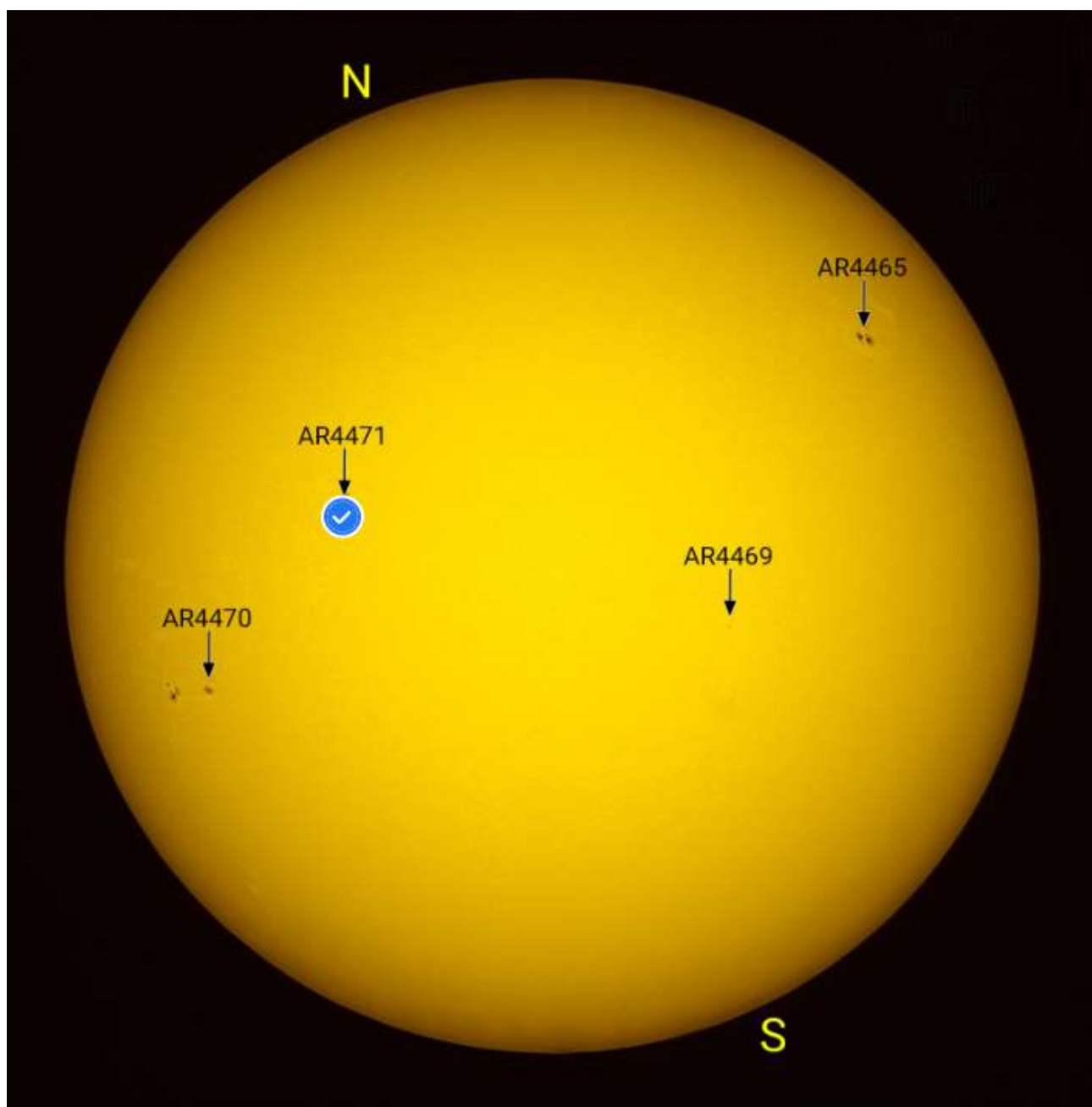
б) Какое время показывали часы жителя Иркутска в момент получения данной фотографии, если его город относится к седьмой российской часовой зоне? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 13:33

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Отметьте самую молодую активную область.

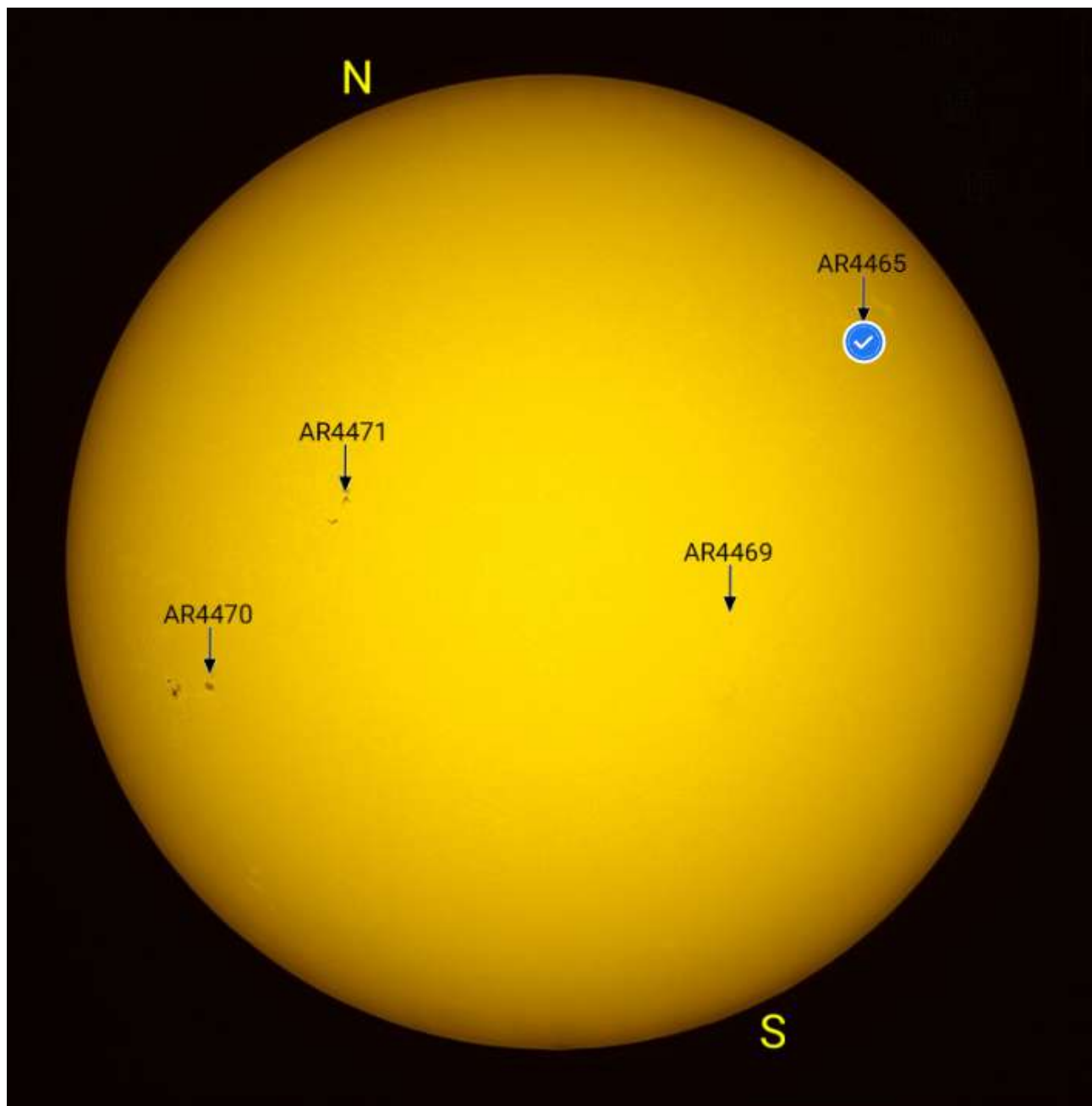
Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какая из областей первой зашла за восточный лимб видимого диска Солнца в ближайшее время после получения фотографии?

Ответ:

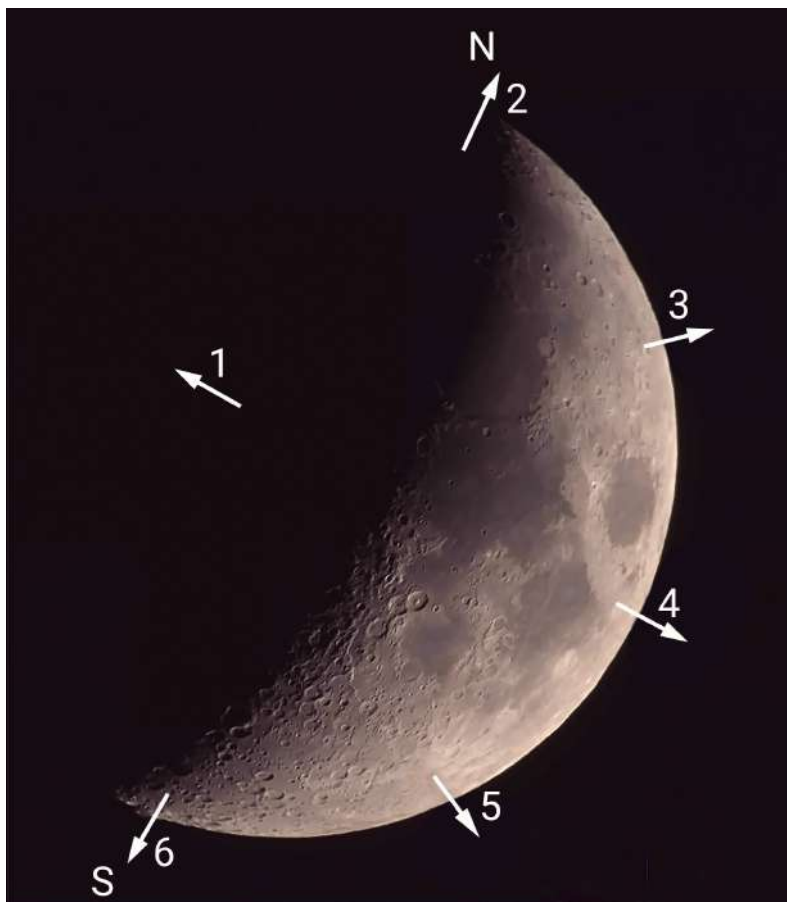


Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Вариант 1. Дано прямое изображение Луны с указанием её северного (N) и южного (S) полюсов.



Стрелками указаны 6 различных направлений в пространстве относительно её центра.

а) В какой фазе запечатлена Луна в момент съёмки?

Ответ:

- ✓ Молодой растущий месяц
- Новолуние
- Первая четверть
- Выпуклая растущая Луна
- Полнолуние
- Выпуклая убывающая Луна
- Последняя четверть
- Убывающий старый месяц

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

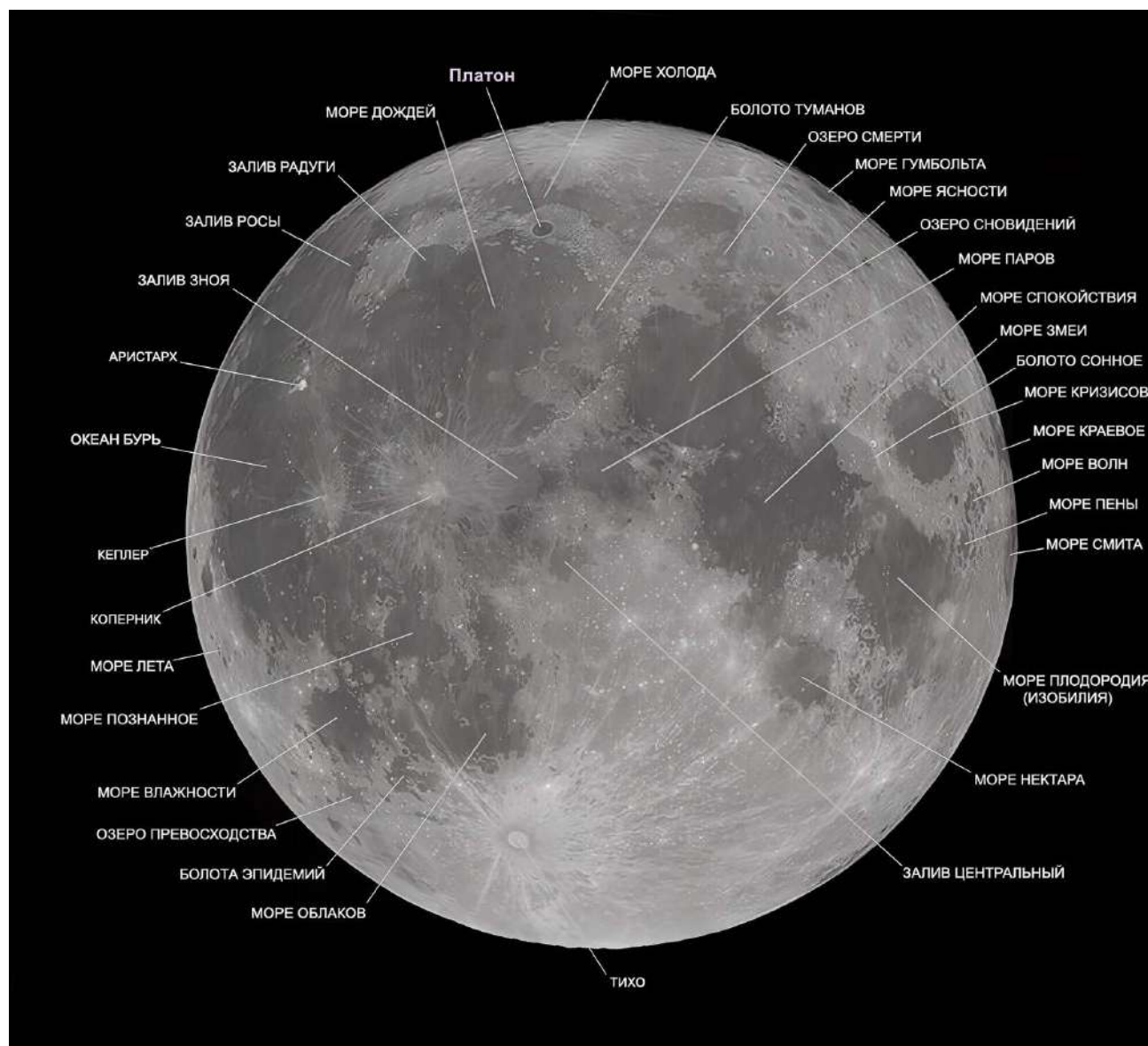
б) В каком направлении перемещался лунный терминатор (линия раздела света и тени) в момент съёмки?

Ответ:

- ✓ 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Известно, что селенографические полушария определяются аналогично географическим.



Используя карту видимого полушария Луны, определите селенографическое полушарие Моря Гумбольта:

Ответ:

- ✓ Северное
- Южное
- Невозможно однозначно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какой вид терминатора представлен на данной фотографии?

Ответ:

- ✓ Утренний
- Вечерний
- Невозможно однозначно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Определите линейную скорость перемещения терминатора вдоль лунного экватора. Ответ выразите в м/с, округлите до десятых. Радиус Луны равен 1738 км, а синодический месяц Луны составляет 29.53 суток.

Ответ: 4.3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

а) Дано прямое изображение освещённого западного полушария Луны с точки зрения наблюдателя, расположенного в Северном географическом полушарии. Следовательно, данная фаза наблюдалась до полнолуния и Луна являлась растущей. При этом освещённая часть составляла меньше половины видимого диска спутника Земли. Значит, это снимок молодого растущего месяца.

б) У растущей Луны видимый терминатор должен перемещаться справа налево, от Солнца.

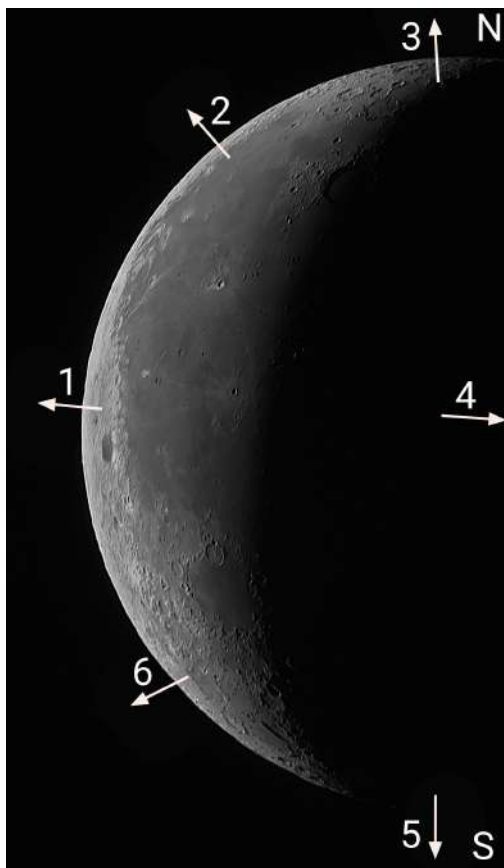
в) На карте Море Гумбольта располагается относительно близко к северному селенографическому полюсу. Значит, данная форма рельефа располагается в северном селенографическом полушарии.

г) Приход терминатора в данную точку поверхности Луны ознаменуется уходом ночи и приходом дня. Очевидно, это утренний терминатор.

д) Определим линейную скорость перемещения терминатора вдоль лунного экватора. Последний является окружностью радиуса $R_{\text{Л}} = 1738$ км, а один полный оборот вокруг центра Луны терминатор делает за синодический период — $S_{\text{Л}} = 29.53$ сут. Тогда

$$V = \frac{2\pi R_{\text{Л}}}{S_{\text{Л}}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1738 \cdot 10^3 \text{ м}}{29.53 \cdot 86400 \text{ с}} = 4.3 \text{ м/с}.$$

Задание 4. Вариант 2. Дано прямое изображение Луны с указанием её северного (N) и южного (S) полюсов.



Стрелками указаны 6 различных направлений в пространстве относительно её центра.

а) В какой фазе запечатлена Луна в момент съёмки?

Ответ:

- ✓ Убывающий старый месяц
- Новолуние
- Молодой растущий месяц
- Первая четверть
- Выпуклая растущая Луна
- Полнолуние
- Выпуклая убывающая Луна
- Последняя четверть

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

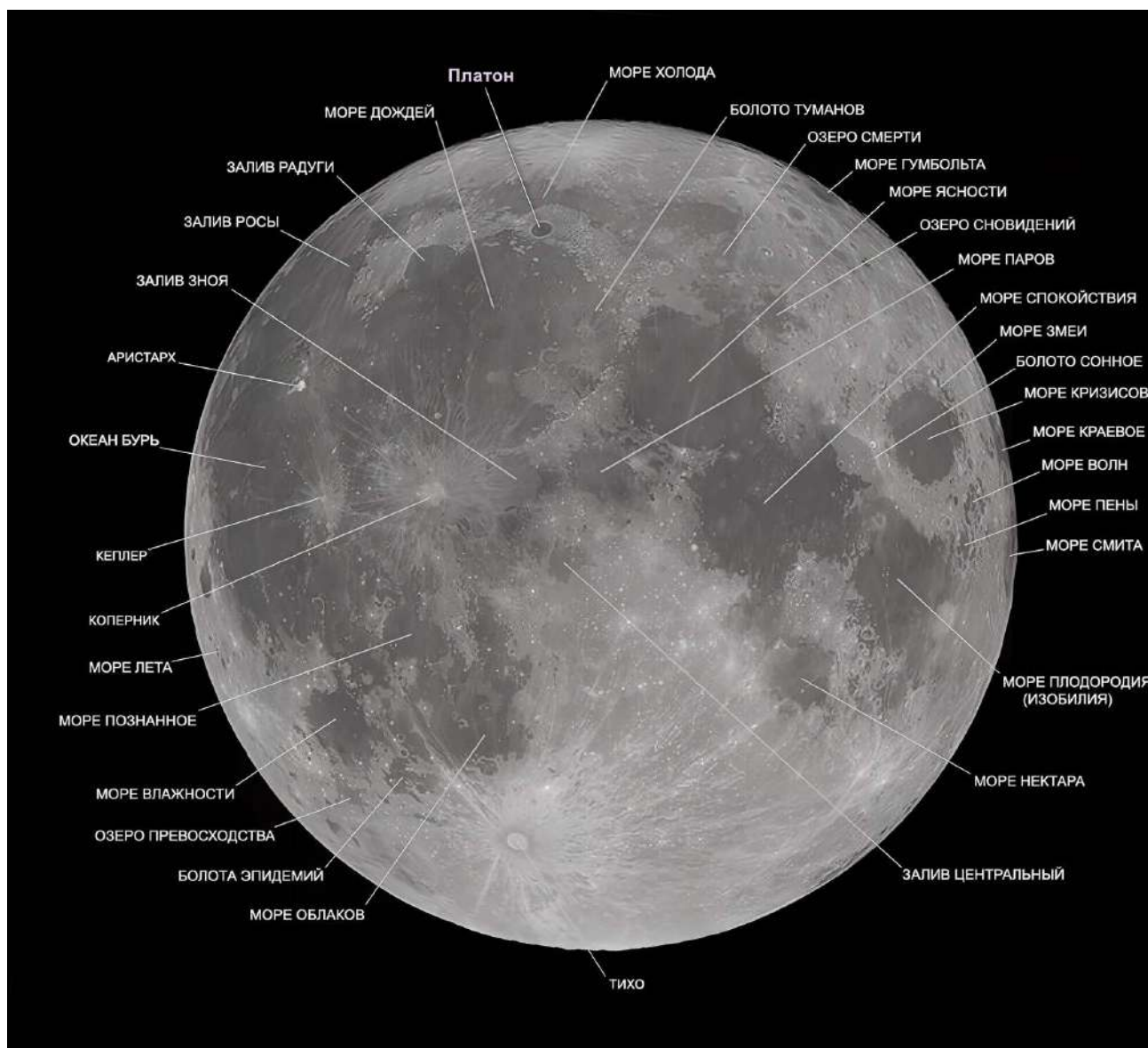
б) В каком направлении перемещался лунный терминатор (линия раздела света и тени) в момент съёмки?

Ответ:

- ✓ 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Известно, что селенографические полушария определяются аналогично географическим.



Используя карту видимого полушария Луны, определите селенографическое полушарие Озера Превосходства:

Ответ:

- ✓ Южное
- Северное
- Невозможно однозначно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какой вид терминатора представлен на данной фотографии?

Ответ:

- ✓ Вечерний
- Утренний
- Невозможно однозначно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Определите линейную скорость перемещения терминатора вдоль лунного экватора. Ответ выразите в м/с, округлите до десятых. Радиус Луны равен 1738 км, а синодический месяц Луны составляет 29.53 суток.

Ответ: 4.3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 1. Горизонтальным земным параллаксом небесного тела $p_{\text{нт}}^{(\oplus)}$ называется угол, под которым гипотетический наблюдатель в малой окрестности этого тела увидит радиус Земли $\mathcal{R}_{\oplus}$, перпендикулярный лучу зрения. Данный параметр определяется выражением вида:

$$p_{\text{нт}}^{(\oplus)} = \frac{\mathcal{R}_{\oplus}}{\Delta_{\text{нт}}} \times 206265'',$$

здесь $\Delta_{\text{нт}}$ — геоцентрическое расстояние небесного тела.

а) Чему равен горизонтальный земной параллакс Солнца? Расстояние от Земли до Солнца равно 150 млн км, радиус Земли — 6400 км. Ответ выразите в угловых секундах, округлите до десятых.

Ответ: 8.8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Нетрудно понять, что по аналогии с земным горизонтальным параллаксом можно определить эту величину и для других планет. Назовём её горизонтальным планетным параллаксом небесного тела. В таблице представлены радиусы классических планет, выраженные в радиусах Земли, и их гелиоцентрические расстояния.

Планета	$\mathcal{R}_p/\mathcal{R}_{\oplus}$	a_p , а. е.
Меркурий	0.3825	0.3871
Венера	0.9488	0.7233
Земля	1.0000	1.0000
Марс	0.5326	1.5237
Юпитер	11.209	5.2028

Здесь $\mathcal{R}_p$, $\mathcal{R}_{\oplus}$ — радиусы планеты и Земли соответственно; a_p — среднее гелиоцентрическое расстояние планеты. Расположите планеты в порядке возрастания их параллаксов Солнца.

Ответ: Марс, Меркурий, Земля, Венера, Юпитер

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 10 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а) Вычислим горизонтальный земной параллакс Солнца по формуле из условия:

$$p_{\odot}^{(\oplus)} = \frac{\mathcal{R}_{\oplus}}{\Delta_{\odot}} \times 206265'' = \frac{6400 \text{ км}}{150 \cdot 10^6 \text{ км}} \times 206265'' = 8.8''.$$

б) По той же формуле вычислим горизонтальные планетные параллаксы для Солнца: Меркурий (8.7''), Венера (11.5''), Земля (8.8''), Марс (3.1''), Юпитер (19.0''). В итоге имеем следующую последовательность: Марс → Меркурий → Земля → Венера → Юпитер.

Задание 5. Вариант 2. Горизонтальным земным параллаксом небесного тела $p_{\text{нт}}^{(\oplus)}$ называется угол, под которым гипотетический наблюдатель в малой окрестности этого тела увидит радиус Земли $\mathcal{R}_{\oplus}$, перпендикулярный лучу зрения. Данный параметр определяется выражением вида:

$$p_{\text{нт}}^{(\oplus)} = \frac{\mathcal{R}_{\oplus}}{\Delta_{\text{нт}}} \times 206265'',$$

здесь $\Delta_{\text{нт}}$ — геоцентрическое расстояние небесного тела.

а) Чему равен горизонтальный земной параллакс Солнца? Расстояние от Земли до Солнца равно 150 млн км, радиус Земли — 6400 км. Ответ выразите в угловых секундах, округлите до десятых.

Ответ: 8.8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Нетрудно понять, что по аналогии с земным горизонтальным параллаксом можно определить эту величину и для других планет. Назовём её горизонтальным планетным параллаксом небесного тела. В таблице представлены радиусы классических планет, выраженные в радиусах Земли, и их гелиоцентрические расстояния.

Планета	$\mathcal{R}_p/\mathcal{R}_{\oplus}$	a_p , а. е.
Меркурий	0.3825	0.3871
Венера	0.9488	0.7233
Земля	1.0000	1.0000
Марс	0.5326	1.5237
Юпитер	11.209	5.2028

Здесь $\mathcal{R}_p$, $\mathcal{R}_\oplus$ — радиусы планеты и Земли соответственно; a_p — среднее гелиоцентрическое расстояние планеты. Расположите планеты в порядке убывания их параллаксов Солнца.

Ответ: Юпитер, Венера, Земля, Меркурий, Марс

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 10 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 6. Вариант 1. Как известно, чем выше над поверхностью планеты располагается наблюдатель, тем ниже для него находится видимый горизонт. Можно строго математически доказать, что угол ψ понижения горизонта для наблюдателя, находящегося на высоте H относительно средней поверхности планеты радиуса $\mathcal{R}_p$, представляется в виде:

$$\psi = 57.3^\circ \times \sqrt{\frac{2H}{\mathcal{R}_p}}.$$

При этом должно выполняться условие: $H \ll \mathcal{R}_p$.

а) Определите угол понижения горизонта для земного наблюдателя, находящегося на вершине Эвереста, если высота последнего равна 8.8 км. Ответ выразите в градусах, округлите до десятых. Средний радиус Земли примите равным 6371 км.

Ответ: 3.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) В таблице представлены радиусы небесных тел и их самые высокие горы/вулканы с указанием их высот.

Тело	Радиус, км	Название горы	Высота, км
Марс	3397	Олимп	26.0
Веста	263	Реяильвия	22.0
Япет	734	Стена Япета	20.0
Ио	1821	Южная Боосавла	18.2
Земля	6371	Эверест	8.8

Расположите данные небесные тела в порядке возрастания их углов понижения горизонта:

Ответ: Земля, Марс, Ио, Япет, Веста

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 10 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а)

$$\psi = 57.3^\circ \times \sqrt{\frac{2H}{\mathcal{R}_p}} = 57.3^\circ \times \sqrt{\frac{2 \cdot 8.8 \text{ км}}{6371 \text{ км}}} = 3.0^\circ.$$

б) Используем ту же формулу и получим углы понижения горизонта для этих тел: Марс (7.1°), Веста (23.4°), Япет (13.4°), Ио (8.1°), Земля (3.0°). В итоге имеем следующую последовательность: Земля $\rightarrow$ Марс $\rightarrow$ Ио $\rightarrow$ Япет $\rightarrow$ Веста.

Задание 6. Вариант 2. Как известно, чем выше над поверхностью планеты располагается наблюдатель, тем ниже для него находится видимый горизонт. Можно строго математически доказать, что угол ψ понижения горизонта для наблюдателя, находящегося на высоте H относительно средней поверхности планеты радиуса $\mathcal{R}_p$, представляется в виде:

$$\psi = 57.3^\circ \times \sqrt{\frac{2H}{\mathcal{R}_p}}.$$

При этом должно выполняться условие: $H \ll \mathcal{R}_p$.

а) Определите угол понижения горизонта для земного наблюдателя, находящегося на вершине Джомолунгмы, если высота последней равна 8.8 км. Ответ выразите в градусах, округлите до десятых. Средний радиус Земли примите равным 6371 км.

Ответ: 3.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) В таблице представлены радиусы небесных тел и их самые высокие горы/вулканы с указанием их высот.

Тело	Радиус, км	Название горы	Высота, км
Марс	3397	Олимп	26.0
Веста	263	Реяильвия	22.0
Япет	734	Стена Япета	20.0
Ио	1821	Южная Боосавла	18.2
Земля	6371	Джомолунгма	8.8

Расположите данные небесные тела в порядке убывания их углов понижения горизонта:

Ответ: Веста, Япет, Ио, Марс, Земля

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 10 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 7. Вариант 1. В настоящее время Юпитер и его спутники активно исследует космический аппарат Juno. С поверхности Земли к космическому аппарату регулярно отправляются команды управления. При этом расстояние от Земли до Юпитера составляет величину 4.20 а. е. В космосе радиоволны распространяются со скоростью света, равной $3 \cdot 10^5$ км/с. На обработку команд, их исполнение и отправку ответного сигнала аппарат тратит не менее 600 секунд. 1 а. е. = 149.6 млн км.

а) Определите минимальный промежуток времени между моментом отправки сигнала и моментом получения ответного сигнала наземной станцией. Ответ выразите в минутах, округлите до десятых.

Ответ: 79.8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

б) В течение какого промежутка времени фотография объёмом 1.5 МБ будет передаваться (транслироваться) космическим аппаратом Juno на Землю, если скорость передачи данных на Землю равна 12 кбит/с? Ответ выразите в минутах, округлите до десятых.

Примечание: 1 мегабайт (МБ) = 1024 килобайт, 1 килобайт (кБ) = 1024 байт, 1 байт (Б) = 8 бит, 1 килобит (кбит) = 1000 бит.

Ответ: 17.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Минимальный промежуток времени складывается из удвоенного промежутка τ_1 , в течение которого радиосигнал перемещается от наземной станции к Юпитеру, и промежутка времени τ_2 , затрачиваемого на обработку команд, их исполнение, отправку ответного сигнала, т. е.

$$\tau_{\min} = 2 \cdot \tau_1 + \tau_2 = \frac{2 \cdot \Delta_J}{c} + \tau_2 = \frac{2 \cdot 4.2 \cdot 1.496 \cdot 10^8 \text{ км}}{3 \cdot 10^5 \text{ км/с} \cdot 60 \text{ с/мин}} + 10 \text{ мин} = 79.8 \text{ мин.}$$

б) Время передачи сигнала можно представить в следующем виде:

$$t_T = \frac{U}{V_d} = \frac{1.5 \text{ МБ}}{12 \text{ кбит/с}} = \frac{1.5 \times (1024)^2 \cdot 8 \text{ бит}}{12 \cdot 10^3 \text{ бит/с} \cdot 60 \text{ с/мин}} = 17.5 \text{ мин.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 7.

№ варианта	Расстояние от Земли до Юпитера , а. е.	Скорость передачи данных, кбит/с	Ответ (пункт а)	Ответ (пункт б)
1	4.20	12	79.8	17.5
2	4.40	13	83.1	16.1
3	4.60	14	86.5	15.0
4	4.80	15	89.8	14.0
5	5.00	16	93.1	13.1
6	5.20	17	96.4	12.3
7	5.40	18	99.8	11.7
8	5.60	19	103.1	11.0
9	5.80	20	106.4	10.5
10	6.00	21	109.7	10.0
11	4.20	22	79.8	9.5
12	4.40	23	83.1	9.1
13	4.60	24	86.5	8.7
14	4.80	25	89.8	8.4
15	5.00	26	93.1	8.1
16	5.20	27	96.4	7.8
17	5.40	28	99.8	7.5
18	5.60	29	103.1	7.2
19	5.80	30	106.4	7.0
20	6.00	31	109.7	6.8

Задание 8. Вариант 1. Как известно, звёздные сутки короче средних солнечных суток на 236 секунд.

а) За сколько звёздных суток накопится разница в одни средние солнечные сутки между шкалами звёздного и среднего солнечного времени? Ответ округлите до целых.

Ответ: 366

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Сколько звёздных суток в 730 средних солнечных сутках? Ответ округлите до целых.

Ответ: 732

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Пусть T — продолжительность одних средних солнечных суток, а S — продолжительность одних звёздных суток. Тогда известная разность их продолжительностей $\Delta T = T - S$. Пусть N — искомое количество звёздных суток. Тогда $N \cdot \Delta T = N \cdot (T - S)$. Согласно условию задачи, $N \cdot \Delta T = T$. В итоге имеем $N \cdot S = (N - 1) \cdot T$, т. е. в течение N искомых звёздных суток проходит $N - 1$ средних солнечных суток. При этом

$$N = \frac{T}{\Delta T} = \left[\frac{86400 \text{ с}}{236 \text{ с}} \right] = 366 \text{ зв. сут.}$$

б) Из предыдущего пункта следует, что на каждые 366 звёздных суток приходится 365 средних солнечных суток. Значит, в 730 средних солнечных сутках 732 звёздных суток.

**Матрица параметров и ответов к вариантам задания 8.
Пункт б)**

№ варианта	Число средних солнечных суток	Ответ (пункт б)
1	730	732
2	1095	1098
3	1460	1464
4	1825	1830
5	2190	2196
6	2555	2562
7	2920	2928
8	3285	3294
9	3650	3660
10	4015	4026

Список использованных источников изображений

Задание 3.

1. https://sternwarte-huchenfeld.de/wp-content/uploads/2024/06/24-06-23_Sonne_vis_Sternwarte-Huchenfeld_col_numbered_650px.jpg

Задание 4. Вариант 1.

1. <https://i.pinimg.com/736x/71/ad/98/71ad98b79e18614f94f613e06620bf80.jpg>

Задание 4. Вариант 2.

1. https://svs.gsfc.nasa.gov/5587/#media_group_313519

2. https://sun9-66.vkuserphoto.ru/s/v1/ig2/8uh9Df2aQ02U-iXfFdXHXN8CCIZeM0IQo2N0fC9P2z_5LbLsam6QoUnN7rY9s_ajdFO_hbuvja6EMDl80j0BkUrk.jpg?quality=95&as=32x29,48x44,72x66,108x98,160x146,240x219,360x328,480x437,540x492,640x583,720x656,744x678&from=bu&u=9KW0AQQklIuvv7VZXc3jMQ5ybG164CQtppEignM_HFI

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

Задание 1. Вариант 1. Продолжите ряд.

а) Козерог, Овен, Телец, Лев, Стрелец, ...

Ответ:

- ✓ Весы
- Юпитер
- Чаша
- Капелла
- Орёл
- Юнона

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Тефия, Диона, Энцелад, Япет, Гиперион, ...

Ответ:

- ✓ Титан
- Гигея
- Каллисто
- Плутон
- Титания
- 2P/Энке

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Туманность Пеликан, Туманность Кольцо, Туманность Гантель, Трёхраздельная туманность, Большая туманность Ориона, ...

Ответ:

- ✓ Крабовидная туманность
- Туманность Андромеды
- Туманность Треугольника
- Плеяды
- Ясли
- Титания

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

а) *Первая последовательность* включает в себя пять зодиакальных созвездий. Данную последовательность следует дополнить ещё одним созвездием данной группы — Весами.

б) *Вторая последовательность* включает в себя пять крупных спутников Сатурна. Данный ряд следует дополнить Титаном — самым большим спутником той же планеты.

в) *Третья последовательность* включает в себя газопылевые туманности различных типов. Таковой является и Крабовидная туманность.

Задание 1. Вариант 2. Продолжите ряд.

а) Водолей, Рыбы, Близнецы, Дева, Скорпион, ...

Ответ:

- ✓ Стрелец
- Сатурн
- Лебедь
- Канопус
- Единорог
- Паллада

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Амальтея, Ио, Гималия, Европа, Элара, ...

Ответ:

- ✓ Ганимед
- Веста
- Тритон
- Церера
- Титан
- 1P/Галлея

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Туманность Сердце, Туманность Душа, Туманность Калифорния, Туманность Пламя, Туманность Розетка, ...

Ответ:

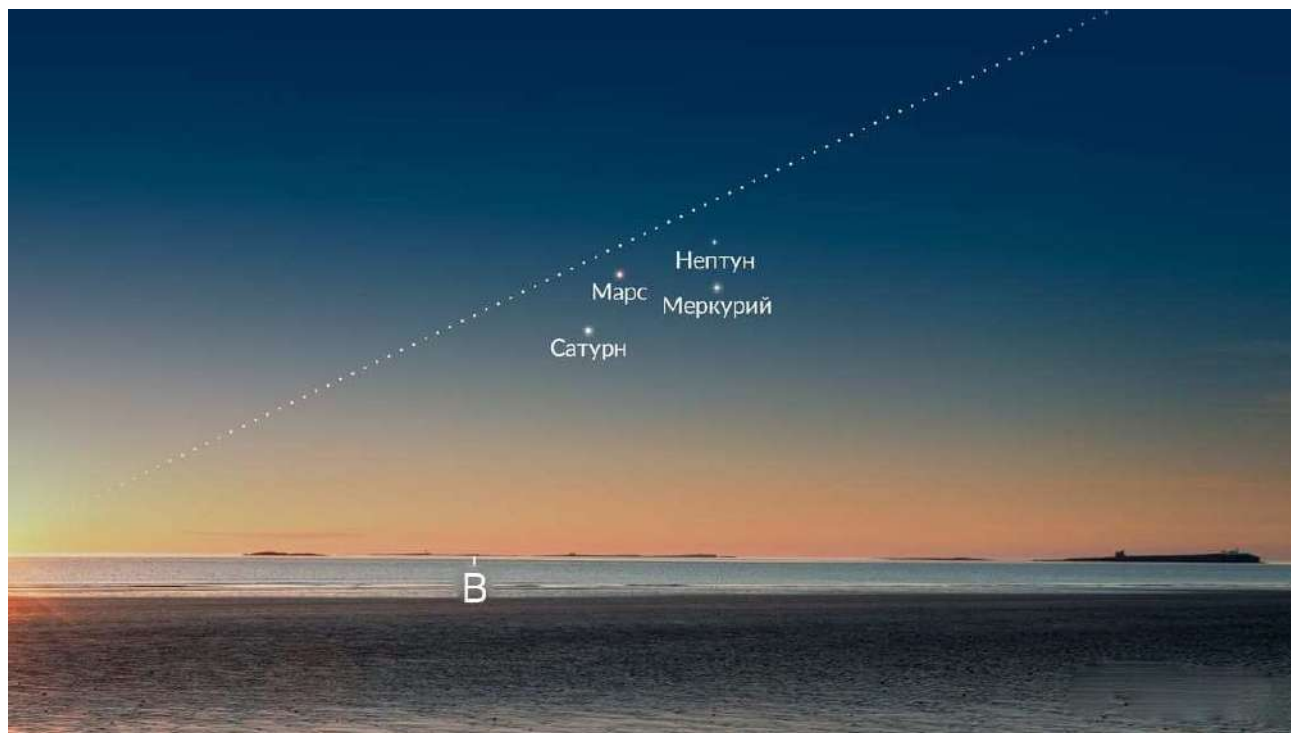
- ✓ Туманность Ирис
- Туманность Андромеды
- Туманность Треугольника
- Гиады
- Ясли
- Диона

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Задание 2. Вариант 1. Парад (или выравнивание) планет — астрономическое явление, при котором некоторое количество планет Солнечной системы располагается вдоль одной линии, при этом на небесной сфере они находятся относительно близко друг к другу. Выравнивания планет условно разделяются на четыре вида по количеству участвующих в них планет.

Виды парадов (выравниваний) планет Солнечной системы	Мини-парад	Малый	Большой	Великий (полный)
Количество планет-участниц	$2 \div 3$	4	$5 \div 6$	$7 \div 8$



а) Дан результат симуляции парада планет, произошедшего 18 апреля 2026 года, для воображаемого наблюдателя в городе Самаре (Российская Федерация). Видимая яркость некоторых планет усилена. Какой вид парада наблюдался в эти сутки?

Ответ:

- ✓ Малый парад
- Мини-парад
- Большой парад
- Великий парад

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) У какого из небесных тел астрономический азимут был минимальным?

Ответ:

- ✓ Сатурн
- Меркурий
- Марс
- Нептун

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Вдоль дуги какого большого круга приблизительно выстроились указанные планеты?

Ответ:

- ✓ Эклиптика
- Математический горизонт
- Небесный экватор
- Небесный меридиан
- Первый вертикал
- Колюр равноденствий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какое из небесных тел в момент съёмки обладало максимальной высотой над горизонтом?

Ответ:

- ✓ Нептун
- Меркурий
- Марс
- Сатурн

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 7

Решение.

а) Путём прямого подсчёта на фотографии легко убедиться в том, что в данном параде принимали участие четыре планеты: Меркурий, Марс, Сатурн и Нептун. Это малый парад.

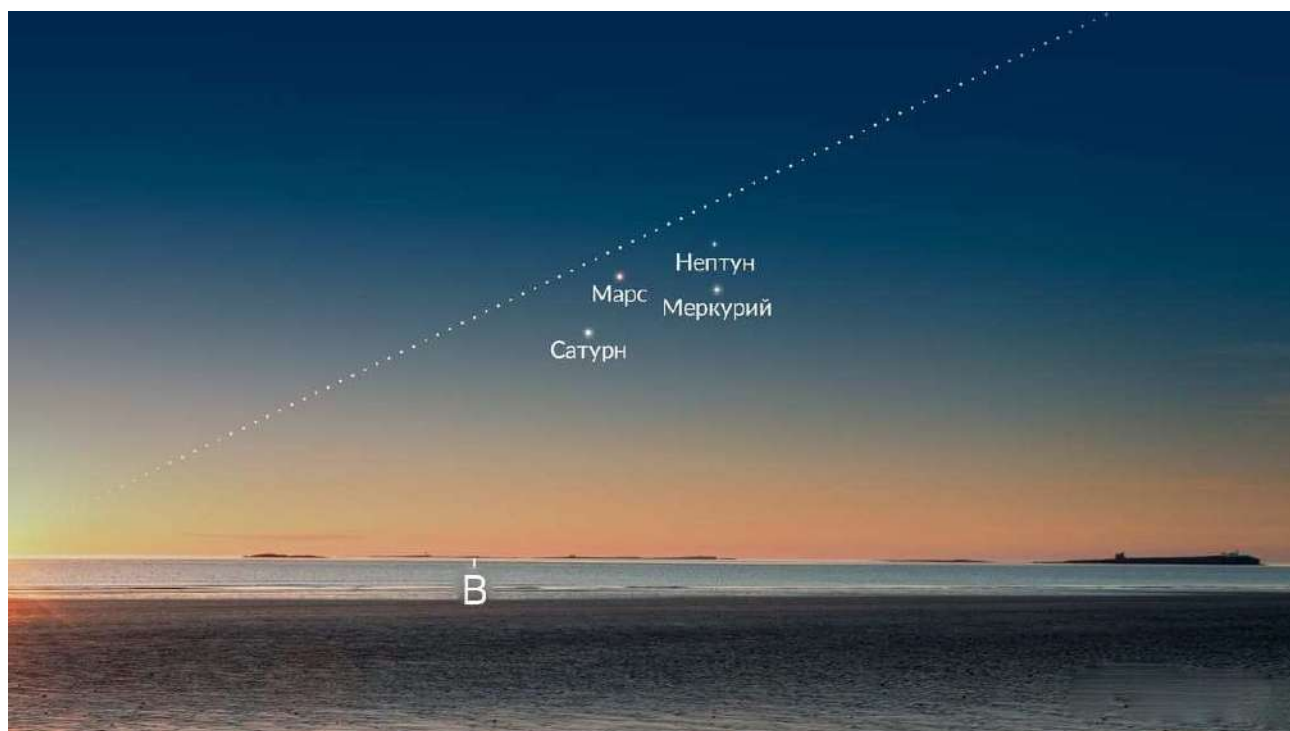
б) Астрономический азимут откладывается вдоль математического горизонта от точки юга в направлении точки запада. На рисунке указана точка востока. Все планеты расположены правее этой точки. С позиции жителя Северного географического полушария все планеты были расположены над юго-восточным сектором горизонта. Азимут планеты, ближе других расположенной к точке востока, минимален. В данном случае это Сатурн.

в) Все большие (классические) планеты Солнечной системы имеют малые углы наклона своих орбит к плоскости орбиты Земли. Значит, можно считать, что орбиты всех планет лежат приблизительно в одной плоскости — плоскости эклиптики.

г) В момент съёмки максимальной высотой над горизонтом обладал Нептун, поскольку он дальше других расположен от горизонта.

Задание 2. Вариант 2. Парад (или выравнивание) планет — астрономическое явление, при котором некоторое количество планет Солнечной системы располагается вдоль одной линии, при этом на небесной сфере они находятся относительно близко друг к другу. Выравнивания планет условно разделяются на четыре вида по количеству участвующих в них планет.

Виды парадов (выравниваний) планет Солнечной системы	Мини-парад	Малый	Большой	Великий (полный)
Количество планет-участниц	2 ÷ 3	4	5 ÷ 6	7 ÷ 8



а) Дан результат симуляции парада планет, произошедшего 18 апреля 2026 года, для воображаемого наблюдателя в городе Самаре (Российская Федерация). Видимая яркость некоторых планет усилена. Какой вид парада наблюдался в эти сутки?

Ответ:

- ✓ Малый парад
- Мини-парад
- Большой парад
- Великий парад

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) У какого из небесных тел астрономический азимут был максимальным?

Ответ:

- ✓ Меркурий
- Марс
- Сатурн
- Нептун

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Вдоль дуги какого большого круга приблизительно выстроились указанные планеты?

Ответ:

- ✓ Эклиптика
- Математический горизонт
- Небесный экватор
- Небесный меридиан
- Первый вертикал
- Колюр равноденствий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какое из небесных тел в момент съёмки обладало минимальной высотой над горизонтом?

Ответ:

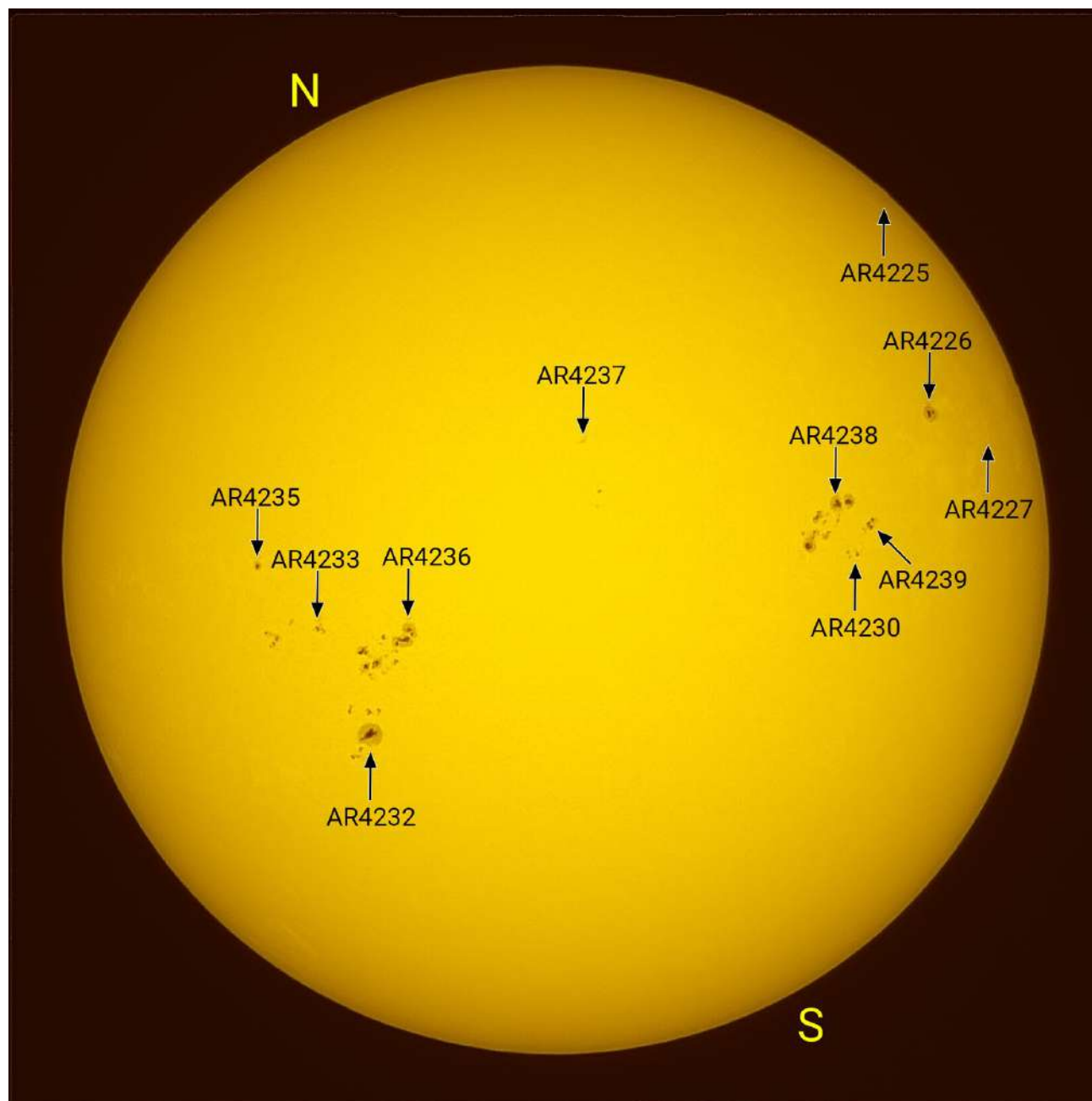
- ✓ Сатурн
- Меркурий
- Марс
- Нептун

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 7

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 1. Дана фотография фотосферы (нижней области атмосферы) Солнца, полученная в городе Самаре 30 сентября 2025 года в 6 часов 49 минут по всемирному времени.



Буквами AR и четырёхзначным индексом указаны активные области — области в фотосфере Солнца, появляющиеся нерегулярно и указывающие на повышенную активность его магнитного поля. Эти области главным образом представлены группами пятен. Четырёхзначный индекс для каждой области присваивается в хронологическом порядке её появления на видимом полушарии центрального светила. Буквами N и S указаны приблизительные положения северного и южного полюсов Солнца. Следует помнить, что направление осевого вращения Солнца аналогично земному.

а) Что можно сказать о знаке и характере изменения склонения Солнца в момент получения этой фотографии?

Ответ:

- ✓ Склонение Солнца меньше нуля, оно непрерывно уменьшалось
- Склонение Солнца больше нуля, оно непрерывно увеличивалось
- Склонение Солнца больше нуля, оно непрерывно уменьшалось
- Склонение Солнца меньше нуля, оно непрерывно увеличивалось

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

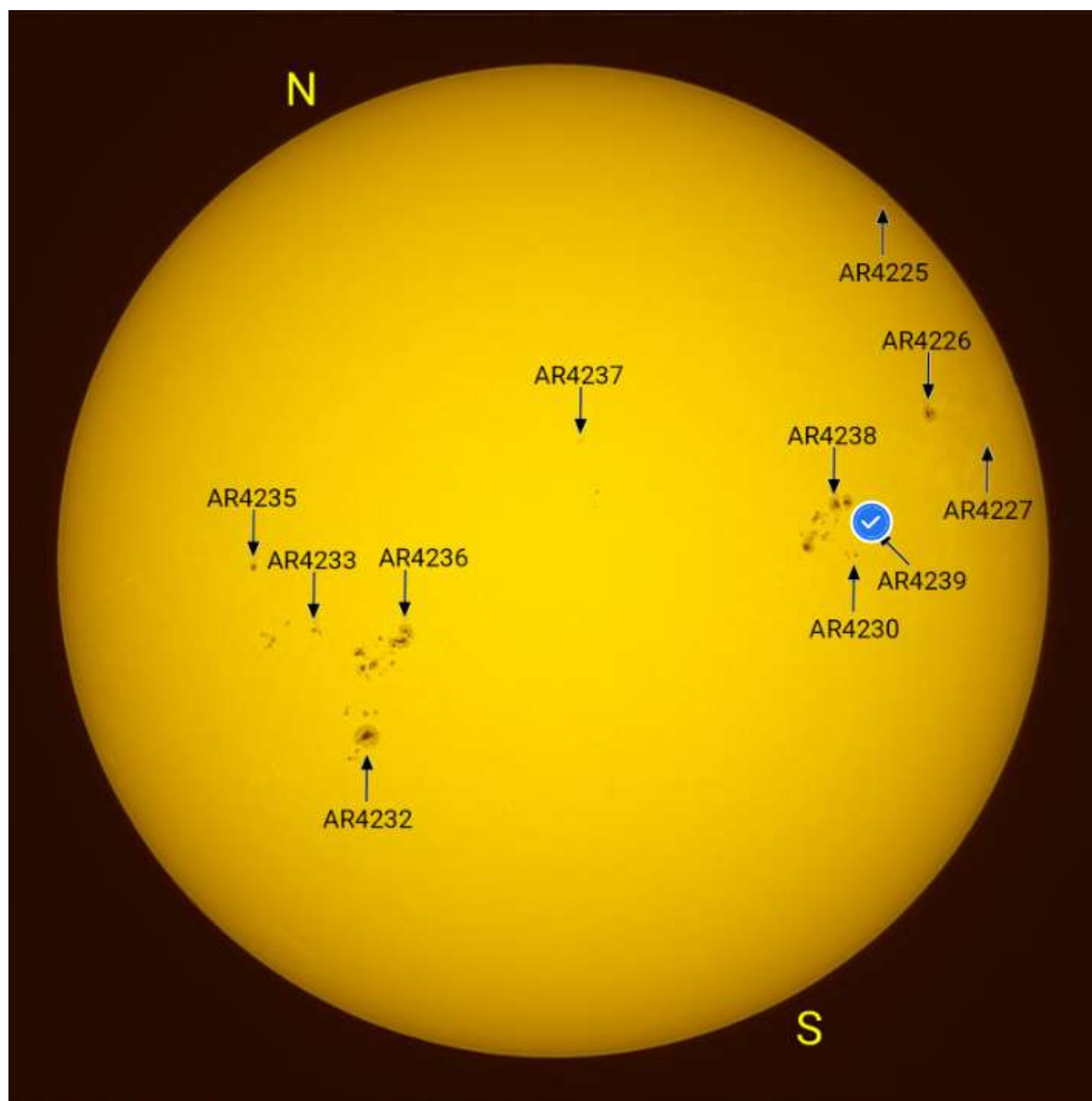
б) Какое время показывали часы жителя Екатеринбурга в момент получения данной фотографии, если его город относится к четвёртой российской часовой зоне? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 11:49

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Отметьте самую молодую активную область.

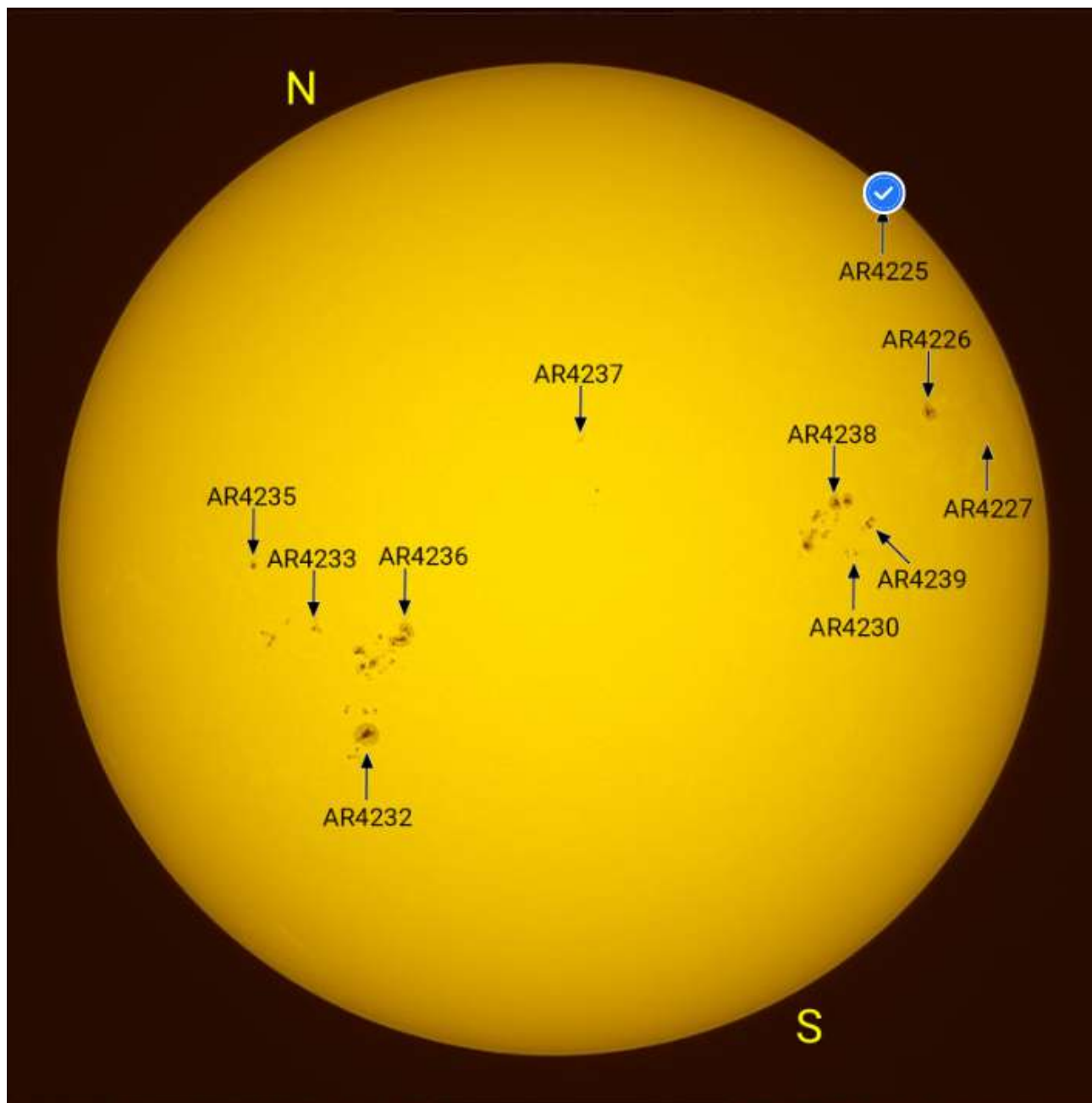
Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какая область первой исчезла за восточным лимбом видимого диска Солнца вскоре после момента получения фотографии?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

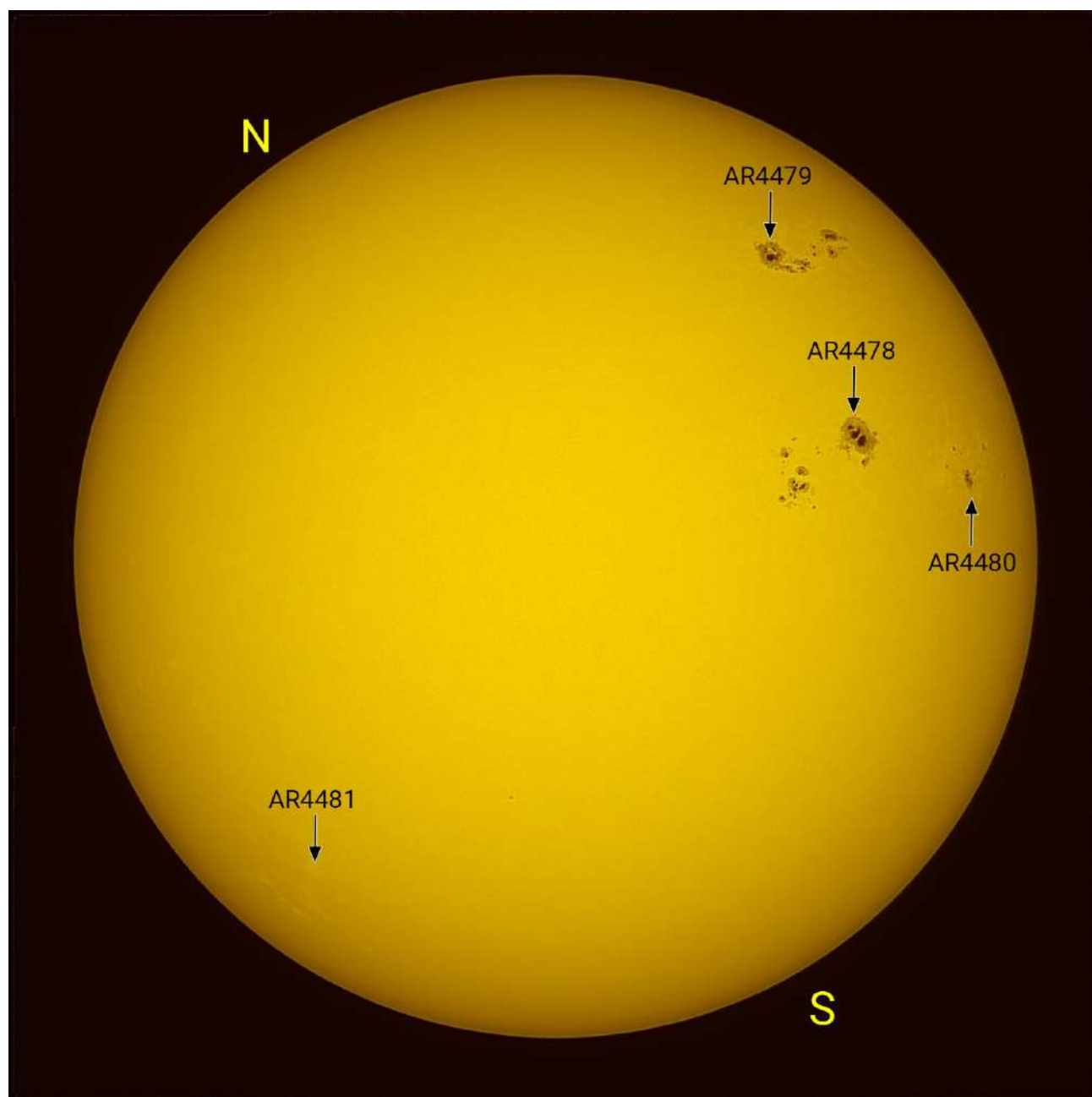
а) Согласно условию задачи, данная фотография была получена 30 сентября 2025 года, что позже дня осеннего равноденствия (22–23 сентября). Значит, в эти сутки склонение Солнца уже было отрицательным, при этом оно продолжало уменьшаться, поскольку данное светило двигалось в направлении точки зимнего солнцестояния.

б) Екатеринбург принадлежит четвёртой ($N_{\text{ЧЗ}} = 4$) российской часовой зоне, в которой время (ЕВ) определяется по формуле: $\text{ЕВ} = \text{ВВ} + N_{\text{ЧЗ}} + 1 \text{ час} = 6 \text{ часов } 49 \text{ минут} + 4 \text{ часа } 00 \text{ минут} + 1 \text{ час } 00 \text{ минут} = 11 \text{ часов } 49 \text{ минут}$.

в) Самой молодой активной областью на фотографии является AR4239 с максимальным индексом.

г) Поскольку направление осевого вращения Солнца аналогично земному, левый край видимого диска Солнца является западным, а правый край — восточным. На восточном лимбе видимого диска Солнца вскоре после момента получения фотографии исчезла активная область AR4225.

Задание 3. Вариант 2. Дана фотография фотосферы (нижней области атмосферы) Солнца, полученная в городе Самаре 3 июля 2026 года в 5 часов 42 минуты по всемирному времени.



Буквами AR и четырёхзначным индексом указаны активные области — области в фотосфере Солнца, появляющиеся нерегулярно и указывающие на повышенную активность его магнитного поля. Эти области главным образом представлены группами пятен. Четырёхзначный индекс для каждой области присваивается в хронологическом порядке её появления на видимом полушарии центрального светила. Буквами N и S указаны приблизительные положения северного и южного полюсов Солнца. Следует помнить, что направление осевого вращения Солнца аналогично земному.

а) Что можно сказать о знаке и характере изменения склонения Солнца в момент получения этой фотографии?

Ответ:

- ✓ Склонение Солнца больше нуля, оно непрерывно уменьшалось
- Склонение Солнца больше нуля, оно непрерывно увеличивалось
- Склонение Солнца меньше нуля, оно непрерывно увеличивалось
- Склонение Солнца меньше нуля, оно непрерывно уменьшалось

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

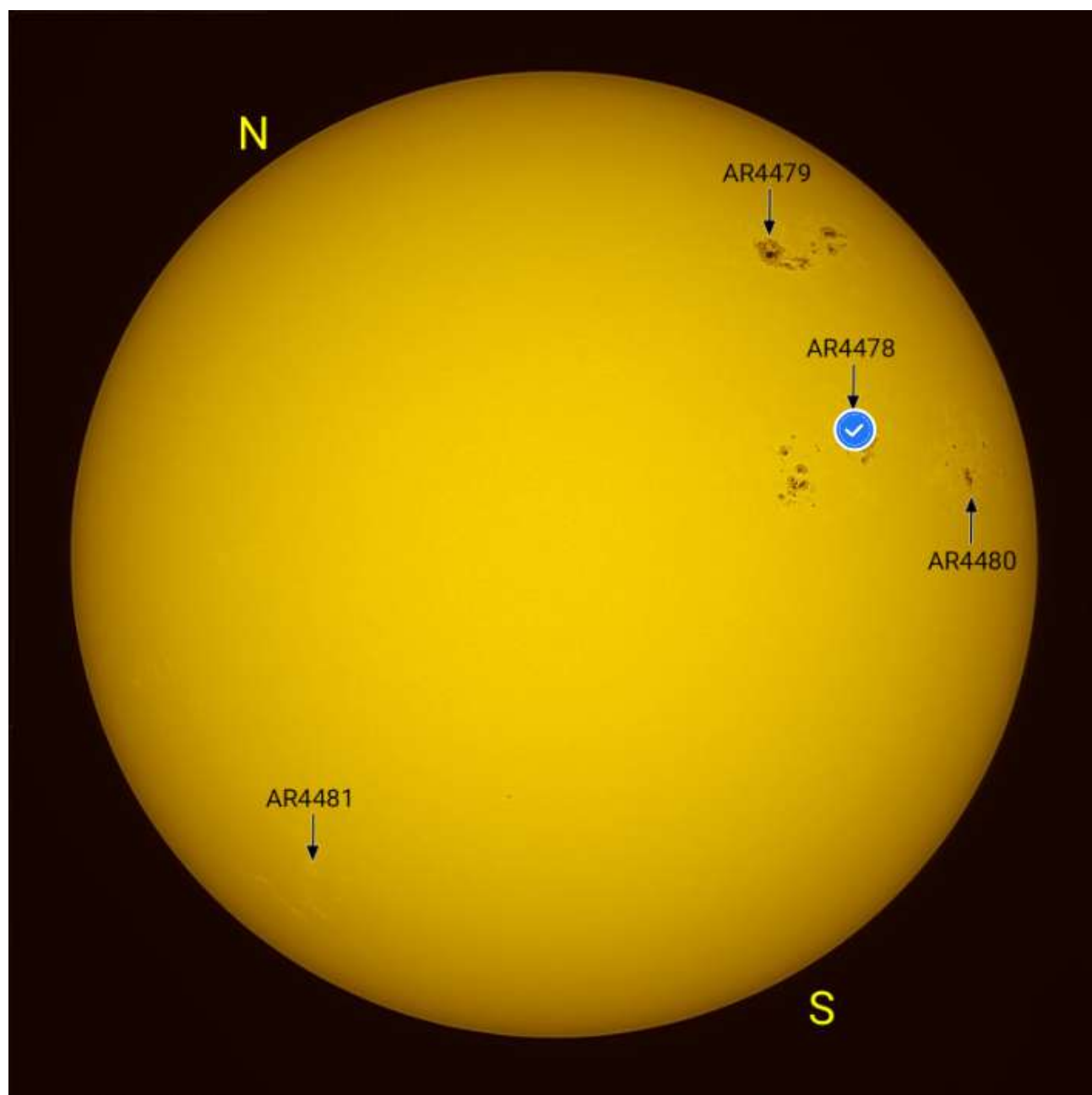
б) Какое время показывали часы жителя Хабаровска в момент получения данной фотографии, если его город относится к девятой российской часовой зоне? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 15:42

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Отметьте самую старую активную область.

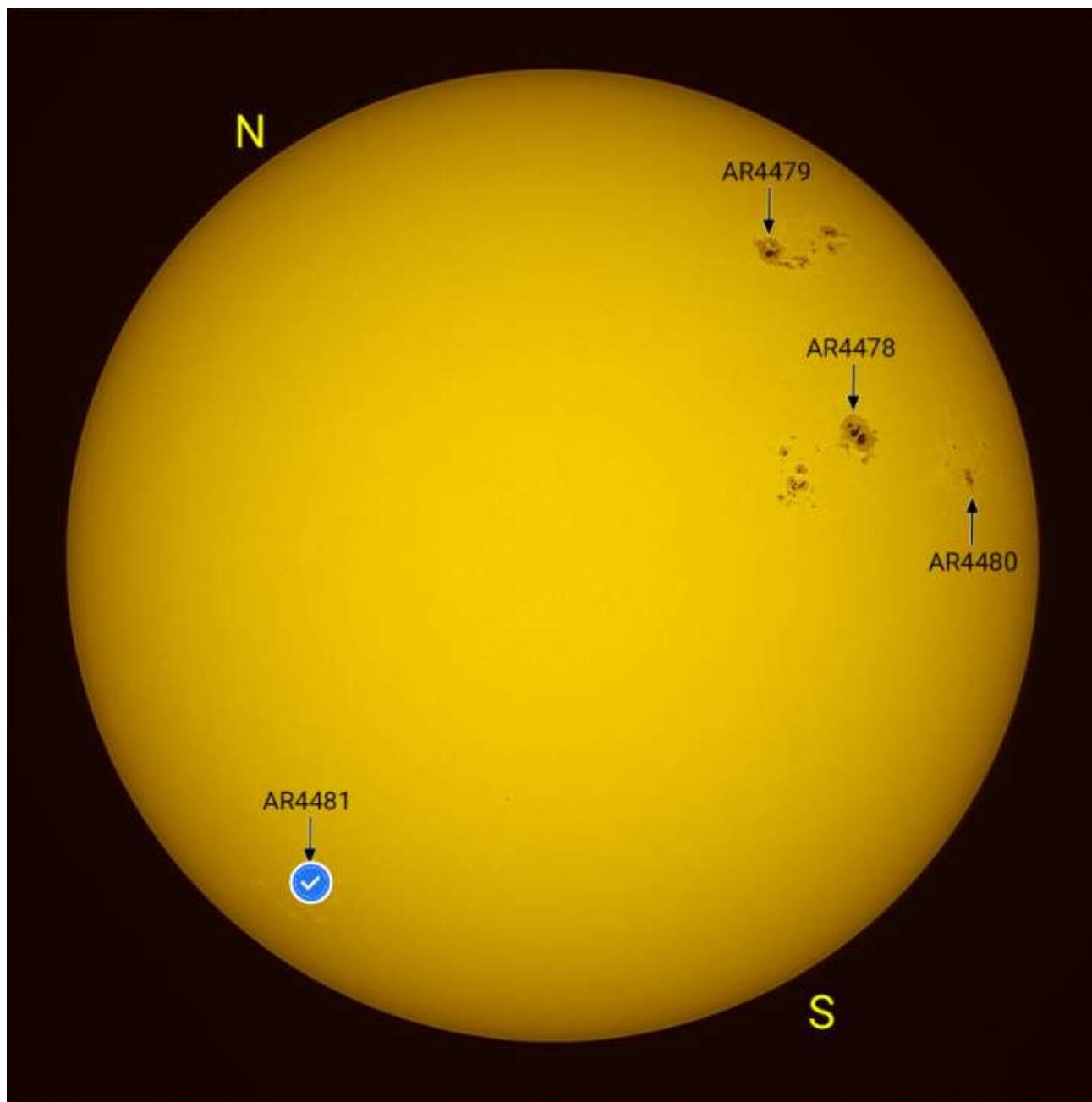
Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какая область последней появилась на западном лимбе видимого диска Солнца незадолго до момента получения фотографии?

Ответ:



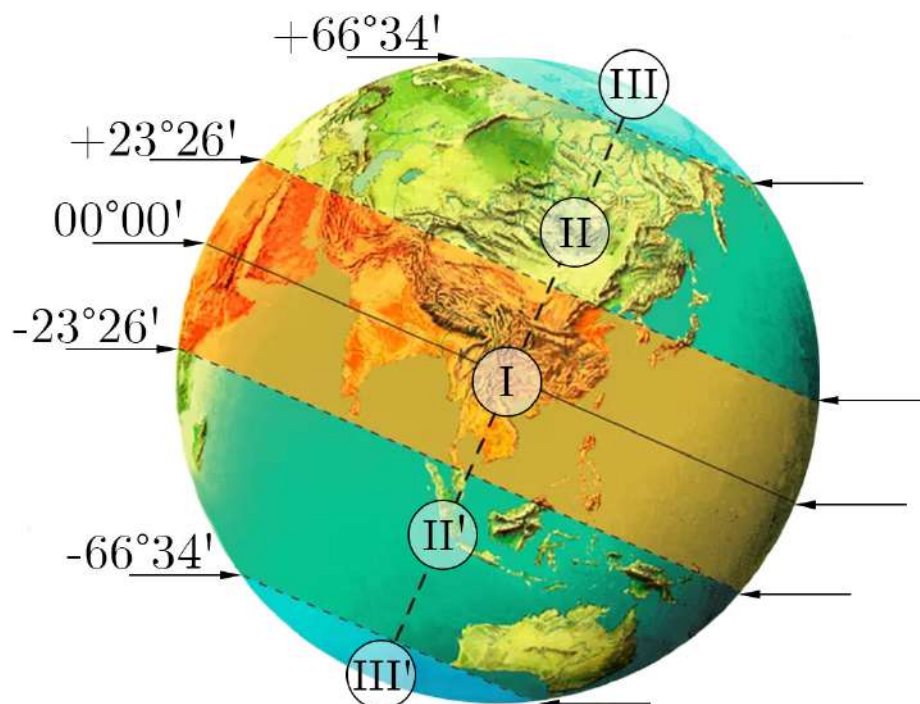
Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Вариант 1. На рисунке представлены астрономические пояса Земли — это области на поверхности Земли, границы между которыми определяются следующими астрономическими факторами:

- углом наклона земного экватора к плоскости земной орбиты ($23^{\circ}26'$);
- высотой Солнца в верхней кульминации в дни солнцестояний;
- продолжительностью дня.



Выделяют следующие пять астрономических поясов.

Пояс	$(\phi_{\min}, \phi_{\max})$	Особенности
Тропический	$[-23^{\circ}26', +23^{\circ}26']$	Солнце дважды в год бывает в зените. Самый тёплый пояс, где нет чёткой смены времён года, продолжительность дня слабо изменяется в течение года
Северный умеренный	$(+23^{\circ}26', +66^{\circ}34')$	Чётко выражены четыре времени года, Солнце никогда не бывает в зените. Длительность дня и ночи сильно зависит от сезона
Южный умеренный	$[-66^{\circ}34', -23^{\circ}26']$	Чётко выражены четыре времени года, Солнце никогда не бывает в зените. Длительность дня и ночи сильно зависит от сезона
Северный полярный	$(+66^{\circ}34', +90^{\circ}00']$	Области полярных дней и ночей
Южный полярный	$[-90^{\circ}00', -66^{\circ}34']$	Области полярных дней и ночей

а) Как эти пояса обозначены на картинке?

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

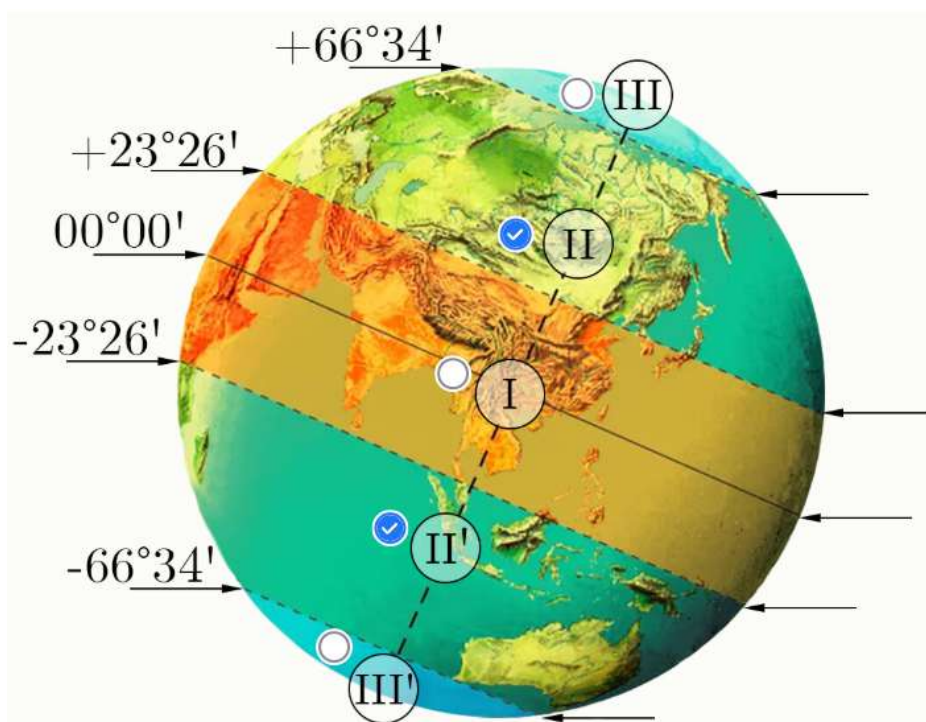
Ответ:

Тропический	I
Северный умеренный	II
Южный умеренный	II'
Северный полярный	III
Южный полярный	III'

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего — 5 баллов

б) В каких астрономических поясах высота Солнца никогда не достигает 90 градусов, а продолжительность ночи всегда больше 0, но меньше 24 часов?

Ответ:

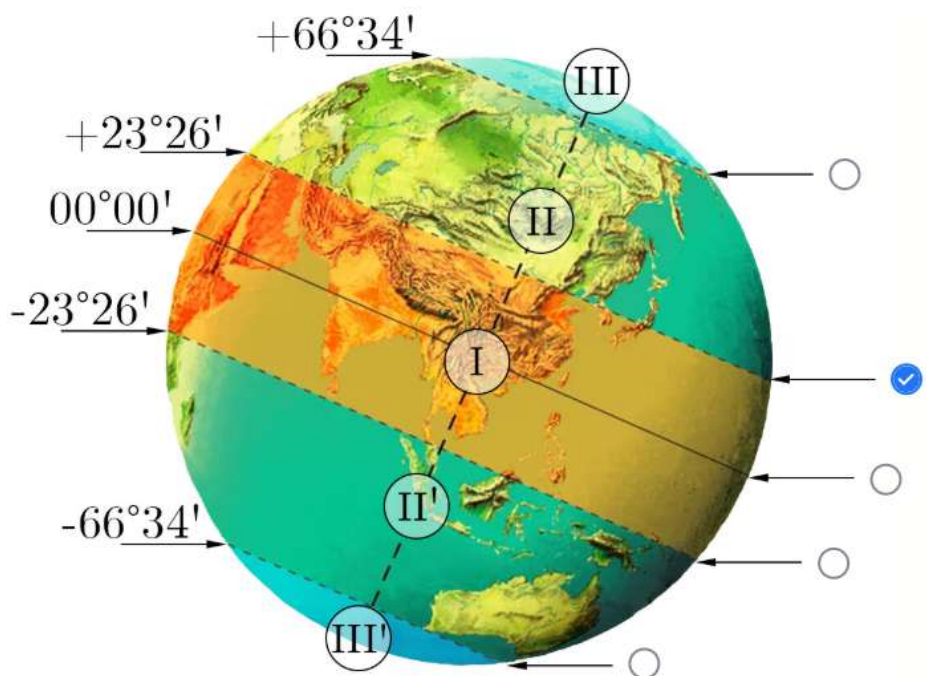


Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 2 балла

в) На какой географической параллели Солнце наблюдается в зените 20–21 июня каждого года?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Определите ширину тропического пояса, отсчитываемую вдоль меридиана, если средний радиус Земли равен 6371 км. Ответ выразите в километрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [5150; 5250]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 15

Решение.

а) Тропический пояс должен включать в себя земной экватор и быть расположен симметрично относительно последнего. Данному поясу на рисунке отвечает область I. Северный умеренный пояс должен быть расположен выше тропического и содержать значительную часть материка Евразия, что соответствует области II. Южный умеренный пояс должен располагаться зеркально симметрично относительно экватора по отношению к Северному умеренному поясу — область II'. Северный полярный пояс наиболее удалён от экватора и располагается над северным умеренным поясом — это область III. Следовательно, южному полярному поясу соответствует область III'. Таким образом, имеем следующие пары: (1, I); (2, II); (3, II'); (4, III); (5, III').

б) Согласно определению, в северном и южном умеренных поясах высота Солнца никогда не достигает 90° , а продолжительность ночи всегда больше нуля, но меньше 24 часов.

в) 20–21 июня — это день летнего солнцестояния, когда Солнце располагается в зените над тропиком Рака — географической параллелью, широта которой равна $+23^\circ 26'$. Данной параллели на рисунке соответствует линия B.

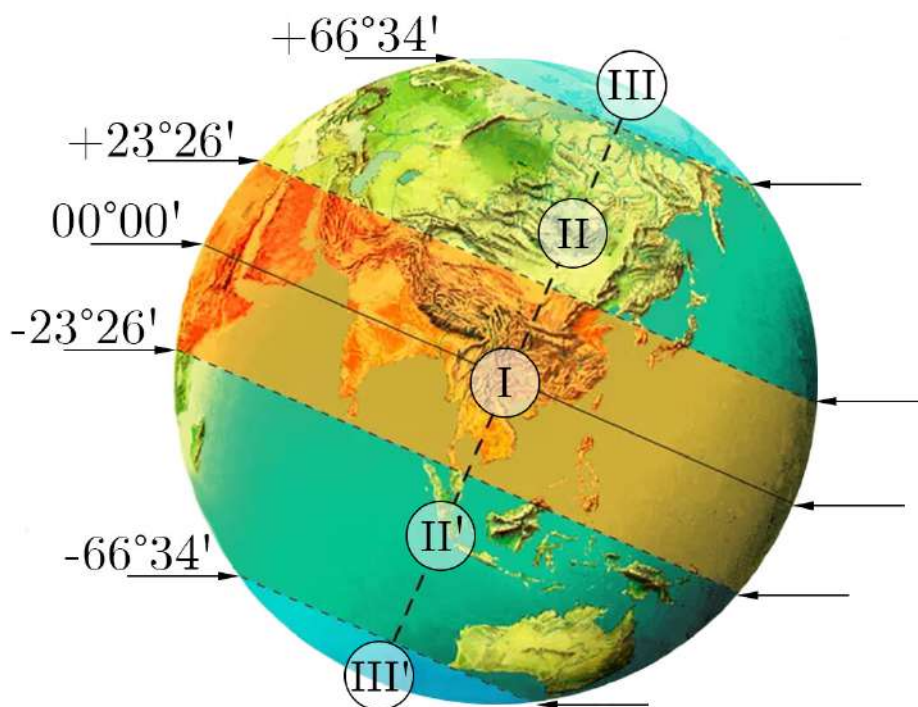
г) Определим ширину тропического пояса, отсчитываемую вдоль меридиана. Учтём, что радиус Земли равен $R_\oplus = 6371$ км. Искомая ширина есть длина дуги меридиана протяжённостью $2 \cdot (23^\circ 26')$. Далее составим пропорцию вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} 2 \cdot (23^\circ 26') \rightarrow L, \\ 360^\circ \rightarrow 2\pi R_\oplus \end{array} \right\}, \Rightarrow L = \frac{2 \cdot (23^\circ 26')}{360^\circ} \times 2\pi R_\oplus = 0.130 \times 2\pi \cdot 6371 \text{ км} = 5211 \text{ км}.$$

В качестве ответа принимается значение из интервала [5150; 5250].

Задание 4. Вариант 2. На рисунке представлены астрономические пояса Земли — это области на поверхности Земли, границы между которыми определяются следующими астрономическими факторами:

- углом наклона земного экватора к плоскости земной орбиты ($23^\circ 26'$);
- высотой Солнца в верхней кульминации в дни солнцестояний;
- продолжительностью дня.



Выделяют следующие пять астрономических поясов.

Пояс	$(\phi_{\min}, \phi_{\max})$	Особенности
Тропический	$[-23^{\circ}26', +23^{\circ}26']$	Солнце дважды в год бывает в зените. Самый тёплый пояс, где нет чёткой смены времён года, продолжительность дня слабо изменяется в течение года
Северный умеренный	$(+23^{\circ}26', +66^{\circ}34']$	Чётко выражены четыре времени года, Солнце никогда не бывает в зените. Длительность дня и ночи сильно зависит от сезона
Южный умеренный	$[-66^{\circ}34', -23^{\circ}26']$	Чётко выражены четыре времени года, Солнце никогда не бывает в зените. Длительность дня и ночи сильно зависит от сезона
Северный полярный	$(+66^{\circ}34', +90^{\circ}00']$	Области полярных дней и ночей
Южный полярный	$[-90^{\circ}00', -66^{\circ}34']$	Области полярных дней и ночей

а) Как эти пояса обозначены на картинке?

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

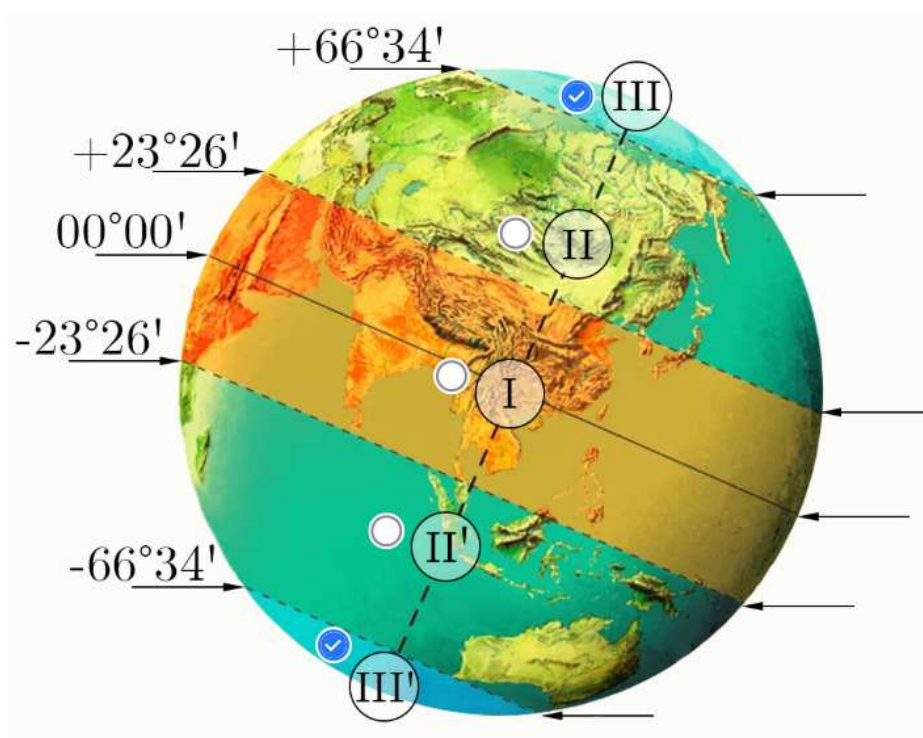
Ответ:

Тропический	I
Северный умеренный	II
Южный умеренный	II'
Северный полярный	III
Южный полярный	III'

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего — 5 баллов

б) В каких астрономических поясах есть точки поверхности Земли, где высота Солнца никогда не превосходит значения $23^{\circ}26'$, а продолжительность ночи может превышать 24 часа?

Ответ:

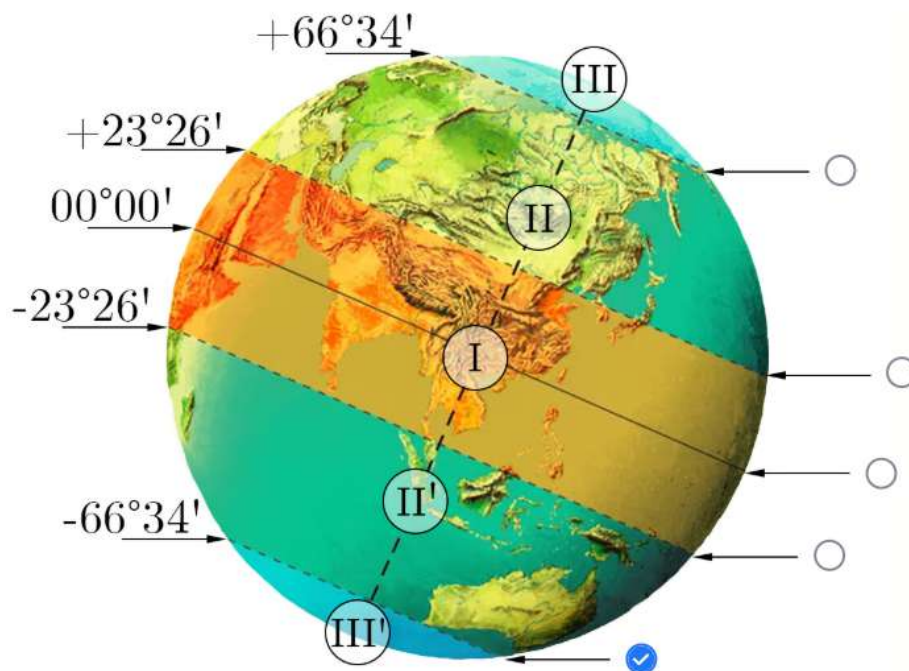


Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 2 балла

в) На какой географической параллели Солнце наблюдается непрерывно на горизонте в течение суток 20–21 июня каждого года?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Определите ширину северного умеренного пояса, отсчитываемую вдоль меридиана, если средний радиус Земли равен 6371 км. Ответ выразите в километрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [4750; 4850]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 15

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 1. Горизонтальным земным параллаксом небесного тела $p_{\text{нт}}^{(\oplus)}$ называется угол, под которым гипотетический наблюдатель в малой окрестности этого тела увидит радиус Земли $\mathcal{R}_{\oplus}$, перпендикулярный лучу зрения. Данный параметр определяется выражением вида:

$$p_{\text{нт}}^{(\oplus)} = \frac{\mathcal{R}_{\oplus}}{\Delta_{\text{нт}}} \times 206265'',$$

здесь $\Delta_{\text{нт}}$ — геоцентрическое расстояние небесного тела.

а) Чему равен горизонтальный земной параллакс Солнца? Расстояние от Земли до Солнца равно 150 млн км, радиус Земли — 6400 км. Ответ выразите в угловых секундах, округлите до десятых.

Ответ: 8.8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Нетрудно понять, что по аналогии с земным горизонтальным параллаксом можно определить эту величину и для других планет. Назовём её горизонтальным планетным параллаксом небесного тела. В таблице представлены радиусы классических планет, выраженные в радиусах Земли, и их гелиоцентрические расстояния. Здесь $\mathcal{R}_p$, $\mathcal{R}_{\oplus}$ — радиусы планеты и Земли соответственно; a_p — среднее гелиоцентрическое расстояние планеты.

Планета	$\mathcal{R}_p/\mathcal{R}_{\oplus}$	a_p , а. е.
Земля	1.0000	1.0000
Юпитер	11.209	5.2028
Сатурн	9.4494	9.5388
Уран	4.0073	19.1914
Нептун	3.8799	30.0611

Расположите планеты в порядке возрастания их параллаксов Солнца.

Ответ: Нептун, Уран, Сатурн, Земля, Юпитер

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 10 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а) Вычислим горизонтальный земной параллакс Солнца по формуле, представленной в условии задачи:

$$p_{\odot}^{(\oplus)} = \frac{R_{\oplus}}{\Delta_{\odot}} \times 206265'' = \frac{6400 \text{ км}}{150 \cdot 10^6 \text{ км}} \times 206265'' = 8.8''.$$

б) С использованием той же формулы вычислим горизонтальные планетные параллаксы для Солнца: Земля (8.8''), Юпитер (19.0''), Сатурн (8.7''), Уран (1.8''), Нептун (1.1''). В итоге имеем следующую последовательность: Нептун → Уран → Сатурн → Земля → Юпитер.

Задание 5. Вариант 2. Горизонтальным земным параллаксом небесного тела $p_{\text{нт}}^{(\oplus)}$ называется угол, под которым гипотетический наблюдатель в малой окрестности этого тела увидит радиус Земли $R_{\oplus}$, перпендикулярный лучу зрения. Данный параметр определяется выражением вида:

$$p_{\text{нт}}^{(\oplus)} = \frac{R_{\oplus}}{\Delta_{\text{нт}}} \times 206265'',$$

здесь $\Delta_{\text{нт}}$ — геоцентрическое расстояние небесного тела.

а) Чему равен горизонтальный земной параллакс Солнца? Расстояние от Земли до Солнца равно 150 млн км, радиус Земли — 6400 км. Ответ выразите в угловых секундах, округлите до десятых.

Ответ: 8.8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Нетрудно понять, что по аналогии с земным горизонтальным параллаксом можно определить эту величину и для других планет. Назовём её горизонтальным планетным параллаксом небесного тела. В таблице представлены радиусы классических планет, выраженные в радиусах Земли, и их гелиоцентрические расстояния. Здесь R_p , $R_{\oplus}$ — радиусы планеты и Земли соответственно; a_p — среднее гелиоцентрическое расстояние планеты.

Планета	$R_p/R_{\oplus}$	a_p , а. е.
Земля	1.0000	1.0000
Юпитер	11.209	5.2028
Сатурн	9.4494	9.5388
Уран	4.0073	19.1914
Нептун	3.8799	30.0611

Расположите планеты в порядке убывания их параллаксов Солнца.

Ответ: Юпитер, Земля, Сатурн, Уран, Нептун

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 10 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 6. Вариант 1. Как известно, чем выше над поверхностью планеты располагается наблюдатель, тем ниже для него находится видимый горизонт. Можно строго математически доказать, что угол ψ понижения горизонта для наблюдателя, находящегося на высоте H относительно средней поверхности планеты радиуса R_p , представляется в виде:

$$\psi = 57.3^\circ \times \sqrt{\frac{2H}{R_p}}.$$

При этом должно выполняться условие: $H \ll R_p$.

а) Определите угол понижения горизонта для земного наблюдателя, расположенного на вершине Эвереста, если высота последнего равна 8.8 км. Средний радиус Земли примите равным 6371 км. Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 3.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) В таблице представлены радиусы небесных тел и их самые высокие горы/вулканы с указанием их высот. Здесь $\mathcal{R}_P$ — радиус планеты; H — высота самой высокой горы планеты.

Тело	$\mathcal{R}_P$, км	Название горы	H , км
Ио	1821	Южная Боосавла	18.2
Миранда	236	Уступ Верона	12.0
Венера	6052	Максвелл	11.0
Луна	1738	Лунный пик	10.8
Земля	6371	Эверест	8.8

Расположите данные небесные тела в порядке возрастания их углов понижения горизонта.

Ответ: Земля, Венера, Луна, Ио, Миранда

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 10 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а) Воспользуемся формулой из условия:

$$\psi = 57.3^\circ \times \sqrt{\frac{2H}{\mathcal{R}_P}} = 57.3^\circ \times \sqrt{\frac{2 \cdot 8.8 \text{ км}}{6400 \text{ км}}} = 3.0^\circ.$$

б) С использованием той же формулы вычислим углы понижения горизонта для наблюдателя, находящегося на вершине горы/вулкана в каждом из случаев: Ио (8.1°), Миранда (18.3°), Венера (3.5°), Луна (6.4°), Земля (3.0°). В итоге имеем следующую последовательность: Земля $\rightarrow$ Венера $\rightarrow$ Луна $\rightarrow$ Ио $\rightarrow$ Миранда.

Задание 6. Вариант 2. Как известно, чем выше над поверхностью планеты располагается наблюдатель, тем ниже для него находится видимый горизонт. Можно строго математически доказать, что угол ψ понижения горизонта для наблюдателя, находящегося на высоте H , относительно средней поверхности планеты радиуса $\mathcal{R}_P$, представляется в виде:

$$\psi = 57.3^\circ \times \sqrt{\frac{2H}{\mathcal{R}_P}}.$$

При этом должно выполняться условие: $H \ll \mathcal{R}_P$.

а) Определите угол понижения горизонта для земного наблюдателя, расположенного на вершине Джомолунгмы, если высота последней равна 8.8 км. Средний радиус Земли примите равным 6371 км. Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: 3.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) В таблице представлены радиусы небесных тел и их самые высокие горы/вулканы с указанием их высот. Здесь $\mathcal{R}_P$ — радиус планеты; H — высота самой высокой горы планеты.

Тело	$\mathcal{R}_P$, км	Название горы	H , км
Ио	1821	Южная Боосавла	18.2
Миранда	236	Уступ Верона	12.0
Венера	6052	Максвелл	11.0
Луна	1738	Лунный пик	10.8
Земля	6371	Джомолунгма	8.8

Расположите данные небесные тела в порядке убывания их углов понижения горизонта.

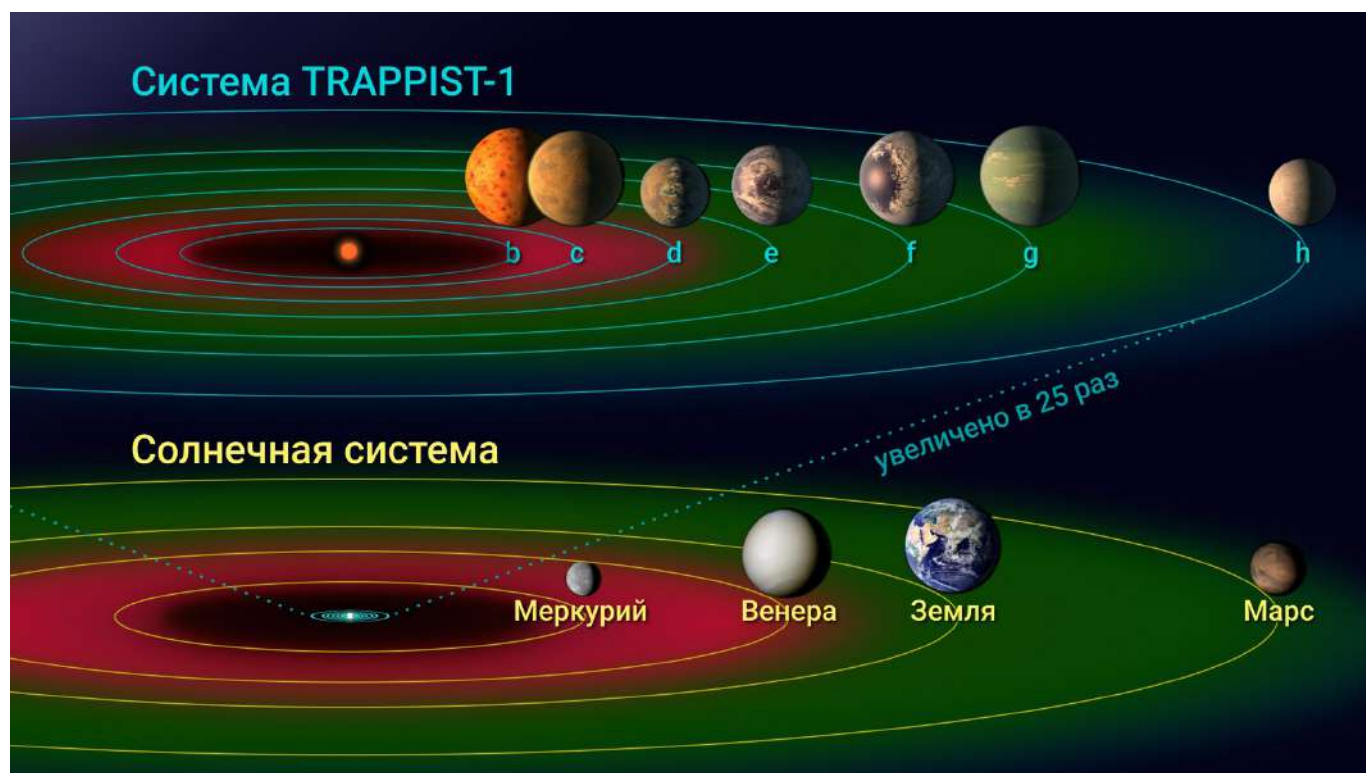
Ответ: Миранда, Ио, Луна, Венера, Земля

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 10 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение по аналогии с вариантом 1

Задания 7-8. Вариант 1. На изображении показано соотношение размеров планетарной системы TRAPPIST-1 и части Солнечной системы, включающей планеты земной группы.



Для большего удобства все размеры TRAPPIST-1 увеличены в 25 раз. Зелёным цветом выделены зоны обитаемости — области околозвёздного пространства, в пределах которых условия на поверхности находящихся в них планет будут близки к земным и обеспечат существование воды в жидкой фазе. Соответственно, такие планеты (или их спутники) будут благоприятны для возникновения жизни, похожей на земную.

а) Сколько планет входит в планетарную систему TRAPPIST-1?

Ответ: 7

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Какая из расположенных внутри зоны обитаемости планет Солнечной системы является наиболее удалённой от Солнца?

Ответ:

- ✓ Марс
- Меркурий
- Венера
- Земля

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Какая из планет системы TRAPPIST-1, расположенных в зоне обитаемости, является ближайшей к материнской звезде?

Ответ:

- ✓ TRAPPIST-1e
- TRAPPIST-1b
- TRAPPIST-1c
- TRAPPIST-1d
- TRAPPIST-1f
- TRAPPIST-1g
- TRAPPIST-1h

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Орбита какой планеты системы TRAPPIST-1 (в увеличенном масштабе) наиболее близка по положению к орбите Земли?

Ответ:

- ✓ TRAPPIST-1f
- TRAPPIST-1b
- TRAPPIST-1c
- TRAPPIST-1d
- TRAPPIST-1e
- TRAPPIST-1g
- TRAPPIST-1h

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Считая радиусы орбит Земли и планеты из предыдущего вопроса примерно равными (в рамках схемы и с учётом увеличения масштаба), определите приблизительное значение радиуса орбиты этой планеты. Радиус орбиты Земли примите равным 1.00 а. е. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.03; 0.05]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение.

а) Путём непосредственного подсчёта по рисунку легко определить общее количество экзопланет, входящих в систему TRAPPIST-1. Оно равно 7.

б) Внутри зоны обитаемости Солнечной системы расположены орбиты лишь двух планет: Земли и Марса. Наиболее удалённой от Солнца из них является Марс.

в) Внутри зоны обитаемости системы TRAPPIST-1 расположены три планеты: TRAPPIST-1e, TRAPPIST-1f, TRAPPIST-1g. Ближайшей среди них к материнской звезде является TRAPPIST-1e.

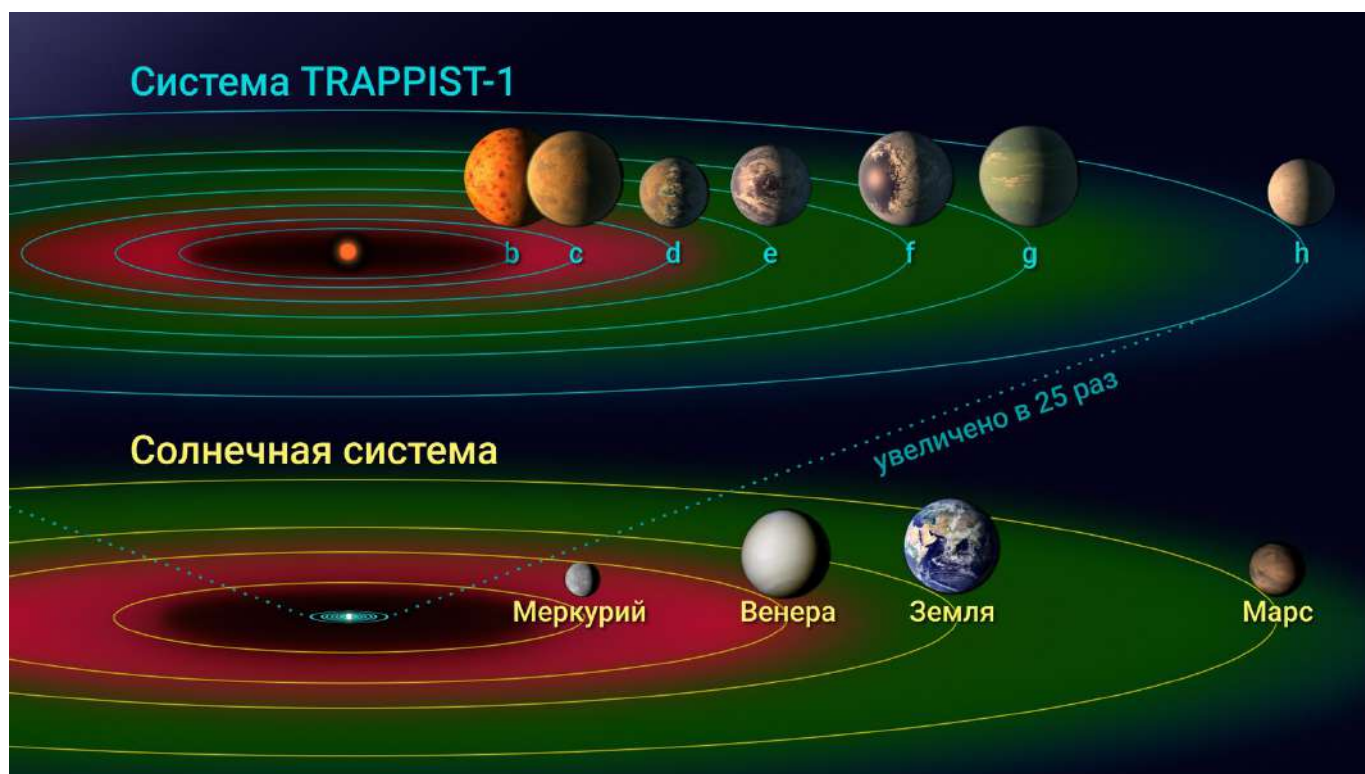
г) Непосредственно из рисунка следует, что наиболее близкой по положению к орбите Земли (в увеличенном масштабе) планеты TRAPPIST-1f.

д) Учитывая, что радиус орбиты Земли равен 1.00 а. е., и полагая приближённое равенство радиусов орбит этой планеты (в увеличенном масштабе) и Земли, легко определяем приблизительное значение радиуса орбиты TRAPPIST-1f:

$$r = \frac{1 \text{ а. е.}}{25} = 0.04 \text{ а. е.}$$

В качестве ответа принимается значение из интервала [0.03; 0.05].

Задания 7-8. Вариант 2. На изображении показано соотношение размеров планетарной системы TRAPPIST-1 и части Солнечной системы, включающей планеты земной группы.



Для большего удобства все размеры TRAPPIST-1 увеличены в 25 раз. Зелёным цветом выделены зоны обитаемости — области околозвёздного пространства, в пределах которых условия на поверхности находящихся в них планет

будут близки к земным и обеспечат существование воды в жидкой фазе. Соответственно, такие планеты (или их спутники) будут благоприятны для возникновения жизни, похожей на земную.

а) Сколько планет входит в планетарную систему TRAPPIST-1?

Ответ: 7

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Какая из расположенных внутри зоны обитаемости планет Солнечной системы является наиболее близкой к Солнцу?

Ответ:

- ✓ Земля
- Меркурий
- Венера
- Марс

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Какая из планет системы TRAPPIST-1, расположенных в зоне обитаемости, является наиболее удалённой от материнской звезды?

Ответ:

- ✓ TRAPPIST-1g
- TRAPPIST-1b
- TRAPPIST-1c
- TRAPPIST-1d
- TRAPPIST-1e
- TRAPPIST-1f
- TRAPPIST-1h

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Орбита какой планеты системы TRAPPIST-1 (в увеличенном масштабе) наиболее близка по положению к орбите Марса?

Ответ:

- ✓ TRAPPIST-1h
- TRAPPIST-1b
- TRAPPIST-1c
- TRAPPIST-1d
- TRAPPIST-1e
- TRAPPIST-1f
- TRAPPIST-1g

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Считая радиусы орбит Марса и планеты из предыдущего вопроса примерно равными (в рамках схемы и с учётом увеличения масштаба), определите приблизительное значение радиуса орбиты этой планеты. Радиус орбиты Марса примите равным 1.52 а. е. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.05; 0.07]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение по аналогии с вариантом 1

Задания 7-8. Вариант 1.

а) Используя лишь рисунок, определите радиус орбиты экзопланеты TRAPPIST-1c. Радиус орбиты Земли примите равным 1.000 а. е. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до тысячных.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.015; 0.017]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Чему равен сидерический период обращения планеты TRAPPIST-1c вокруг центральной звезды системы, если радиус орбиты и сидерический период обращения экзопланеты TRAPPIST-1b равны соответственно 0.0115 а. е. и 1.51 суток? Ответ выразите в сутках, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2.25; 2.71]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Используя лишь рисунок и линейку, определяем радиусы орбит экзопланеты TRAPPIST-1c (55 мм) и Земли (140 мм). Далее составляем пропорцию и вычисляем искомый радиус орбиты:

$$\left\{ \begin{array}{l} 55 \rightarrow 25 \cdot r, \\ 140 \rightarrow 1.000 \text{ а. е.} \end{array} \right\} \Rightarrow r = \frac{55}{140 \cdot 25} \times 1.000 \text{ а. е.} = 0.016 \text{ а. е.}$$

В качестве ответа на вопрос принимается значение из интервала $[0.015; 0.017]$ а. е.

б) Для ответа на второй вопрос задачи воспользуемся третьим законом Кеплера в классической форме:

$$\left(\frac{T_c}{T_b}\right)^2 = \left(\frac{r_c}{r_b}\right)^3, \Rightarrow T_c = T_b \left(\frac{r_c}{r_b}\right)^{3/2} = 2.48 \text{ сут.}$$

В качестве ответа на вопрос принимается значение из интервала $[2.25; 2.71]$ сут.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 8.

№ варианта	Экзопланета	Ответ в диапазоне (пункт а)		Ответ в диапазоне (пункт б)	
1	1c	0.015	0.017	2.25	2.71
2	1d	0.021	0.023	3.73	4.27
3	1e	0.028	0.030	5.74	6.36
4	1f	0.036	0.038	8.36	9.07
5	1g	0.044	0.046	11.30	12.08
6	1h	0.062	0.064	18.90	19.82

Задание 9. Вариант 1.

а) Чему равна высота Полярной звезды в точке поверхности Земли, находящейся на широте $+45^\circ$? Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ: 45

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равна высота околополярной звезды в той же точке поверхности Земли в нижней ($h_{\min}$) и верхней ($h_{\max}$) кульминациях, если её полярное расстояние равно 3° ? Ответы выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ:

$$h_{\min} = 42^\circ$$

$$h_{\max} = 48^\circ$$

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 3 балла. Всего 6 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Пренебрегая малым полярным расстоянием Полярной звезды, можно полагать, что последняя находится точно в северном полюсе мира. Поскольку широта места наблюдения равна высоте северного полюса мира над горизонтом, последняя величина равна 45° .

б) Если полярное расстояние околополярной звезды равно $p = 3^\circ$, то высота этой звезды в нижней кульминации будет на величину p меньше, чем у Полярной, а в случае верхней кульминации — на величину p больше высоты Полярной. Таким образом,

$$h_{\min} = h_{P_N} - p = +42^\circ, \quad h_{\max} = h_{P_N} + p = +48^\circ.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 9.

Пункт б)

№ варианта	Полярное расстояние, °	Ответ ($h_{\min}$) (пункт б)	Ответ ($h_{\max}$) (пункт б)
1	3	42	48
2	6	39	51
3	9	36	54
4	12	33	57
5	15	30	60
6	18	27	63
7	21	24	66
8	24	21	69
9	27	18	72
10	30	15	75

Задание 10.

а) Используя значения радиуса орбиты (0.0115 а. е.), сидерического периода обращения экзопланеты TRAPPIST-1b (1.51 сут.) и второй закон Ньютона (третий закон Кеплера), определите массу звезды TRAPPIST-1. Ответ выразите в массах Солнца, округлите до тысячных. Масса Солнца равна $2 \cdot 10^{30}$ кг; универсальная гравитационная постоянная равна $6.673 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.070; 0.100]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Связь между светимостью L_* и массой M_* звезды выражается формулой:

$$\frac{L_*}{L_{\odot}} = 0.23 \left(\frac{M_*}{M_{\odot}} \right)^{2.3},$$

здесь $L_{\odot}$, $M_{\odot}$ — светимость и масса Солнца соответственно. Определите светимость звезды TRAPPIST-1. Ответ выразите в светимостях Солнца, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.00051; 0.00115]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Полагая, что орбита экзопланеты TRAPPIST-1b является круговой, а масса последней много меньше массы центральной звезды, запишем второй закон Ньютона для экзопланеты в проекциях на ось, ориентированную от планеты к звезде:

$$m_p a_c = \frac{G m_p \mathfrak{M}_*}{r_p^2}, \quad \Rightarrow \quad \frac{\mathfrak{M}_*}{\mathfrak{M}_{\odot}} = \frac{a_c r_p^2}{G \mathfrak{M}_{\odot}} = \frac{4\pi^2 r_p^3}{G T_p^2 \mathfrak{M}_{\odot}} = 0.088.$$

Здесь m_p , r_p — масса и радиус орбиты экзопланеты TRAPPIST-1b, $a_c = \frac{4\pi^2 r_p}{T_p^2}$ — её центростремительное ускорение, T_p — сидерический период обращения планеты. В качестве ответа принимается значение из интервала [0.070; 0.100].

б) Используя полученное значение массы звезды и данную формулу, вычислим светимость звезды в единицах светимости Солнца:

$$\frac{L_*}{L_{\odot}} = 0.23 \left(\frac{\mathfrak{M}_*}{\mathfrak{M}_{\odot}} \right)^{2.3} = 8.7 \cdot 10^{-4}.$$

В качестве ответа принимается значение из интервала [0.00051; 0.00115].

Список использованных источников изображений

Задание 2.

1. <https://starwalk.space/gallery/images/planetary-alignment-april-18-2026-northern-hemisphere/ru/1920x1080.jpg>

Задание 3.

1. https://sternwarte-huchenfeld.de/wp-content/uploads/2024/06/24-06-23_Sonne_vis_Sternwarte-Huchenfeld_col_numbered_650px.jpg

Задание 4.

1. <https://ru-static.z-dn.net/files/d1b/8fe19cd8c9508b8b0548ea2b3d061ab6.png>

Задание 7.

1. https://habrastorage.org/getpro/habr/upload_files/c34/7b2/c77/c347b2c772ef1afd2626665c132792db.jpg

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!



Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100**Задание 1. Вариант 1.** Продолжите ряд.

а) Козерог, Овен, Телец, Лев, Стрелец, ...

Ответ:

- ✓ Рак
- Юпитер
- Чаша
- Капелла
- Орёл
- Юнона

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Тефия, Диона, Энцелад, Япет, Гиперион, ...

Ответ:

- ✓ Рея
- Гигея
- Каллисто
- Плутон
- Титания
- 2P/Энке

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Туманность Пеликан, Туманность Кольцо, Туманность Гантель, Трёхраздельная туманность, Большая туманность Ориона, ...

Ответ:

- ✓ Туманность Эскимос
- Туманность Андромеды
- Туманность Треугольника
- Плеяды
- Ясли
- Титания

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла**Максимальный балл за задание — 6****Решение.**а) *Первая последовательность* включает в себя пять зодиакальных созвездий. Данную последовательность следует дополнить ещё одним созвездием данной группы — Раком.б) *Вторая последовательность* включает в себя пять крупных спутников Сатурна. Данный ряд следует дополнить спутником Реей — вторым по размерам спутником той же планеты.в) *Третья последовательность* включает в себя газопылевые туманности различных типов. К таковым относится Туманность Эскимос. Заметим, что оставшиеся туманности на самом деле являются галактиками. Это их исторические названия, поскольку небольшие телескопы не позволяли разрешить их на отдельные звёзды.**Задание 1. Вариант 2.** Продолжите ряд.

а) Водолей, Рыбы, Близнецы, Дева, Скорпион, ...

Ответ:

- ✓ Овен
- Сатурн
- Лебедь
- Канопус
- Единорог
- Паллада

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Амальтея, Ио, Гималия, Европа, Элара, ...

Ответ:

- ✓ Каллисто
- Веста
- Тритон
- Церера
- Титан
- 1P/Галлея

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Туманность Сердце, Туманность Душа, Туманность Калифорния, Туманность Пламя, Туманность Розетка, ...

Ответ:

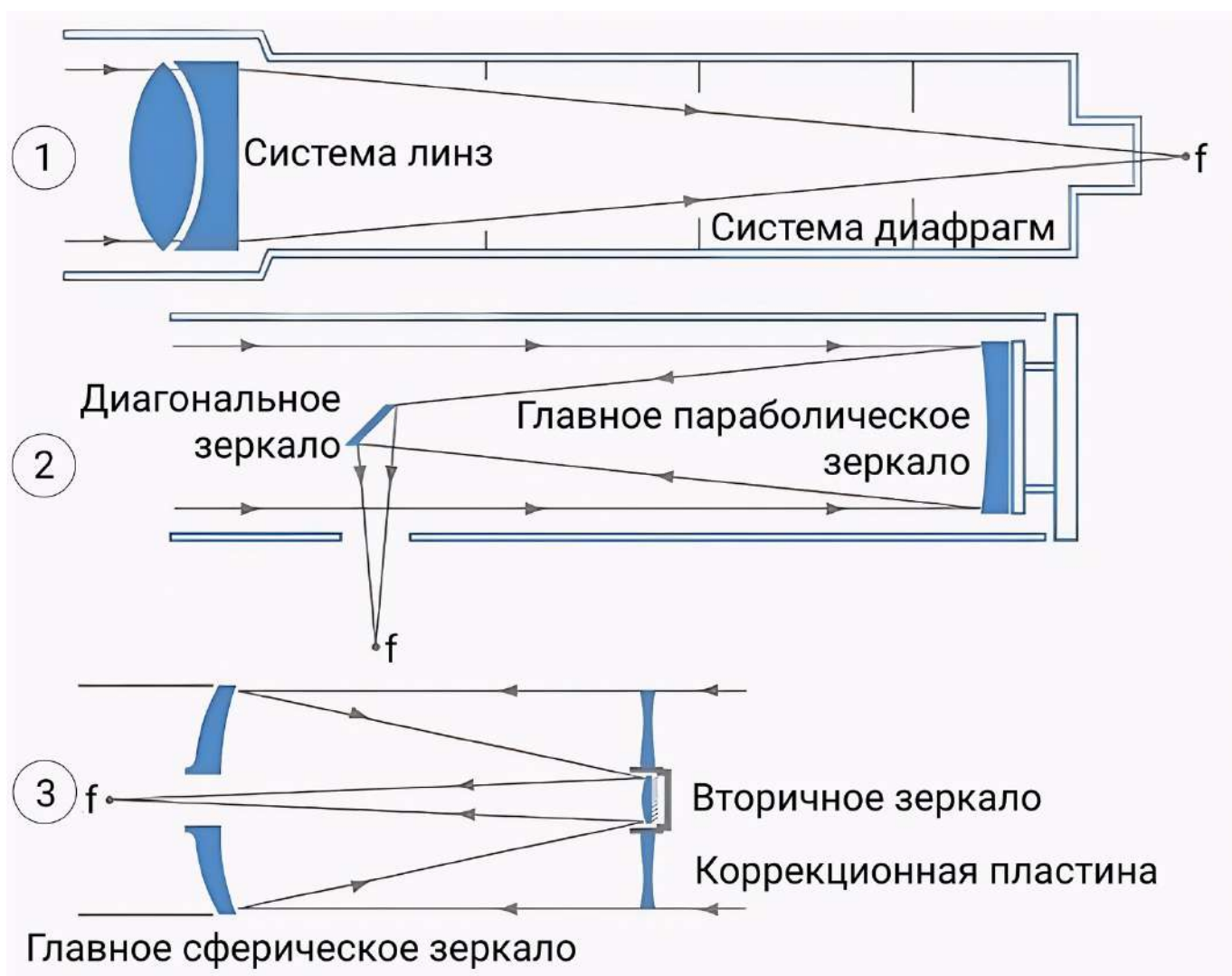
- ✓ Туманность Конская Голова
- Туманность Андромеды
- Туманность Треугольника
- Гиады
- Ясли
- Диона

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 2. Вариант 1. На схеме представлены три основных типа оптических телескопов, используемых сегодня как профессионалами, так и астрономами-любителями.



а) Установите соответствие между типами телескопов и их оптическими схемами.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

Телескоп-рефрактор	1
Телескоп-рефлектор	2
Катадиоптрический телескоп	3

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 6 баллов

б) Установите соответствие между типами телескопов и их описаниями.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

Катадиоптрический телескоп	Наиболее компактен при равном диаметре объектива
Телескоп-рефлектор	Впервые был предложен и использован И. Ньютоном в 1668 году
Телескоп-рефрактор	Наиболее подвержен хроматической аберрации

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 6 баллов

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

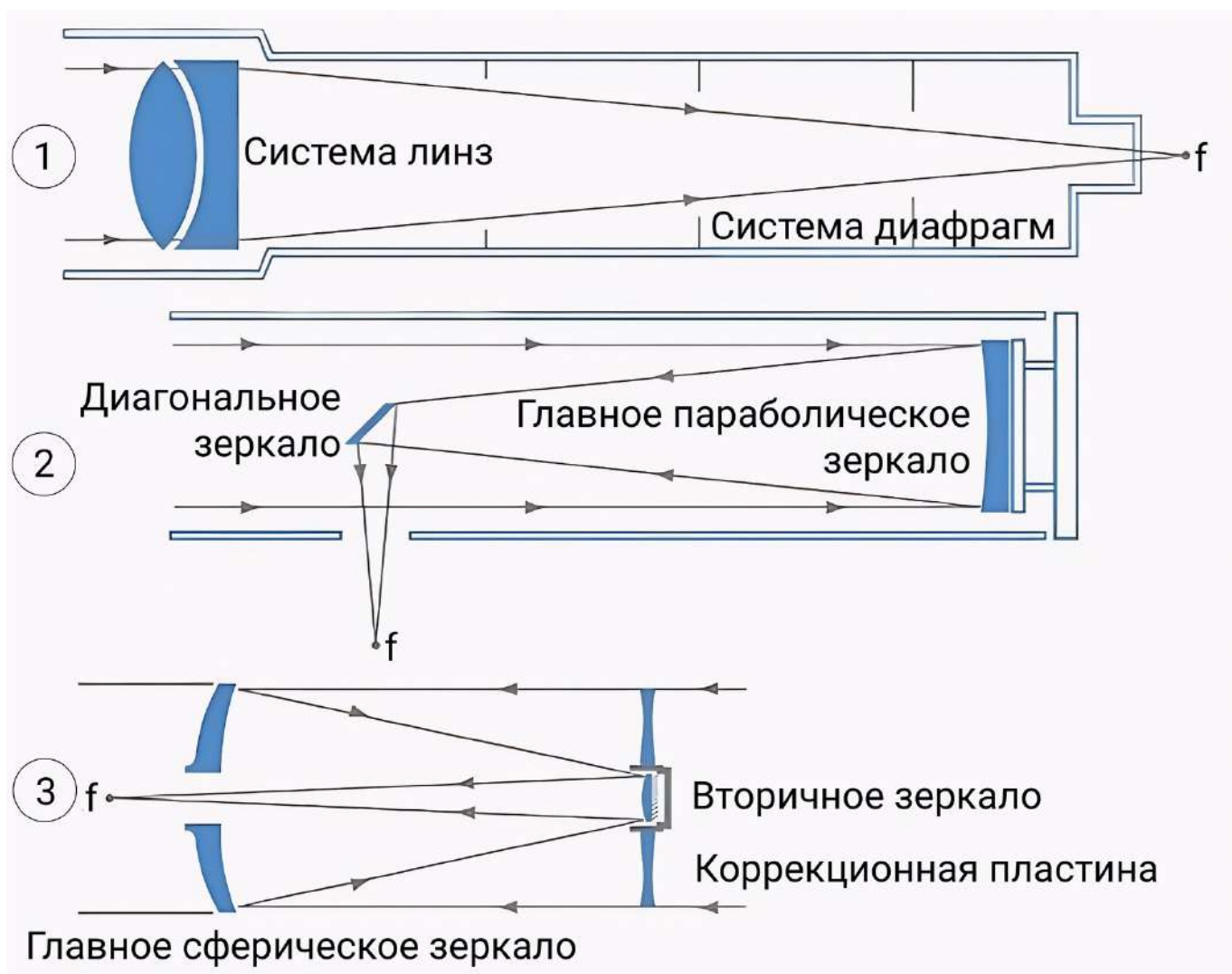
а) «Сердцем» телескопа-рефрактора является объектив-линза (система линз), что показано на схеме 1. У телескопа-рефлектора в качестве объектива выступает вогнутое сферическое или параболическое зеркало (схема 2). Следовательно, на схеме 3 представлена оптическая схема катадиоптрического телескопа.

б) *Хроматическая аберрация* — это вид физической аберрации, возникающей в результате преломления световых лучей в оптически прозрачной среде, для которой абсолютный показатель преломления зависит от длины волны. Преломление света наблюдается, главным образом, в теле объектива рефрактора. Следовательно, телескоп-рефрактор наиболее подвержен данному виду аберрации.

Телескоп-рефлектор впервые был предложен и использован И. Ньютоном в 1668 году для изучения звёздного неба и его объектов.

Катадиоптрические телескопы, как правило, обладают самыми компактными размерами при одном и том же диаметре объектива.

Задание 2. Вариант 2. На схеме представлены три основных типа оптических телескопов, используемых сегодня как профессионалами, так и астрономами-любителями.



а) Установите соответствие между типами телескопов и их оптическими схемами.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

Телескоп-рефрактор	1
Телескоп-рефлектор	2
Катадиоптрический телескоп	3

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 6 баллов

б) Установите соответствие между типами телескопов и их описаниями.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

Катадиоптрический телескоп	Обладает, как правило, самой высокой стоимостью в результате использования многочисленных элементов оптического тракта, сложности реализации оптической схемы, компактности и высокой степени мобильности телескопа
Телескоп-рефлектор	Наименее подвержен хроматической аберрации
Телескоп-рефрактор	Был использован Г. Галилеем в 1609 году для изучения звёздного неба, Млечного Пути, системы Юпитера и его спутников

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 6 баллов

Максимальный балл за задание — 12

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 1. Парад (или выравнивание) планет — астрономическое явление, при котором некоторое количество планет Солнечной системы располагается вдоль одной линии, при этом на небесной сфере они находятся относительно близко друг к другу. Выравнивания планет условно разделяются на четыре вида по количеству участвующих в них планет.

Виды парадов (выравниваний) планет Солнечной системы	Мини-парад	Малый	Большой	Великий (полный)
Количество планет-участниц	2 ÷ 3	4	5 ÷ 6	7 ÷ 8



На фотографии представлен парад планет, произошедший 16 июня 2026 года, с усилением видимой яркости некоторых из представленных планет и с указанием дуг суточных параллелей и эклиптики. Фотография сделана в городе Самаре (Российская Федерация).

а) Какой вид парада наблюдался в эти сутки?

Ответ:

- ✓ Мини-парад
- Малый парад
- Большой парад
- Великий парад

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Установите соответствие между названиями тел и их характеристиками в момент съёмки.

В этом задании используются не все варианты ответа из левого столбца. Неиспользованные варианты приведены в предпоследней ячейке таблицы.

Ответ:

Венера	Тело с наибольшим прямым восхождением
Юпитер	Тело с минимальной эклиптической широтой
Луна	Тело с наибольшим склонением
	Тело с минимальной эклиптической долготой
Меркурий	

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 8 баллов

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

а) Путём прямого подсчёта на фотографии можно убедиться в том, что в данном параде принимали участие три планеты: Меркурий, Венера, Юпитер. Это мини-парад.

б) Заметим, что на фотографии указана точка запада. По положению дуги суточной параллели для наблюдателя в Северном географическом полушарии легко понять, что справа от точки запада за кадром должна располагаться точка севера. Следовательно, чем выше располагается светило относительно указанной суточной параллели, тем больше его склонение. Телом с наибольшим склонением является Луна.

Прямое восхождение отсчитывается вдоль небесного экватора (которому параллельна данная суточная параллель) от точки весны, против суточного движения небесных тел. На данном участке небосвода все светила в суточном движении перемещаются из левого верхнего в правый нижний угол кадра. Значит, наибольшим прямым восхождением обладает Венера, расположенная в верхнем левом углу кадра.

Эклиптическая широта — это одна из эклиптических координат, отсчитываемых от эклиптики вдоль круга широты, перпендикулярного последнему большому кругу. Минимальной эклиптической широтой обладает Юпитер, расположенный ближе других к эклиптике. При этом все планеты находятся выше эклиптики и имеют положительные широты.

Эклиптическая долгота — это одна из эклиптических координат, отсчитываемых вдоль эклиптики от точки весны в направлении годового движения Солнца (на данном кадре это направление задаётся вдоль эклиптики с запада на восток, или справа налево). Нетрудно понять, что на фотографии запечатлён закат, при этом Солнце находится под горизонтом. Минимальную эклиптическую долготу будет иметь Луна, которая на земном небосводе ближе других расположена к Солнцу.

Задание 3. Вариант 2. Парад (или выравнивание) планет — астрономическое явление, при котором некоторое количество планет Солнечной системы располагается вдоль одной линии, при этом на небесной сфере они находятся относительно близко друг к другу. Выравнивания планет условно разделяются на четыре вида по количеству участвующих в них планет.

Виды парадов (выравниваний) планет Солнечной системы	Мини-парад	Малый	Большой	Великий (полный)
Количество планет-участниц	2 ÷ 3	4	5 ÷ 6	7 ÷ 8



На фотографии представлен парад планет, произошедший 16 июня 2026 года, с усилением видимой яркости некоторых из представленных планет и с указанием дуг суточных параллелей и эклиптики. Фотография сделана в городе Самаре (Российская Федерация).

а) Какой вид парада наблюдался в эти сутки?

Ответ:

- ✓ Мини-парад
- Малый парад
- Большой парад
- Великий парад

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Установите соответствие между названиями тел и их характеристиками в момент съёмки.

В этом задании используются не все варианты ответа из левого столбца. Неиспользованные варианты приведены в предпоследней ячейке таблицы.

Ответ:

Венера	Тело с наименьшим склонением
	Тело с максимальной эклиптической долготой
Луна	Тело с наименьшим прямым восхождением
	Тело с максимальной эклиптической широтой
Юпитер Меркурий	

или

Венера	Тело с максимальной эклиптической долготой
Луна	Тело с наименьшим прямым восхождением
	Тело с максимальной эклиптической широтой
Юпитер	Тело с наименьшим склонением
Меркурий	

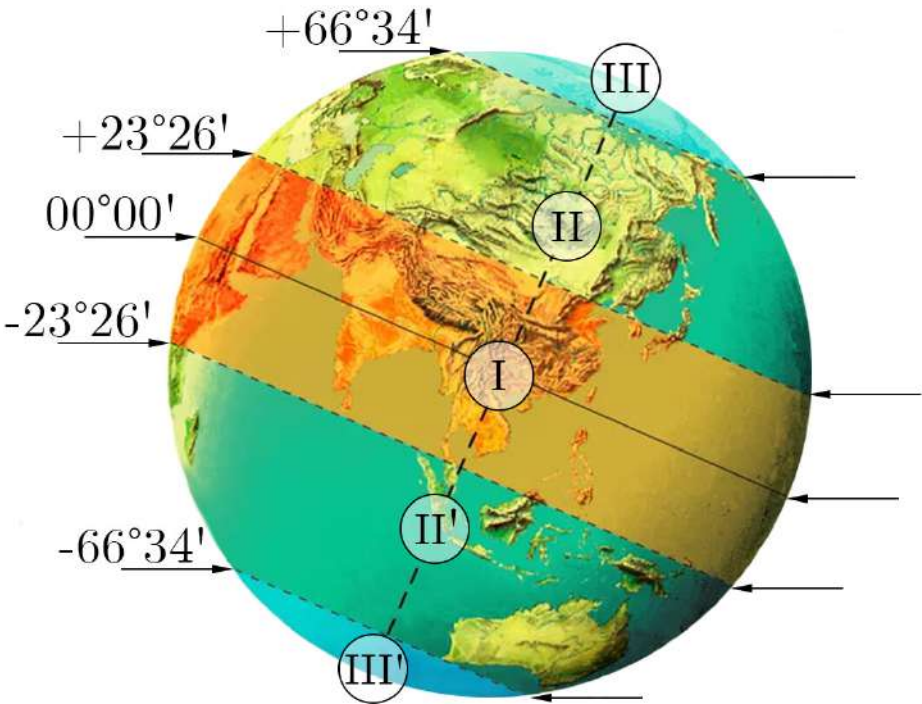
Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 8 баллов

Максимальный балл за задание — 9

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Вариант 1. На рисунке представлены астрономические пояса Земли — это области на поверхности Земли, границы между которыми определяются следующими астрономическими факторами:

- углом наклона земного экватора к плоскости земной орбиты ($23^{\circ}26'$),
- высотой Солнца в верхней кульминации в дни солнцестояний,
- продолжительностью дня.



Выделяют следующие пять астрономических поясов.

Пояс	$(\phi_{\min}, \phi_{\max})$	Особенности
Тропический	$[-23^{\circ}26', +23^{\circ}26']$	Солнце дважды в год бывает в зените. Самый тёплый пояс, где нет чёткой смены времён года, продолжительность дня слабо изменяется в течение года
Северный умеренный	$(+23^{\circ}26', +66^{\circ}34']$	Чётко выражены четыре времени года, Солнце никогда не бывает в зените. Длительность дня и ночи сильно зависит от сезона
Южный умеренный	$[-66^{\circ}34', -23^{\circ}26')$	
Северный полярный	$(+66^{\circ}34', +90^{\circ}00']$	Области полярных дней и ночей
Южный полярный	$[-90^{\circ}00', -66^{\circ}34')$	

а) Как эти пояса обозначены на картинке?

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

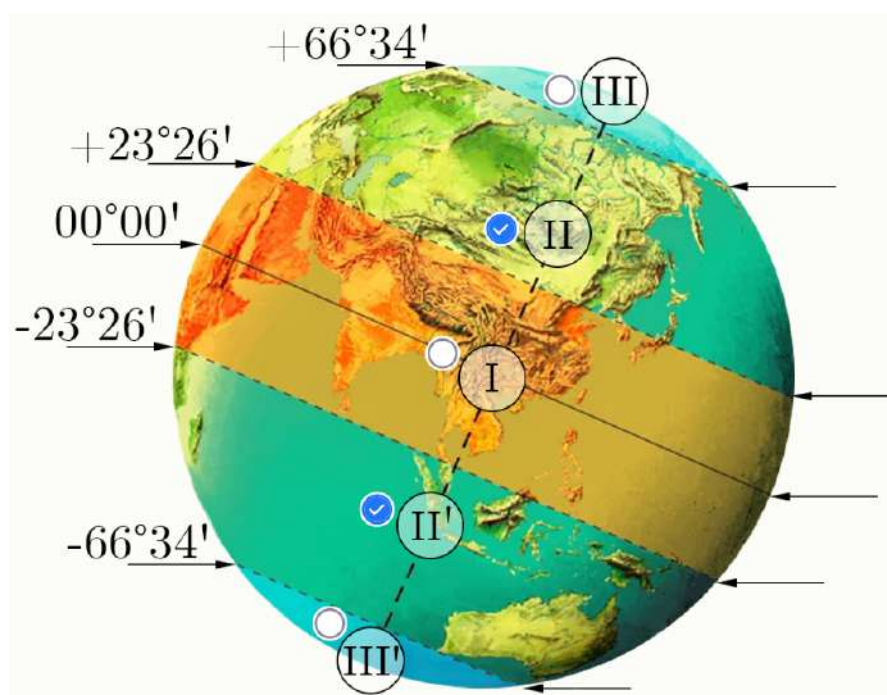
Ответ:

Тропический	I
Северный умеренный	II
Южный умеренный	II'
Северный полярный	III
Южный полярный	III'

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего — 5 баллов

б) В каких астрономических поясах зенитное расстояние Солнца никогда не достигает нуля градусов, а продолжительность дня всегда больше нуля часов, но меньше 24 часов?

Ответ:

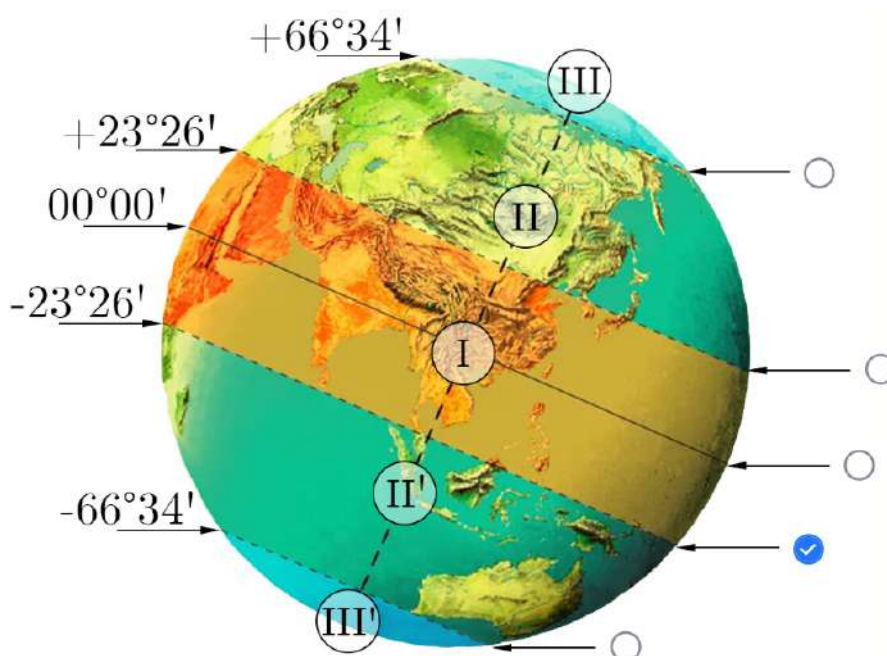


Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 2 балла

в) На какой из географических параллелей Солнце наблюдается в зените 21–22 декабря каждого года?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Определите ширину северного полярного пояса, отсчитываемую вдоль меридиана (от пограничной суточной параллели до полюса), если средний радиус Земли равен 6371 км. Ответ выразите в километрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2550; 2650]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а) Тропический пояс должен включать в себя земной экватор и быть расположен симметрично относительно последнего. Данному поясу на рисунке отвечает область I. Северный умеренный пояс должен быть расположен выше тропического и содержать значительную часть материка Евразия (область II). Южный умеренный пояс должен располагаться зеркально симметрично относительно экватора по отношению к северному умеренному поясу (область II'). Северный полярный пояс наиболее удалён от экватора и расположен над северным умеренным поясом (область III). Следовательно, южному полярному поясу соответствует область III'.

б) Согласно определению, в северном и южном умеренных поясах Солнце никогда не бывает в зените, т. е. его зенитное расстояние не достигает 0° , а продолжительность ночи всегда больше нуля, но меньше 24 часов.

в) 21–22 декабря — это день зимнего солнцестояния, когда Солнце располагается в зените над тропиком Козерога — географической параллелью, широта которой равна $-23^\circ 26'$, что соответствует отмеченной линии.

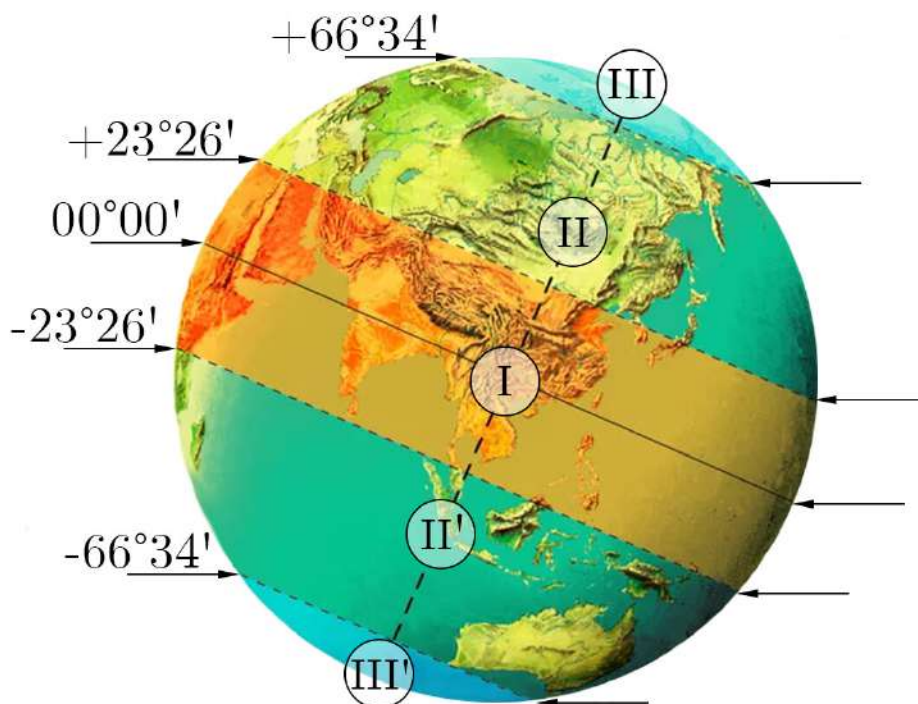
г) Определим ширину северного полярного пояса, отсчитываемую вдоль меридиана. Радиус Земли равен $R_\oplus = 6371$ км. Искомая ширина есть длина дуги меридиана протяжённостью $(90^\circ - 66^\circ 34') = 23^\circ 26'$. Далее составим пропорцию вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} (23^\circ 26') \rightarrow L, \\ 360^\circ \rightarrow 2\pi R_\oplus \end{array} \right\}, \Rightarrow L = \frac{(23^\circ 26')}{360^\circ} \times 2\pi R_\oplus = 0.0651 \times 2\pi \cdot 6371 \text{ км} = 2606 \text{ км}.$$

В качестве ответа принимается значение из интервала [2550; 2650].

Задание 4. Вариант 2. На рисунке представлены астрономические пояса Земли — это области на поверхности Земли, границы между которыми определяются следующими астрономическими факторами:

- углом наклона земного экватора к плоскости земной орбиты ($23^\circ 26'$),
- высотой Солнца в верхней кульминации в дни солнцестояний,
- продолжительностью дня.



Выделяют следующие пять астрономических поясов.

Пояс	$(\phi_{\min}, \phi_{\max})$	Особенности
Тропический	$[-23^{\circ}26', +23^{\circ}26']$	Солнце дважды в год бывает в зените. Самый тёплый пояс, где нет чёткой смены времён года, продолжительность дня слабо изменяется в течение года
Северный умеренный	$(+23^{\circ}26', +66^{\circ}34']$	Чётко выражены четыре времени года, Солнце никогда не бывает в зените. Длительность дня и ночи сильно зависит от сезона
Южный умеренный	$[-66^{\circ}34', -23^{\circ}26']$	
Северный полярный	$(+66^{\circ}34', +90^{\circ}00']$	Области полярных дней и ночей
Южный полярный	$[-90^{\circ}00', -66^{\circ}34']$	

а) Как эти пояса обозначены на картинке?

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

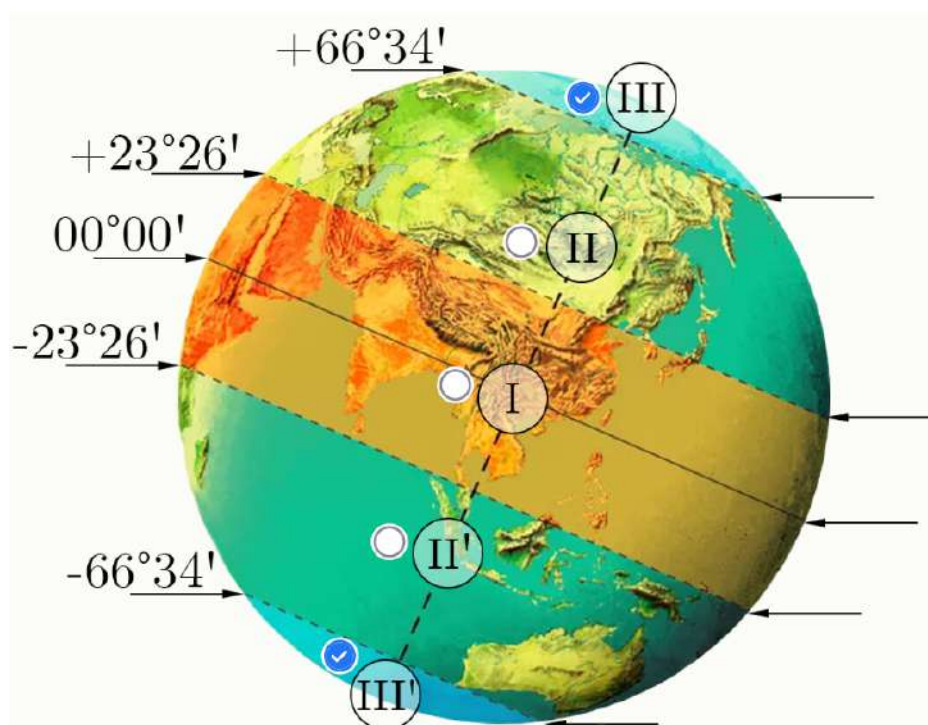
Ответ:

Тропический	I
Северный умеренный	II
Южный умеренный	II'
Северный полярный	III
Южный полярный	III'

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего — 5 баллов

б) В каких астрономических поясах зенитное расстояние Солнца никогда не принимает значения меньше $66^{\circ}34'$, а продолжительность дня может превышать 24 часа?

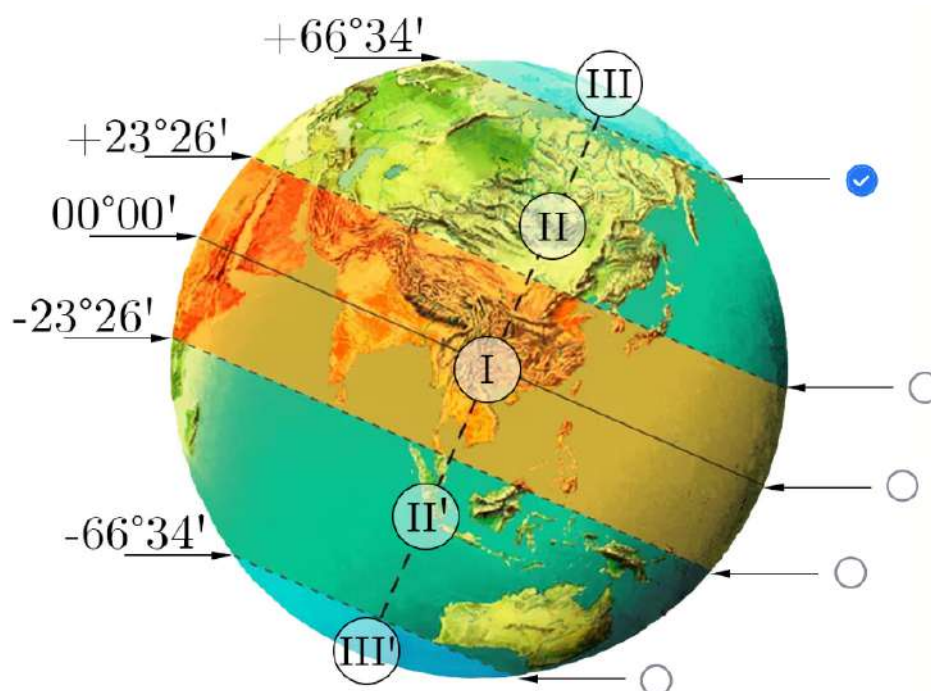
Ответ:



Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 4 балла.
За каждую ошибку снимается 2 балла

в) На какой из географических параллелей Солнце наблюдается на горизонте 21–22 декабря каждого года?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Определите ширину южного умеренного пояса, отсчитываемую вдоль меридиана, если средний радиус Земли равен 6371 км. Ответ выразите в километрах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [4750; 4850]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 14

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 1. На фотографии представлено знаменитое рассеянное звёздное скопление Плеяды с указанием линейного масштаба фотографии и направлений на северный полюс мира (P_N) и стороны света (E).



а) Расположите именованные звёзды скопления в порядке увеличения их склонения.

Ответ: Меропа, Атлас, Альциона, Электра, Плейона, Целено, Майя, Тайгета, Астеропа 2, Астеропа 1

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 10 баллов.

За каждую ошибку снимается 1 балл. За допущение более 5 ошибок — 0 баллов

б) Определите угловое расстояние, соответствующее указанному на фотографии отрезку в 3 световых года, если расстояние до скопления равно 135 парсекам. Ответ выразите в угловых минутах, округлите до десятых.

Примечание: 1 парсек = 3.26 светового года.

Ответ: засчитывается в диапазоне [23.2; 23.6]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Рассматривая только именованные звёзды скопления, определите угловое расстояние между самой яркой и ближайшей к южному полюсу мира звёздами. Ответ выразите в угловых минутах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [20.0; 22.0]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 17

Решение.

а) Склонение небесных светил возрастает по мере приближения их видимого положения к северному полюсу мира (направление указано на фотографии). Следовательно, чем выше звезда в данном кадре, тем больше её склонение. Значит, имеем такую последовательность: Меропа, Атлас, Альциона, Электра, Плейона, Целено, Майя, Тайгета, Астеропа 2, Астеропа 1.

б) Определим угловое расстояние, соответствующее отрезку в три световых года, указанному на фотографии:

$$\psi = \frac{a_0}{r} \times 3438' = \frac{3 \text{ св. года}}{135 \text{ пк} \cdot 3.26 \text{ св. года/пк}} \times 3438' = 23.4'.$$

В качестве ответа принимается значение из интервала [23.2; 23.6].

в) Согласно данному рисунку, самой яркой звездой скопления является Альциона, а ближайшей к южному полюсу мира — Меропа. По линейке определим длину эталонного отрезка на фотографии (80 мм) и расстояние между данными звёздами (72 мм). Далее составим пропорцию вида:

$$\left\{ \begin{array}{lcl} 80 & \rightarrow & 23.4' \\ 72 & \rightarrow & \ell \end{array} \right\}, \Rightarrow \ell = \frac{72}{80} \times 23.4' = 21.1'.$$

В качестве ответа принимается значение из интервала [20.0; 22.0].

Задание 5. Вариант 2. На фотографии представлено знаменитое рассеянное звёздное скопление Плеяды с указанием линейного масштаба фотографии и направлений на северный полюс мира (P_N) и стороны света (E).



а) Расположите именованные звёзды скопления в порядке увеличения их прямого восхождения.

Ответ: Целено, Электра, Тайгета, Майя, Астеропа 1, Астеропа 2, Меропа, Альциона, Атлас, Плейона

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 10 баллов.

За каждую ошибку снимается 1 балл. За допущение более 5 ошибок — 0 баллов

б) Определите угловое расстояние, соответствующее указанному на фотографии отрезку в 3 световых года, если расстояние до скопления равно 135 парсекам. Ответ выразите в угловых минутах, округлите до десятых.

Примечание: 1 парсек = 3.26 светового года.

Ответ: засчитывается в диапазоне [23.2; 23.6]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) С позиции земного наблюдателя некоторая звезда предпоследней пересечёт небесный меридиан в верхней кульминации. Определите угловое расстояние между этой звездой и самой яркой звездой скопления. Ответ выразите в угловых минутах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [25.3; 27.3]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

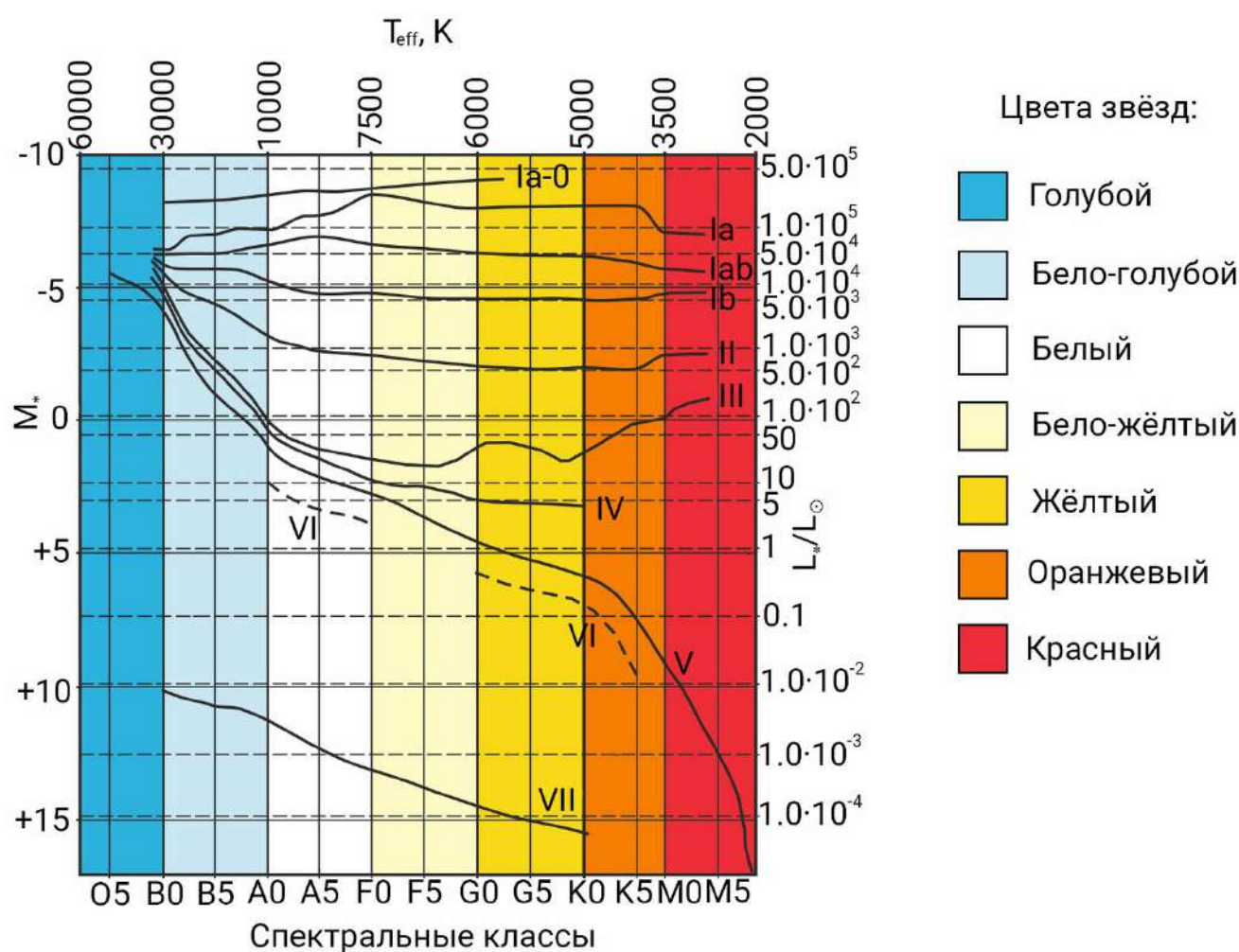
Максимальный балл за задание — 17

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 6. Вариант 1. В таблице представлены параметры 14 самых ярких звёзд рассеянного скопления Плеяды (M45): их видимые звёздные величины, спектральные классы, классы светимости.

Название	Обозначение	m_*	Сп. кл.	Кл. св.
Альциона	η (25) Тельца	2.86	B7	IIIe
Атлас	27 Тельца	3.62	B8	III
Электра	17 Тельца	3.70	B6	IIIe
Майя	20 Тельца	3.86	B7	III
Меропа	23 Тельца	4.17	B6	IV
Тайгета	19 Тельца	4.29	B6	V
Плейона	BU (28) Тельца	5.09	B8	IVep
Целено	16 Тельца	5.44	B7	IV
Астеропа 1	21 Тельца	5.64	B8	Ve
–	18 Тельца	5.65	B8	V
	HD 23923	6.15	B8	V
	24 Тельца	6.25	B9	Vp
Астеропа 2	22 Тельца	6.41	B9	V
	26 Тельца	6.45	F0	IV

Дана диаграмма Герцшпрунга-Рассела.



Здесь вдоль левой вертикальной шкалы отложена абсолютная звёздная величина M_* ; вдоль правой вертикальной шкалы — светимость L_* в светимостях Солнца $L_\odot$; вдоль нижней горизонтальной шкалы — спектральные классы, вдоль верхней горизонтальной шкалы — значения эффективной температуры T_{eff} . Также отмечены цвета звёзд основных спектральных классов. Римскими цифрами указаны основные классы светимости: сверхгиганты (I), яркие гиганты (II), гиганты (III), субгиганты (IV), карлики — звёзды главной последовательности (V), субкарлики (VI), белые карлики (VII).

а) Какие три звезды обладают самыми низкими эффективными температурами поверхности?

Ответ: 24 Тельца, Астеропа 2, 26 Тельца

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 3 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

б) Какие звёзды относятся к классу светимости «гиганты»?

Ответ: Альциона, Атлас, Электра, Майя

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

в) Используя только данную диаграмму, выразите светимость Электры в светимостях Солнца. Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [490; 520]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Дана формула Погсона:

$$\frac{E_2}{E_1} = 10^{-0.4(m_2 - m_1)}.$$

Здесь E_1 , E_2 — освещённости, создаваемые звёздами 1 и 2 на сетчатке глаза наблюдателя, m_1 , m_2 — соответствующие им видимые звёздные величины. Во сколько раз освещённость Альционы больше освещённости Астеропы 2 при наблюдении с Земли невооружённым глазом? Ответ округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [25.0; 27.0]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 13

Решение.

а) Самыми низкими эффективными температурами поверхности обладают звёзды, относящиеся к самым поздним спектральным классам-подклассам. Среди представленных звёзд две относятся к спектральному классу В9 и одна — к классу F0. Следовательно, искомыми звёздами являются Астеропа 2, 24 Тельца, 26 Тельца.

б) Класс светимости «гиганты» традиционно отмечается римской цифрой III. Согласно таблице, к данному классу относятся четыре звезды: Альциона, Атлас, Электра, Майя.

в) Согласно таблице, Электра относится к спектральному классу В6 и классу светимости III. Согласно диаграмме, светимость данной звезды равна 500 светимостям Солнца. В качестве ответа принимается значение из интервала [490; 520].

г) Найдём отношение освещённостей Альционы и Астеропы 2:

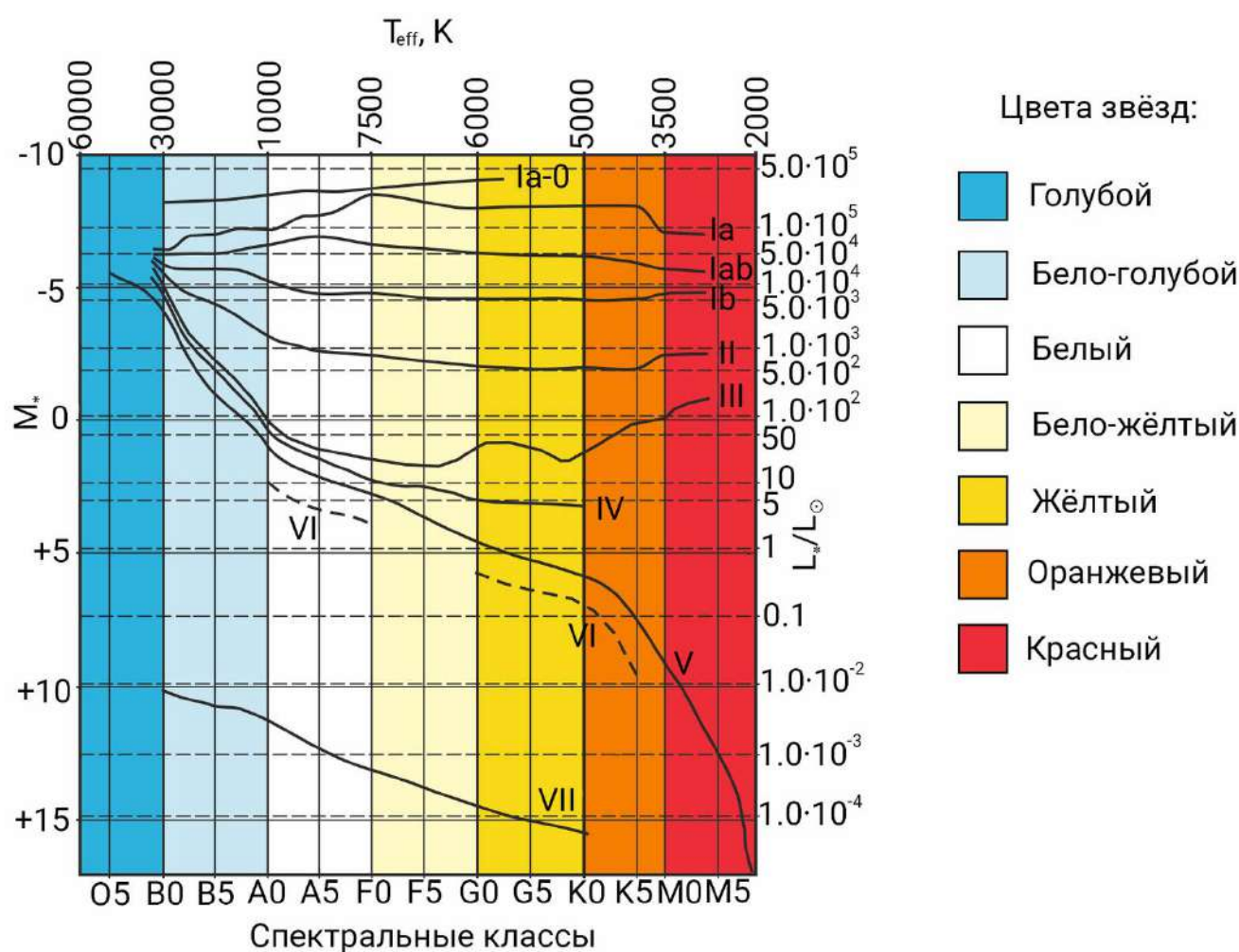
$$\frac{E_{\text{Альциона}}}{E_{\text{Астеропа 2}}} = 10^{-0.4(m_{\text{Альциона}} - m_{\text{Астеропа 2}})} = 10^{-0.4(2.86 - 6.41)} = 26.3.$$

В качестве ответа принимается значение из интервала [25; 27].

Задание 6. Вариант 2. В таблице представлены параметры 14 самых ярких звёзд рассеянного скопления Плеяды (M45): их видимые звёздные величины, спектральные классы, классы светимости.

Название	Обозначение	m_*	Сп. кл.	Кл. св.
Альциона	η (25) Тельца	2.86	B7	IIIe
Атлас	27 Тельца	3.62	B8	III
Электра	17 Тельца	3.70	B6	IIIe
Майя	20 Тельца	3.86	B7	III
Меропа	23 Тельца	4.17	B6	IV
Тайгета	19 Тельца	4.29	B6	V
Плейона	BU (28) Тельца	5.09	B8	IVep
Целено	16 Тельца	5.44	B7	IV
Астеропа 1	21 Тельца	5.64	B8	Ve
–	18 Тельца	5.65	B8	V
	HD 23923	6.15	B8	V
	24 Тельца	6.25	B9	Vp
Астеропа 2	22 Тельца	6.41	B9	V
	26 Тельца	6.45	F0	IV

Дана диаграмма Герцшпрунга-Рассела.



Здесь вдоль левой вертикальной шкалы отложена абсолютная звёздная величина M_* ; вдоль правой вертикальной шкалы — светимость L_* в светимостях Солнца $L_\odot$; вдоль нижней горизонтальной шкалы — спектральные классы, вдоль верхней горизонтальной шкалы — значения эффективной температуры T_{eff} . Также отмечены цвета звёзд основных спектральных классов. Римскими цифрами указаны основные классы светимости: сверхгиганты (I), яркие гиганты (II), гиганты (III), субгиганты (IV), карлики — звёзды главной последовательности (V), субкарлики (VI), белые карлики (VII).

а) Какие звёзды обладают самыми высокими эффективными температурами поверхности?

Ответ: Электра, Меропа, Тайгета

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 3 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

б) Какие звёзды относятся к классу светимости «субгиганты»?

Ответ: Меропа, Плейона, Целено, 26 Тельца

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 4 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

в) Используя только данную диаграмму, выразите светимость 26 Тельца в светимостях Солнца. Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [8; 12]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Дана формула Погсона:

$$\frac{E_2}{E_1} = 10^{-0.4(m_2 - m_1)}.$$

Здесь E_1 , E_2 — освещённости, создаваемые звёздами 1 и 2 на сетчатке глаза наблюдателя, m_1 , m_2 — соответствующие им видимые звёздные величины. Во сколько раз Атлас ярче Астеропы 1 при наблюдении с Земли невооружённым глазом? Ответ округлите до десятых.

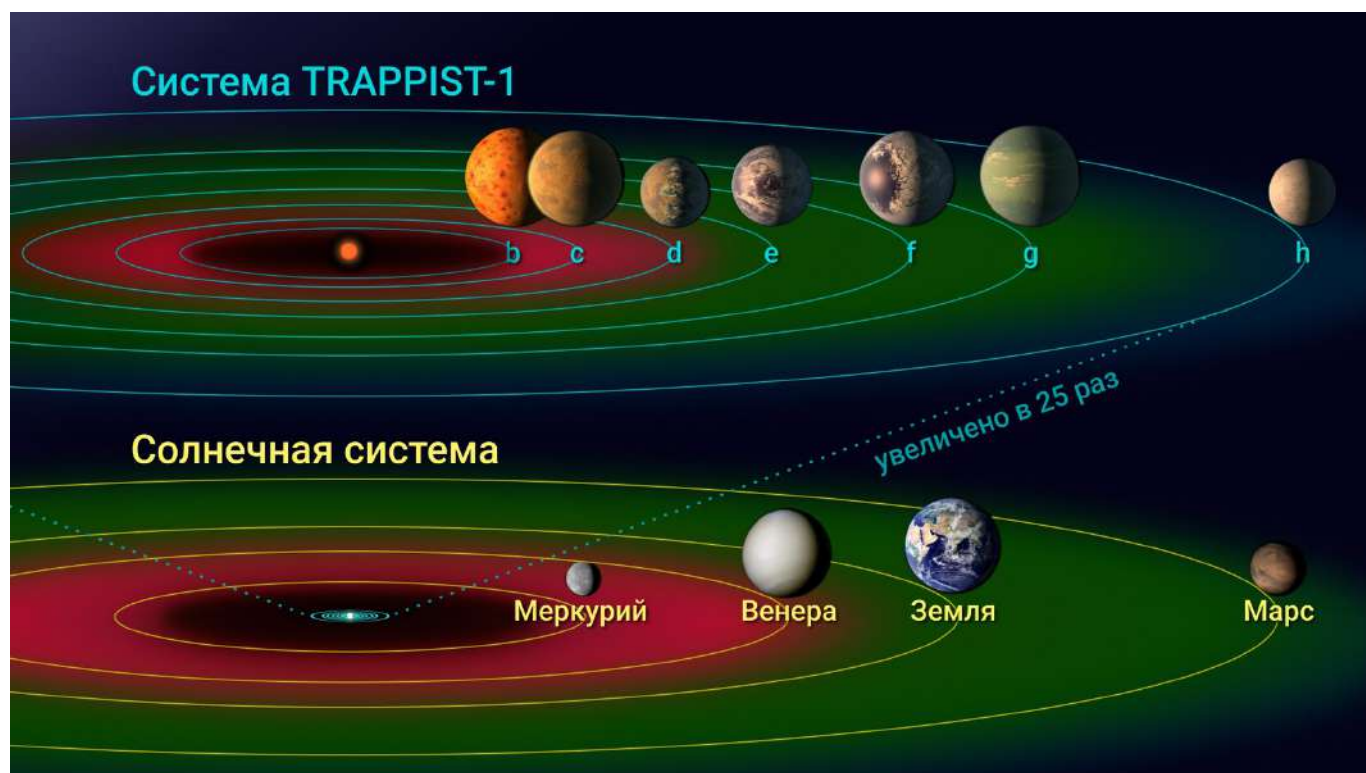
Ответ: засчитывается в диапазоне [6.2; 6.6]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 13

Решение по аналогии с вариантом 1

Задания 7-8. Вариант 1. На изображении показано соотношение размеров планетарной системы TRAPPIST-1 и части Солнечной системы, включающей планеты земной группы.



Для большего удобства все размеры TRAPPIST-1 увеличены в 25 раз. Зелёным цветом выделены зоны обитаемости — области околозвёздного пространства, в пределах которых условия на поверхности находящихся в них планет будут близки к земным и обеспечат существование воды в жидкой фазе. Соответственно, такие планеты (или их спутники) будут благоприятны для возникновения жизни, похожей на земную.

а) На сколько отличается количество больших (классических) планет Солнечной системы от количества планет в системе TRAPPIST-1?

Ответ: 1

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Орбита какой планеты Солнечной системы расположена на границе зоны обитаемости и горячей зоны (отмечена на рисунке красным цветом)?

Ответ:

- ✓ Венера
- Меркурий
- Земля
- Марс

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) Какая из планет системы TRAPPIST-1, расположенных в горячей зоне (отмечена на рисунке красным цветом), является ближайшей к материнской звезде?

Ответ:

- ✓ TRAPPIST-1b
- TRAPPIST-1c
- TRAPPIST-1d
- TRAPPIST-1e
- TRAPPIST-1f
- TRAPPIST-1g
- TRAPPIST-1h

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Орбита какой планеты системы TRAPPIST-1 (в увеличенном масштабе) наиболее близка по положению к орбите Венеры?

Ответ:

- ✓ TRAPPIST-1e
- TRAPPIST-1b
- TRAPPIST-1c
- TRAPPIST-1d
- TRAPPIST-1f
- TRAPPIST-1g
- TRAPPIST-1h

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Считая радиусы орбит Венеры и планеты из предыдущего вопроса примерно равными (в рамках схемы и с учётом увеличения масштаба), определите приблизительное значение радиуса орбиты этой планеты. Радиус орбиты Венеры примите равным 0.723 а. е. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до тысячных.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.024; 0.034]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

а) Путём непосредственного подсчёта по рисунку легко определить общее количество экзопланет, входящих в систему TRAPPIST-1: 7. В Солнечной системе насчитывается 8 больших (классических) планет. Искомая разность равна 1.

б) Согласно рисунку, орбита Венеры расположена на границе зоны обитаемости и горячей зоны.

в) Из рисунка видно, что TRAPPIST-1b расположена в горячей зоне (отмечена на рисунке красным цветом) и является ближайшей к материнской звезде.

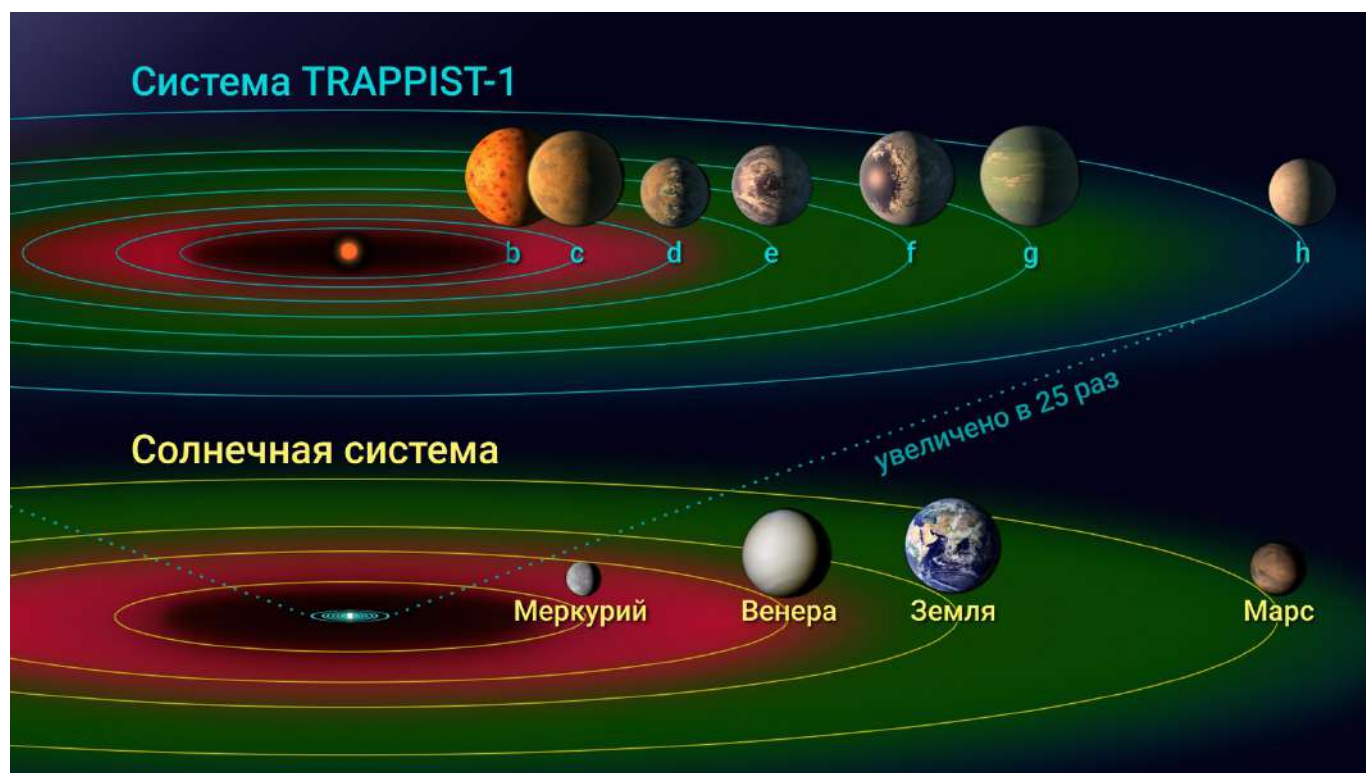
г) Непосредственно из рисунка следует, что наиболее близкой по положению к орбите Венеры является орбита (в увеличенном масштабе) планеты TRAPPIST-1e.

д) Учитывая, что радиус орбиты Венеры равен 0.723 а. е., и полагая приближённое равенство радиусов орбит этой планеты (в увеличенном масштабе) и Земли, определим приблизительное значение радиуса орбиты TRAPPIST-1e:

$$r = \frac{0.723 \text{ а. е.}}{25} = 0.029 \text{ а. е.}$$

В качестве ответа принимается значение из интервала [0.024; 0.034].

Задания 7-8. Вариант 2. На изображении показано соотношение размеров планетарной системы TRAPPIST-1 и части Солнечной системы, включающей планеты земной группы.



Для большего удобства все размеры TRAPPIST-1 увеличены в 25 раз. Зелёным цветом выделены зоны обитаемости — области околозвёздного пространства, в пределах которых условия на поверхности находящихся в них планет будут близки к земным и обеспечат существование воды в жидкой фазе. Соответственно, такие планеты (или их спутники) будут благоприятны для возникновения жизни, похожей на земную.

а) На сколько отличается количество больших (классических) планет Солнечной системы от количества планет в системе TRAPPIST-1?

Ответ: 1

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Орбита какой планеты Солнечной системы, расположенной внутри её горячей зоны (отмечена на рисунке красным цветом), является ближайшей к Солнцу?

Ответ:

- ✓ Меркурий
- Венера
- Земля
- Марс

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) Какая из планет системы TRAPPIST-1, расположенных в горячей зоне (отмечена на рисунке красным цветом), является наиболее удалённой от материнской звезды?

Ответ:

- ✓ TRAPPIST-1d
- TRAPPIST-1b
- TRAPPIST-1c
- TRAPPIST-1e
- TRAPPIST-1f
- TRAPPIST-1g
- TRAPPIST-1h

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Орбита какой планеты системы TRAPPIST-1 (в увеличенном масштабе) наиболее близка по положению к орбите Меркурия?

Ответ:

- ✓ TRAPPIST-1c
- TRAPPIST-1b
- TRAPPIST-1d

- TRAPPIST-1e
- TRAPPIST-1f
- TRAPPIST-1g
- TRAPPIST-1h

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Считая радиусы орбит Меркурия и планеты из предыдущего вопроса примерно равными (в рамках схемы и с учётом увеличения масштаба), определите приблизительное значение радиуса орбиты этой планеты. Радиус орбиты Меркурия примите равным 0.387 а. е. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до тысячных.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.013; 0.017]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение по аналогии с вариантом 1

Задания 7-8. Вариант 1.

а) Используя лишь рисунок, определите угол наибольшей элонгации $\alpha_{\max}$ экзопланеты TRAPPIST-1b, наблюдаемой из малой окрестности TRAPPIST-1c. Ответ выразите в градусах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [43.0; 49.0]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Выразите сидерический период обращения TRAPPIST-1c вокруг центральной звезды системы в единицах сидерического периода обращения TRAPPIST-1b. Ответ округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1.52; 1.77]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) С помощью линейки определяем линейные расстояния от центральной звезды системы TRAPPIST-1 до экзопланет TRAPPIST-1b (39 мм) и TRAPPIST-1c (54 мм).

Угол наибольшей элонгации $\alpha_{\max}$ экзопланеты TRAPPIST-1b, наблюдаемой из малой окрестности экзопланеты TRAPPIST-1c, определяется уравнением вида:

$$\sin \alpha_{\max} = \frac{r_b}{r_c}, \quad \Rightarrow \quad \alpha_{\max} = \arcsin \left[\frac{r_b}{r_c} \right] = \arcsin \left[\frac{39}{54} \right] = 46.2^\circ.$$

В качестве ответа принимается значение из интервала [43.0°; 49.0°].

б) Воспользуемся третьим законом Кеплера в классической форме:

$$\left(\frac{T_c}{T_b} \right)^2 = \left(\frac{r_c}{r_b} \right)^3, \quad \Rightarrow \quad \frac{T_c}{T_b} = \left(\frac{r_c}{r_b} \right)^{3/2} = 1.64.$$

В качестве ответа принимается значение из интервала [1.52; 1.77].

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 8.

№ варианта	Экзопланета	Ответ в диапазоне (пункт а)		Ответ в диапазоне (пункт б)	
1	1c	43.0	49.0	1.52	1.72
2	1d	28.3	34.3	2.58	2.78
3	1e	20.3	26.3	3.91	4.11
4	1f	14.5	20.5	5.99	6.19
5	1g	10.3	16.3	8.04	8.24
6	1h	7.7	13.7	13.39	13.59

Задание 9. Вариант 1. На рисунке представлен телескоп, приобретённый астрономом-любителем для наблюдения объектов ночного небосвода.



На набойке написаны фокусное расстояние (F , в мм) объектива и его диаметр (D , в мм). Также показаны купленные астрономом окуляры для визуальных наблюдений. На боковых поверхностях последних приведены их фокусные расстояния (f , в мм) и угловые диаметры (Ω_{Ok} , в градусах) их собственных полей зрения.

а) Угловое увеличение телескопа можно вычислить по формуле:

$$\Gamma = \frac{F}{f}.$$

Определите минимальное возможное значение данной величины, которое способен получить астроном-любитель с использованием этого телескопа и данного набора окуляров. Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [39; 41]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Известно, что угловой диаметр поля зрения телескопа с окуляром (Ω_T) зависит от углового диаметра поля зрения окуляра (Ω_{Ok}) следующим образом:

$$\Omega_T = 2 \arctg \left(\frac{1}{\Gamma} \operatorname{tg} \frac{\Omega_{Ok}}{2} \right).$$

Определите максимально возможное значение Ω_T для данных телескопа и набора окуляров. Ответ выразите в градусах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1.68; 1.77]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 7

Решение.

а) Минимально возможное значение углового увеличения телескопа будет достигаться при максимальном значении фокусного расстояния окуляра, т. е. для $f_1 = 23$ мм. В итоге $\Gamma_{\min} = F/f_1 = 40\times$. В качестве ответа принимается значение из интервала $[39\times; 41\times]$.

б) Максимально возможное значение Ω_T для данных телескопа и набора окуляров будет достигаться при минимально возможном Γ :

$$\Omega_T^{(\max)} = 2 \arctg \left(\frac{1}{\Gamma_{\min}} \operatorname{tg} \frac{\Omega_{Ok}}{2} \right) = 1.72^\circ.$$

В качестве ответа принимается значение из интервала $[1.68^\circ; 1.77^\circ]$.

Задание 9. Вариант 2. На рисунке представлен телескоп, приобретённый астрономом-любителем для наблюдения объектов ночного небосвода.



На набойке написаны фокусное расстояние (F , в мм) объектива и его диаметр (D , в мм). Также показаны купленные астрономом окуляры для визуальных наблюдений. На боковых поверхностях последних приведены их фокусные расстояния (f , в мм) и угловые диаметры (Ω_{Ok} , в градусах) их собственных полей зрения.

а) Угловое увеличение телескопа можно вычислить по формуле:

$$\Gamma = \frac{F}{f}.$$

Определите максимальное возможное значение данной величины, которое способен получить астроном-любитель с использованием этого телескопа и данного набора окуляров. Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [227; 229]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Известно, что угловой диаметр поля зрения телескопа с окуляром (Ω_T) зависит от углового диаметра поля зрения окуляра (Ω_{Ok}) следующим образом:

$$\Omega_T = 2 \arctg \left(\frac{1}{\Gamma} \operatorname{tg} \frac{\Omega_{Ok}}{2} \right).$$

Определите минимальное возможное значение Ω_T для данных телескопа и набора окуляров. Ответ выразите в градусах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.29; 0.31]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 7

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 10. Вариант 1. Для определения видимой звёздной величины небесного тела часто бывает полезной формула Погсона:

$$m_2 - m_1 = -2.5 \lg \left(\frac{E_2}{E_1} \right), \quad \text{или} \quad \frac{E_2}{E_1} = 10^{-0.4(m_2 - m_1)}.$$

Здесь m_1, m_2 — видимые звёздные величины двух источников света, E_1, E_2 — их освещённости, создаваемые в точке наблюдения. Под интегральной звёздной величиной (m_{int}) системы тел понимается видимая звёздная величина, которую можно приписать данной совокупности тел, рассматривая её как одиночную звезду. При этом освещённость E_{int} , соответствующая m_{int} , подчиняется принципу суперпозиции:

$$E_{int} = \sum_{i=1}^N E_i = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_N.$$

В таблице представлены названия 10 ярких именованных звёзд рассеянного скопления Плеяды (М45) и их видимые звёздные величины.

Название	m_*	Название	m_*
Альциона	2.86	Тайгета	4.29
Атлас	3.62	Плейона	5.09
Электра	3.70	Целено	5.44
Майя	3.86	Астеропа 1	5.64
Меропа	4.17	Астеропа 2	6.41

Определите интегральную звёздную величину пары звёзд — Альционы и Атласа. Ответ округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2.32; 2.52]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

Воспользуемся формулой Погсона для интегральной звёздной величины и звёздной величины Альционы:

$$\begin{aligned}
 m_{\text{int}} - m_{\text{Альциона}} &= -2.5 \lg \left(\frac{E_{\text{int}}}{E_{\text{Альциона}}} \right), \quad \Rightarrow \quad m_{\text{int}} = m_{\text{Альциона}} - 2.5 \lg \left(\frac{E_{\text{Альциона}} + E_{\text{Атлас}}}{E_{\text{Альциона}}} \right) = \\
 &= m_{\text{Альциона}} - 2.5 \lg \left(1 + \frac{E_{\text{Атлас}}}{E_{\text{Альциона}}} \right) = m_{\text{Альциона}} - 2.5 \lg \left(1 + 10^{-0.4(m_{\text{Атлас}} - m_{\text{Альциона}})} \right) = \\
 &= 2.86^m - 2.5 \lg \left(1 + 10^{-0.4(3.62 - 2.86)} \right) = 2.42^m.
 \end{aligned}$$

В качестве ответа принимается значение из интервала $[2.32^m; 2.52^m]$.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 10.

№ варианта	Пара Альционе	m_*	Ответ в диапазоне	
1	Атлас	3.62	2.32	2.52
2	Электра	3.70	2.35	2.55
3	Майя	3.86	2.40	2.60
4	Меропа	4.17	2.48	2.68
5	Тайгета	4.29	2.50	2.70
6	Плейона	5.09	2.63	2.83
7	Целено	5.44	2.66	2.86
8	Астеропа 1	5.64	2.68	2.88
9	Астеропа 2	6.41	2.72	2.92

Список использованных источников изображений

Задание 2.

1. <https://www.realsky.ru/images/stories/book/article/telescope/telescope-types.jpg>

Задание 4.

1. <https://ru-static.z-dn.net/files/d1b/8fe19cd8c9508b8b0548ea2b3d061ab6.png>

Задание 5.

1. <https://c4.wallpaperflare.com/wallpaper/540/972/966/astronomy-detail-hubble-nasa-wallpaper-preview.jpg>

Задание 7.

1. https://habrastorage.org/getpro/habr/upload_files/c34/7b2/c77/c347b2c772ef1afd2626665c132792db.jpg

Задание 9.

1. <https://planetarium.ru/wa-data/public/shop/products/65/08/10865/images/89/89.970.webp>

2. <https://ir.ozone.ru/s3/multimedia-1-7/wc2500/8707846327.jpg>

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!

