Максимальное количество баллов за олимпиаду — 80

Задание 1. Вариант 1. Выберите верные утверждения:

Ответ:

✓ Продолжительность октября равна 31 суткам

✓ Самый короткий календарный сезон — зима

✓ Во Вселенной существует огромное количество галактик, подобных Млечному Пути

- Видимые размеры Солнца и Луны на небосводе почти одинаковы, однако линейный радиус Луны гораздо больше радиуса Солнца
- В России минимальная высота столбика уличного термометра наблюдается летом
- В Солнечной системе есть два звёздных скопления, подобных знаменитым Плеядам

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 6 баллов.

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

1. Верно. Действительно, продолжительность октября составляет 31 день.
2. Верно. Продолжительность зимы составляет 90 суток в не високосный год (и 91 сутки в високосный), в то время как продолжительность оставшихся сезонов ежегодно составляет $91 \div 92$ суток.
3. Верно. В видимой части Вселенной существует около 100 млрд галактик и примерно половина из них являются спиральными галактиками, подобными Млечному пути.
4. Неверно. Видимые (угловые) размеры Солнца и Луны на небосводе действительно почти одинаковы, однако линейный радиус Солнца гораздо больше лунного.
5. Неверно. Высота столбика уличного термометра определяется температурой окружающей среды: чем выше температура, тем выше и сам столбик, что диктуется законом теплового расширения тел. Значит, минимальная высота столбика будет достигаться в сезон с самой низкой температурой, то есть зимой.
6. Неверно. В Солнечной системе существует лишь одна звезда — Солнце.

Задание 1. Вариант 2. Выберите ложные утверждения:

Ответ:

✓ Видимые размеры Солнца и Луны на небосводе почти одинаковы, однако линейный радиус Солнца гораздо меньше радиуса Луны

✓ В России наибольшая высота столбика уличного термометра наблюдается зимой

✓ В Солнечной системе есть два звёздных скопления, подобных Большому скоплению Геркулеса

- Продолжительность марта равна 31 суткам
- Самые продолжительные календарные сезоны — весна и лето
- Во Вселенной существует огромное количество галактик, совсем не похожих на Млечный Путь

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 6 баллов. За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 2. Вариант 1. Дана фотография в жанре «ночной астропейзаж». Цифрами обозначены некоторые космические объекты.

а) Установите соответствие между объектами и их типами.

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

Ответ:

1	Галактика
2	Звезда
3	Планета
	Спутник планеты Астероид Комета

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

б) На поверхности каких космических объектов достоверно существует жизнь?

Ответ:

- 1
- 2

✓ 3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Расположите объекты в порядке возрастания их средних линейных размеров.

✓ 3
✓ 2
✓ 1

Критерий оценивания: за каждый верный элемент последовательности — 2 балла. Всего 6 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а) Цифрой 1 на рисунке указана арка Млечного Пути, то есть галактика. Цифрой 2 отмечены звёзды, 3 — планета (точнее, её поверхность).

б) Лишь на поверхности планет достоверно существует жизнь.

в) Очевидно, наибольшими размерами обладает галактика, существенно меньшими размерами обладают звёзды. Планеты по размерам, как правило, существенно уступают звёздам. Таким образом, имеем следующую последовательность: $3 \to 2 \to 1$.

Задание 2. Вариант 2. Дана фотография в жанре «ночной астропейзаж». Цифрами обозначены некоторые космические объекты.

а) Установите соответствие между объектами и их типами.

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

Ответ:

1	Звезда
2	Планета
3	Галактика
	Спутник планеты Астероид Комета

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

б) На поверхности каких космических объектов достоверно существует жизнь?

Ответ:

- 1

✓ 2

- 3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Расположите объекты в порядке убывания их средних линейных размеров.

✓ 3
✓ 1
✓ 2

Критерий оценивания: за каждый верный элемент последовательности — 2 балла. Всего 6 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 1. Даны фотографии трёх различных типов солнечных затмений во время их максимальной фазы.

а) Установите соответствие между названиями и изображениями типов солнечных затмений.

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

Ответ:

	Частное
	Кольцеобразное
	Полное

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 6 баллов

б) В максимальную фазу какого затмения земной наблюдатель может видеть лишь одно небесное тело, участвовавшее в затмении?

Ответ:

- Частного
- Кольцеобразного
- ✓ Полного

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Какие из небесных тел являются участниками этого явления?

Ответ:

- ✓ Луна
- ✓ Солнце
- Венера
- Марс

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

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

а) На первом рисунке представлено частное солнечное затмение, поскольку тёмный диск Луны лишь частично закрывает яркий диск Солнца, при этом другая его часть располагается вне границ видимого диска Солнца. На втором — кольцеобразное солнечное затмение, поскольку лунный диск полностью спроецировался на диск Солнца, при этом Луна полностью не покрыла диск Солнца. На третьем рисунке — полное солнечное затмение.

б) В максимальную фазу полного солнечного затмения земной наблюдатель может наблюдать лишь одно небесное тело (Луну), участвовавшее в затмении.

в) Участниками солнечного затмения являются Солнце, Луна и Земля. Значит, ответ на вопрос — Солнце и Луна.

Задание 3. Вариант 2. Даны фотографии трёх различных типов солнечных затмений во время их максимальной фазы.

а) Установите соответствие между названиями и изображениями типов солнечных затмений.

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

Ответ:

	Частное
	Кольцеобразное

	Полное

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 6 баллов

б) Земной наблюдатель видит два небесных тела, участвующих в затмении, но затмевающее тело никогда не оказывается полностью на затмеваемом. В максимальную фазу какого затмения такое возможно?

Ответ:

- ✓ Частного
- • Кольцеобразного
- • Полного

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Какие из небесных тел **НЕ** являются участниками этого явления?

Ответ:

- ✓ Меркурий
- ✓ Юпитер
- • Луна
- • Солнце

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

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Вариант 1. Дана фотография Луны вблизи горизонта, полученная где-то на территории России.

а) Какой вид месяца запечатлен на фотографии?

Ответ:

- ✓ Молодой
- Старый
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Над какой стороной горизонта, вероятнее всего, располагалась Луна в момент съёмки?

Ответ:

- ✓ Запад
- Север
- Восток
- Юг

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) В какое время суток была получена эта фотография?

Ответ:

- ✓ Вечер, вскоре после захода Солнца
- Утро, незадолго перед восходом Солнца
- День, около полудня
- Ночь, около полуночи

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Сколько суток отделяло момент съёмки Луны от последнего новолуния?

Ответ:

- ✓ От 0 до 7.5
- От 7.5 до 15.0
- От 15.0 до 22.5
- От 22.5 до 30.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

а) Поскольку фотография получена с территории России, то есть из Северного географического полушария, и на фото освещён правый край видимого диска Луны, значит здесь запечатлён молодой месяц.

б) Молодой месяц можно увидеть лишь над западной стороной горизонта.

в) Молодой месяц можно наблюдать лишь вечером, вскоре после захода Солнца.

г) Фаза молодого месяца достигается вскоре после новолуния и до первой четверти, то есть в интервале от 0 до 7.5 суток после новолуния.

Задание 4. Вариант 2. Дана фотография Луны вблизи горизонта, полученная где-то на территории России.

а) Какой вид месяца запечатлён на фотографии?

Ответ:

- ✓ Старый
- Молодой
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Над какой стороной горизонта, вероятнее всего, располагалась Луна в момент съёмки?

Ответ:

- ✓ Восток
- Север
- Запад
- Юг

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) В какое время суток была получена эта фотография?

Ответ:

- ✓ Утро, незадолго перед восходом Солнца
- Вечер, вскоре после захода Солнца
- День, около полудня
- Ночь, около полуночи

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Сколько суток отделяло момент съёмки Луны от последнего новолуния?

Ответ:

- От 0 до 7.5
- От 7.5 до 15.0
- От 15.0 до 22.5
- ✓ От 22.5 до 30.0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 5. Вариант 1. Дано изображение земного шара с указанием некоторых точек его поверхности.

а) Установите соответствие между точками и их характеристиками.

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

Ответ:

1	Совпадает с Северным географическим полюсом
2	Находится на территории суши
3	Находится на территории суши
5	Имеет приблизительно равную и неизменную в течение года продолжительность дня и ночи
7	Находится на территории суши
4 6 8	

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

За каждую ошибку снимается 2 балла

б) Чему равно минимальное расстояние между точками 1 и 5, если длина всей дуги окружности меридиана, соединяющего эти точки, равна 40 тыс. км? Ответ выразите в тысячах километров, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [9; 11]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а)

- точка 1 совпадает с северным географическим полюсом;
- на территории суши находятся точки 2, 3, 7;
- приблизительно равная и неизменная в течение года продолжительность дня и ночи достигается на земном экваторе, в частности, в точке 5;

б) Если длина всей дуги окружности меридиана равна 40 тыс. км, то расстояние между точками 1 и 5 составляет четверть этой дуги. Значит, искомое расстояние будет 10 тысяч километров.

Задание 5. Вариант 2. Дано изображение земного шара с указанием некоторых точек его поверхности.

а) Установите соответствие между точками и их характеристиками.

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

Ответ:

2	Находится на территории суши
3	Находится на территории суши
5	Подходит для наблюдения всех звёзд земного небосвода в течение года
7	Находится на территории суши
8	Ближе всех других расположена к Южному географическому полюсу
1 4 6	

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

За каждую ошибку снимается 2 балла

б) Чему равно минимальное расстояние между точками 1 и 5, если длина всей дуги окружности меридиана, соединяющего эти точки, равна 40 тыс. км? Ответ выразите в тысячах километров, округлите до целых.

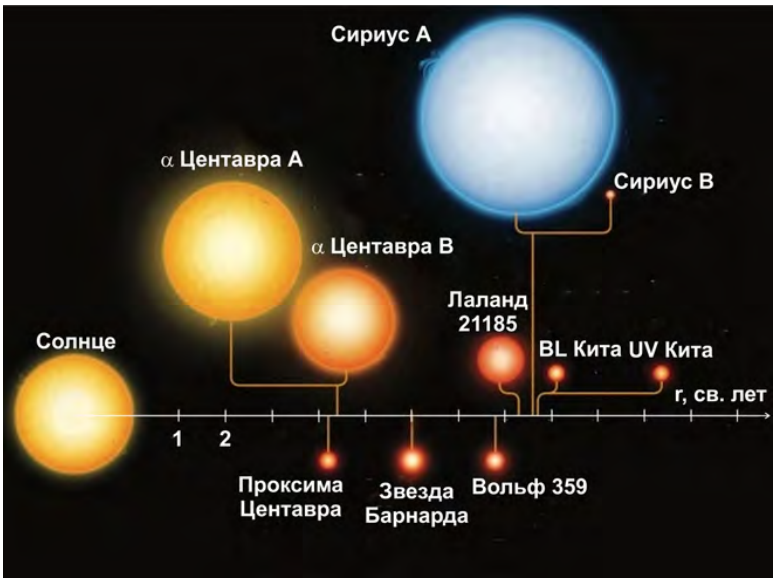
Ответ: засчитывается в диапазоне [9; 11]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 14

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 6. Вариант 1. Дана диаграмма распределения 10 ближайших звёзд в окрестности Солнца.



На шкале отмечены расстояния от указанных звёзд до Солнца. Звёзды, соединённые горизонтальными линиями, образуют физически двойную звезду, то есть связаны силами притяжения и движутся в пространстве вместе. Цвета звёзд и соотношения их размеров на диаграмме соответствуют их свойствам в действительности.

а) Какая звезда является ближайшей к Солнцу?

Ответ:

- ✓ Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Сколько физически двойных звёзд входят в ближайшее звёздное окружение Солнца?

Ответ: 3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какая звезда является самой маленькой?

Ответ:

- ✓ Сириус B
- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

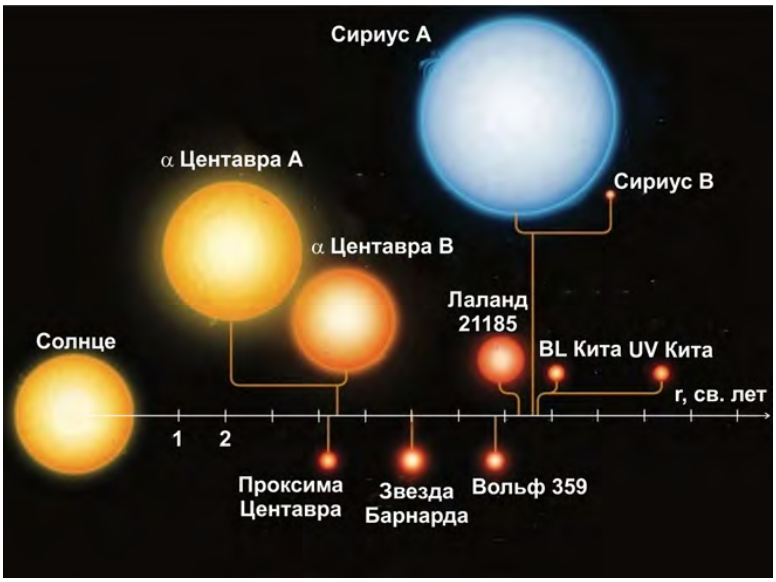
а) Ближайшей к Солнцу звездой является Проксима Центавра.

б) Расстояние от Солнца до данной звезды, согласно рисунку, составляет 4 световых года.

в) На рисунке видны три пары звёзд, объединённых П-образными скобками. Таким образом, в ближайшем звёздном окружении Солнца имеются 3 физически двойные звезды.

г) Самой маленькой из изображённых звёзд является Сириус B.

Задание 6. Вариант 2. Дана диаграмма распределения 10 ближайших звёзд в окрестности Солнца.



На шкале отмечены расстояния от указанных звёзд до Солнца. Звёзды, соединённые горизонтальными линиями, образуют физически двойную звезду, то есть связаны силами притяжения и движутся в пространстве вместе. Цвета звёзд и соотношения их размеров на диаграмме соответствуют их свойствам в действительности.

а) Какая из представленных звёзд является второй по удалённости (в порядке возрастания) от Солнца одиночной звездой?

Ответ:

- ✓ Звезда Барнарда
- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Сколько физически двойных звёзд входят в ближайшее звёздное окружение Солнца?

Ответ: 3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какая звезда является самой большой?

Ответ:

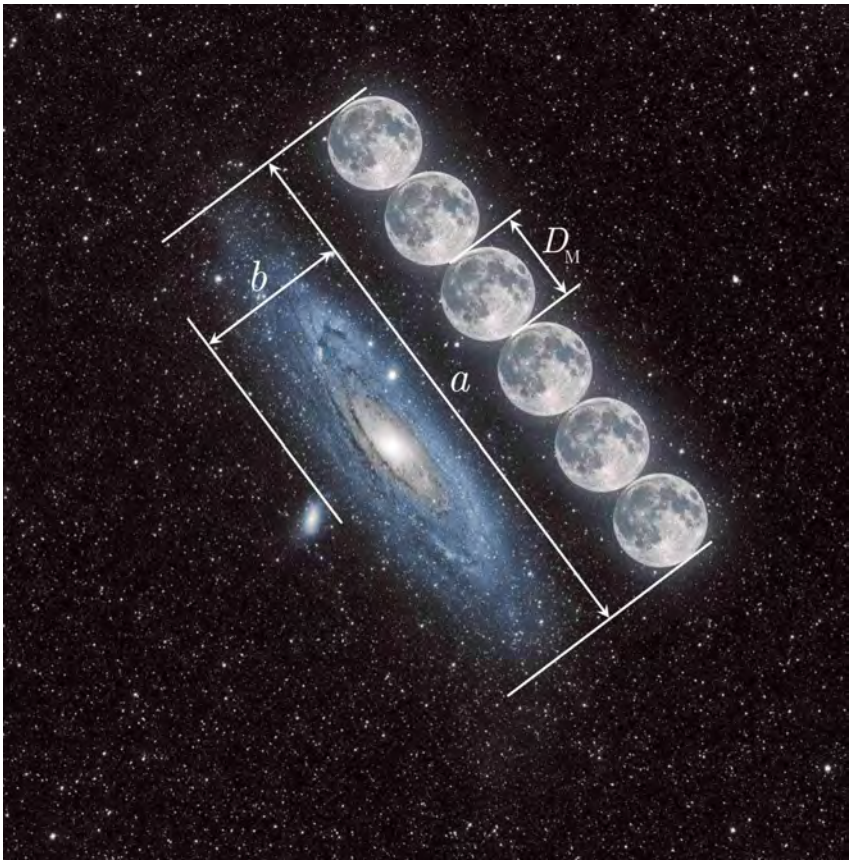
- ✓ Сириус *A*
- Проксима Центавра
- α Центавра *A*
- α Центавра *B*
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус *B*
- *BL* Кита
- *UV* Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 7. Вариант 1. Дана фотография-коллаж, наглядно демонстрирующая видимые (угловые) размеры Луны и галактики M31 (Туманности Андромеды) в сравнении.



а) Определите наибольший видимый угловой размер галактики. Ответ выразите в диаметрах Луны D_{M}, округлите до целых.

Ответ: 6

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Угловой диаметр Луны равен 29 угловым минутам. Определите угловой размер a галактики. Ответ выразите в угловых минутах, округлите до целых.

Ответ: 174

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 7

Решение.

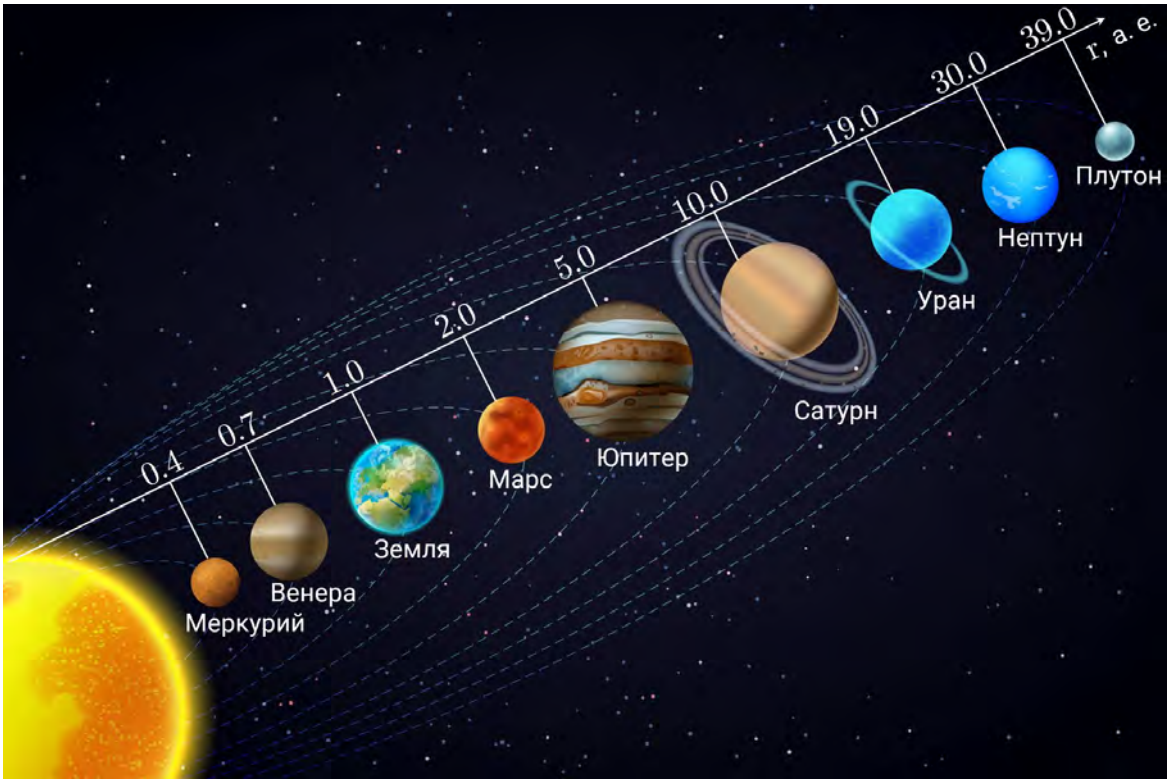
а) Согласно рисунку, наибольший угловой диаметр галактики равен 6 диаметрам Луны, то есть $a = 6 \cdot D_M$.

б) Угловой диаметр Луны равен $\mathrm{D_M} = 29'$. Значит, угловой размер a галактики равен $174'$. Решение для прочих клонов аналогично данному.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 7.
Пункт б)

№ варианта	D_M, угл. мин.	a, угл. мин.
1	29	174
2	30	180
3	31	186
4	32	192
5	33	198

Задание 8. Вариант 1. Дана схема Солнечной системы с осью гелиоцентрических расстояний, направленной от Солнца.



Гелиоцентрическое расстояние — это расстояние, откладываемое от центра Солнца до выбранной точки наблюдения.

Известно, что свет от Солнца до поверхности Земли распространяется за 500 секунд. Определите время распространения света от Солнца до Марса. Ответ выразите в секундах.

Ответ: 1000

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

Заметим, что расстояние от Солнца до Марса в 2 раза больше расстояния от Солнца до Земли. Поскольку время распространения света определяется формулой:

$$t = \frac{s}{c},$$

здесь s — путь, пройденный светом, c — скорость его распространения, то можно легко найти отношение времён распространения света от Солнца до Марса и Земли:

$$\frac{t_м}{t_з} = \frac{s_м}{s_з} = 2.$$

Откуда следует, что время распространения света от Солнца до Марса равно 1000 секунд.

Решения для других клонов аналогичны данному.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 8.

Планета	Время распространения света, с
Марс	1000
Юпитер	2500
Сатурн	5000
Уран	9500
Нептун	15000
Плутон	19500

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 80

Задание 1. Вариант 1. Выберите верные утверждения:

Ответ:

- ✓ В настоящее время в Солнечной системе насчитывается 8 больших (классических) и 5 карликовых планет
- ✓ 2028 год — это ближайший предстоящий високосный год
- ✓ Наибольшим количеством искусственных спутников обладает Земля
- • Наибольшее количество естественных спутников в настоящее время обнаружено у Юпитера
- • Ближайшая к Земле сверхмассивная чёрная дыра находится в галактике Андромеды
- • Солнце является одной из самых ярких звёзд в нашей Галактике

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 6 баллов

За каждую ошибку снимается 2 балла.

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

1) Верно. В Солнечной системе сегодня насчитывается 8 больших (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) и 5 карликовых (Церера, Плутон, Хаумеа, Макемаке, Эрида) планет.

2) Верно. Число 2028 делится на 4 и при этом не кратно 100 (а значит, не может быть годом-исключением). Последний минувший високосный год — 2024. Значит, 2028 — это ближайший предстоящий високосный год.

3) Верно. Действительно, вокруг Земли движется наибольшее количество спутников, созданных человеком.

4) Неверно. В настоящее время наибольшим количеством спутников обладает Сатурн.

5) Неверно. Ближайшая к Земле сверхмассивная чёрная дыра находится в центре галактики Млечный Путь.

6) Неверно. Солнце — обычная звезда нашей Галактики. Здесь существует огромное количество звезд, яркость которых превосходит солнечную в сотни, тысячи и даже миллионы раз!

Задание 1. Вариант 2. Выберите ложные утверждения:

Ответ:

- ✓ В настоящее время в Солнечной системе насчитывается 5 больших (классических) и 8 карликовых планет
- ✓ 2020 год — это ближайший прошедший високосный год
- ✓ Наибольшим количеством искусственных спутников обладает Марс
- • Наибольшее количество естественных спутников в настоящее время обнаружено у Сатурна
- • Ближайшая к Земле сверхмассивная чёрная дыра находится в центре Млечного Пути
- • Солнце является обычной жёлтой звездой, расположенной в диске нашей Галактики

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 6 баллов.

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 6

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 2. Вариант 1. Дана фотография в жанре «ночной астропейзаж». Цифрами обозначены некоторые космические объекты.

а) Установите соответствие между объектами и их типами.

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

Ответ:

1	Галактика
2	Звезда
3	Планета
	Спутник планеты Астероид Комета

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

б) Какие космические объекты в принципе не могут иметь твёрдой поверхности?

Ответ:

✓ 1
✓ 2
• 3

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

в) Расположите объекты в порядке возрастания их масс.

✓ 3
✓ 2
✓ 1

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

Максимальный балл за задание — 13

Решение.

а) Цифрой 1 на рисунке указана арка Млечного Пути, то есть галактика. Цифрой 2 отмечены звёзды, 3 — планета (точнее её поверхность).

б) В принципе не могут иметь твёрдой поверхности звёзды и Галактика. Звёзды представляют собой шары из плазмы, а Галактика — огромная система, состоящая из звёзд, газа, пыли и тёмной материи.

в) Очевидно, наименьшей массой обладает планета, существенно большей — звёзды, наибольшей — наша Галактика. Таким образом, имеем следующую последовательность: $3 \to 2 \to 1$.

Задание 2. Вариант 2. Дана фотография в жанре «ночной астропейзаж». Цифрами обозначены некоторые космические объекты.

а)Установите соответствие между объектами и их типами.

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

Ответ:

1	Звезда
2	Планета
3	Галактика
	Спутник планеты Астероид Комета

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

б) Какие объекты космоса являются самосветящимися телами?

Ответ:

✓ 1

• 2

✓ 3

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

в) Расположите объекты в порядке убывания их масс.

✓ 3
✓ 1
✓ 2

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

Максимальный балл за задание — 13

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 1. Даны фотографии трёх различных типов солнечных затмений во время их максимальной фазы.

а) Установите соответствие между названиями и изображениями типов солнечных затмений.

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

Ответ:

	Частное
	Кольцеобразное
	Полное

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 6 баллов

б) В максимальную фазу какого затмения поверхность Земли (затенённая её часть) является наименее освещённой?

Ответ:

- Частного
- Кольцеобразного
- ✓ Полного

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) В какой фазе Луны земной наблюдатель может наблюдать солнечное затмение?

Ответ:

- ✓ Новолуние
- Первая четверть
- Полнолуние
- Последняя четверть

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла.

г) В астрономии под сизигией понимается расположение трёх или более небесных тел Солнечной системы на одной прямой. Какие небесные тела являются обязательными участниками сизигии во время затмения на поверхности Земли?

Ответ:

- ✓ Луна
- ✓ Солнце
- Венера
- Марс

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

а) На первом рисунке представлено частное солнечное затмение, поскольку тёмный диск Луны лишь частично закрывает яркий диск Солнца, при этом другая его часть располагается вне границ видимого диска Солнца. На втором — кольцеобразное солнечное затмение, поскольку лунный диск полностью спроецировался на диск Солнца, при этом Луна полностью не покрыла диск Солнца. На третьем рисунке —полное солнечное затмение.

б) В максимальную фазу полного солнечного затмения поверхность Земли (затенённая её часть) является наименее освещённой, поскольку диск Солнца полностью закрыт Луной и при этом до Земли доходит минимальное количество солнечного света, рассеянного верхними слоями его атмосферы.

в) Земной наблюдатель может наблюдать солнечное затмение в фазе новолуния, так как Луна располагается на прямой Солнце — Земля, причём между этими телами.

г) Участниками солнечного затмения являются Солнце, Луна и Земля. Значит, ответ на вопрос — Солнце и Луна.

Задание 3. Вариант 2. Даны фотографии трёх различных типов солнечных затмений во время их максимальной фазы.

а) Установите соответствие между названиями и изображениями типов солнечных затмений.

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

Ответ:

	Частное

	Кольцеобразное
	Полное

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 6 баллов

б) В максимальную фазу какого затмения поверхность затмеваемого тела может быть закрыта менее чем наполовину?

Ответ:

- Полного
- Кольцеобразного
- ✓ Частного

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла.

в) Какая фаза Луны всегда наступает примерно через 15 суток после солнечного затмения?

Ответ:

- ✓ Полнолуние
- Первая четверть
- Новолуние
- Последняя четверть

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла.

г) В астрономии под сизигией понимается расположение трёх или более небесных тел Солнечной системы на одной прямой. Какие небесные тела являются обязательными участниками сизигии во время затмения на поверхности Земли?

Ответ:

- ✓ Луна
- ✓ Солнце
- Меркурий
- Юпитер

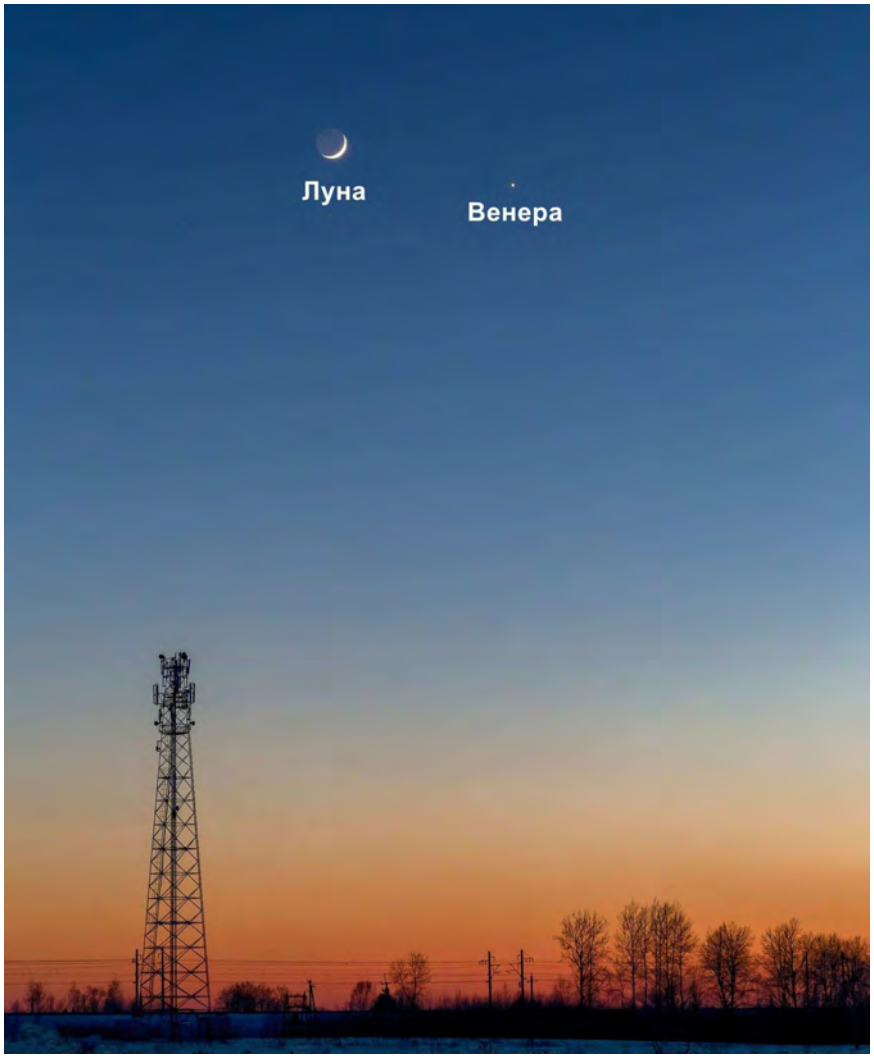
Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 12

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Вариант 1. Эта фотография Луны и Венеры была получена 22 декабря на территории России.



а) Над какой четвертью горизонта, вероятнее всего, располагались Луна и Венера в момент съёмки?

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Какое тело в момент съёмки было ближе к Солнцу?

Ответ:

- ✓ Венера
- Луна
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) В древности Венеру называли звездой, и даже сейчас можно встретить подобное словоупотребление, пусть и иносказательное. Время наблюдения «звезды» определяет эпитет: например, если Венеру наблюдают утром, перед восходом Солнца, то её называют утренней звездой. Какое название больше других подойдёт Венере на фотографии?

Ответ:

- ✓ «Вечерняя звезда»
- «Утренняя звезда»
- «Дневная звезда»
- «Ночная звезда»

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Чему равно видимое (угловое) расстояние между центром видимого диска Луны и Венерой в момент съёмки? Видимый угловой диаметр Луны в момент съёмки был равен 29 угловым минутам. Ответ выразите в угловых минутах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [159; 203]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение.

а) Заметим, что фотография получена 22 декабря — в день зимнего солнцестояния. В эти сутки Солнце восходит на юго-восточной, а заходит на юго-западной четверти горизонта. Узкий серп молодой Луны указывает на небольшой угол ($15° \div 20°$) между направлениями на Солнце и Луну. Съёмка выполнена, очевидно, вечером, после захода Солнца. Значит, вероятнее всего, Луна и Венера располагались в момент съёмки над юго-западной четвертью горизонта.

б) Судя как по угловому, так и по линейному расстоянию, Венера располагалась ближе к Солнцу, чем Луна. В частности, для сравнения угловых расстояний Луны и Венеры до Солнца, достаточно обратить внимание на ориентацию выпуклой части узкого серпа молодого месяца. По ней можно легко определить, направление на Солнце относительно Луны. После становится очевидно, что Венера отстоит на меньшее угловое расстояние, нежели Луна.

в) Поскольку съёмка была выполнена вечером, после захода Солнца, больше других Венере на фотографии подойдёт название «Вечерняя звезда».

г) Измерим с помощью линейки диаметр Луны $d_M = 14$ мм и расстояние $r_{MV} = 87$ мм между её центром и Венерой. Составим пропорцию:

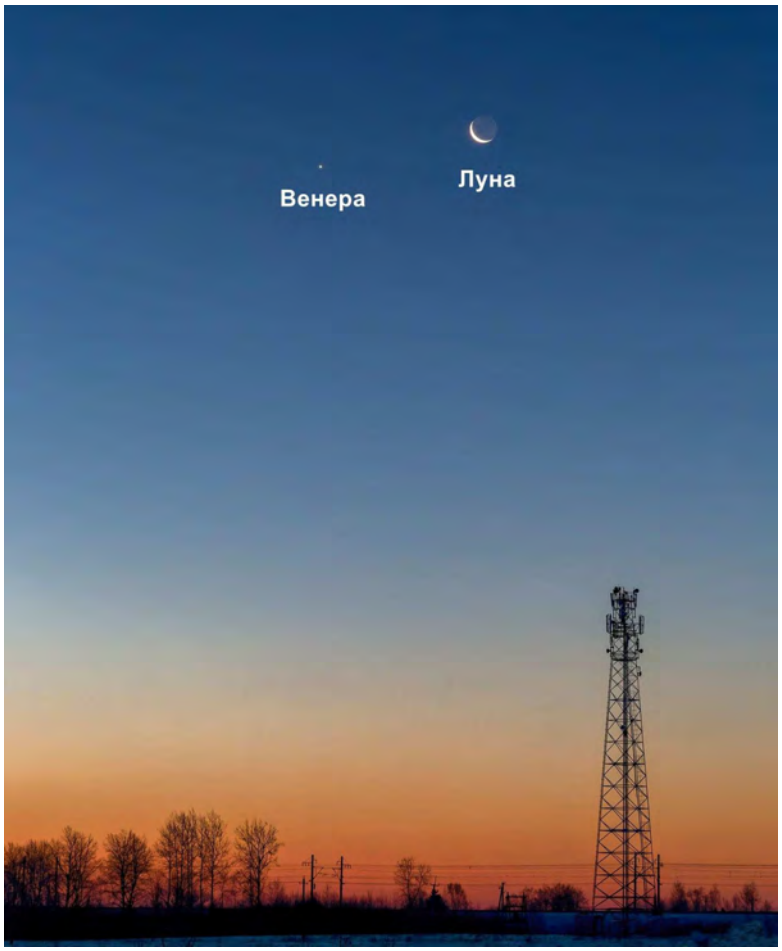
$$\left.\begin{matrix} d_M \to D_g \\ r_{MV} \to d \end{matrix}\right\} \Rightarrow \quad d = D_g \cdot \frac{r_{MV}}{d_M} = 180'$$

В качестве ответа принимается число из интервала: [159, 203].

Матрица параметров и ответов к версии (1) задания 4. Пункт г)

№ варианта	d_M, угл. мин.	$d_{\min}$, угл. мин.	$d_{\max}$, угл. мин.
1	29	159	203
2	30	165	210
3	31	170	217
4	32	176	224
5	33	181	231

Задание 4. Вариант 2. Эта фотография Луны и Венеры была получена 22 декабря на территории России.



а) Над какой четвертью горизонта, вероятнее всего, располагались Луна и Венера в момент съёмки?

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Какое тело в момент съёмки было дальше от Солнца?

Ответ:

- ✓ Луна
- Венера
- Невозможно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) В древности Венеру называли звездой, и даже сейчас можно встретить подобное словоупотребление, пусть и иносказательное. Время наблюдения «звезды» определяет эпитет: например, если Венеру наблюдают вечером, перед восходом Солнца, то её называют вечерней звездой. Какое название больше других подойдёт Венере на фотографии?

Ответ:

- ✓ «Утренняя звезда»
- «Вечерняя звезда»
- «Дневная звезда»
- «Ночная звезда»

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Чему равно видимое (угловое) расстояние между центром видимого диска Луны и Венерой в момент съёмки? Видимый угловой диаметр Луны в момент съёмки был равен 29 угловым минутам. Ответ выразите в угловых минутах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [159; 203]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Матрица параметров и ответов к версии (2) задания 4. Пункт г)

№ варианта	d_M, угл. мин.	$d_{\min}$, угл. мин.	$d_{\max}$, угл. мин.
1	29	159	203
2	30	165	210
3	31	170	217
4	32	176	224
5	33	181	231

Задание 5. Вариант 1. Дано изображение земного шара с указанием некоторых точек его поверхности.

а) Какая из точек расположена на территории России?

Ответ: 2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Какие точки принадлежат водной поверхности Земли и при этом отстоят от экватора не более чем на 40°?

Ответ: 4, 5, 6

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 6 баллов.

За каждую ошибку снимается 2 балла

в) В какой точке **НЕ** видны звёзды южной полусферы небосвода?

Ответ: 1

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какое минимальное количество суток должен дрейфовать воздушный шар из точки 1 в точку 5, если его скорость движения вдоль меридиана постоянна и равна 200 км/сут? Длина всего меридиана (половина длины всей дуги его окружности), соединяющего их, равна 20 тыс. км. Ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [49; 51]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а) Точка 2 — это единственная точка, расположенная на территории России и принадлежащая крупнейшему материку — Евразия.

б) Точки 4, 5, 6 принадлежат водной поверхности Земли и при этом отстоят от экватора не более чем на 40°.

в) Если звёзды южной полусферы небосвода не видны из данной точки поверхности Земли, то они всегда находятся под горизонтом и не пересекают его. Значит, все суточные параллели этих звёзд параллельны горизонту, небесный экватор совпадает с горизонтом, а ось мира — с отвесной линией. Тогда северный полюс мира должен совпасть с зенитом, а его высота равна 90°. Тогда широта местности должна быть 90°, такая ситуация возможна лишь на северном географическом полюсе.

г) Если длина всего меридиана равна 20 тыс. км, то расстояние между точками 1 и 5 составляет половину от этой дуги. Значит, искомое расстояние будет 10 тыс. километров. Используя формулу для пройденного пути, в результате получаем выражение для времени дрейфа воздушного шара из точки 1 в точку 5:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{10\,000\,\text{км}}{200\,\text{км/сут}} = 50\,\text{ч}.$$

В качестве ответа принимается значение из интервала: [49; 51].

Задание 5. Вариант 2. Дано изображение земного шара с указанием некоторых точек его поверхности.

а) Какая из точек расположена на территории крупнейшего материка?

Ответ: 2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Какие точки принадлежат водной поверхности Земли и при этом отстоят от экватора не более чем на 40°?

Ответ: 4, 5, 6

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 6 баллов

За каждую ошибку снимается 2 балла.

в) В какой точке видно минимальное количество звёзд северной полусферы небосвода?

Ответ: 8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какое минимальное количество суток должен дрейфовать воздушный шар из точки 1 в точку 5, если его скорость движения вдоль меридиана постоянна и равна 100 км/сут? Длина всего меридиана (половина длины всей дуги его окружности) соединяющего их, равна 20 тыс. км. Ответ округлите до целых.

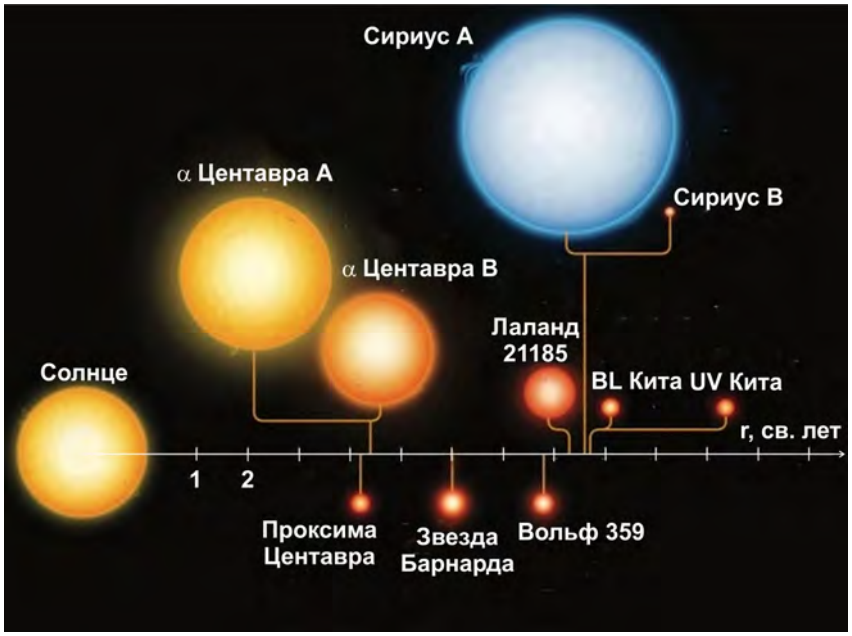
Ответ: засчитывается в диапазоне [99; 101]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 6. Вариант 1. Дана диаграмма распределения 10 ближайших звёзд в окрестности Солнца.



На шкале отмечены расстояния от указанных звёзд до Солнца. Звёзды, соединённые горизонтальными линиями, образуют физически двойную звезду, то есть связаны силами притяжения и движутся в пространстве вместе. Цвета звёзд и соотношения их размеров на диаграмме соответствуют их свойствам в действительности.

а) Какая звезда наиболее схожа по внешнему виду с Солнцем и имеет радиус несколько больший, чем у нашего светила?

Ответ:

- ✓ α Центавра A
- α Центавра B
- Проксима Центавра
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Какие звёзды, являясь красными карликами, образуют физически двойную звезду?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра B
- α Центавра A
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- Сириус B
- ✓ BL Кита
- ✓ UV Кита

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

г) Какая звезда является крупнейшим красным карликом?

Ответ:

- α Центавра A
- α Центавра B
- Проксима Центавра
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- ✓ Лаланд 21185
- Сириус A
- Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

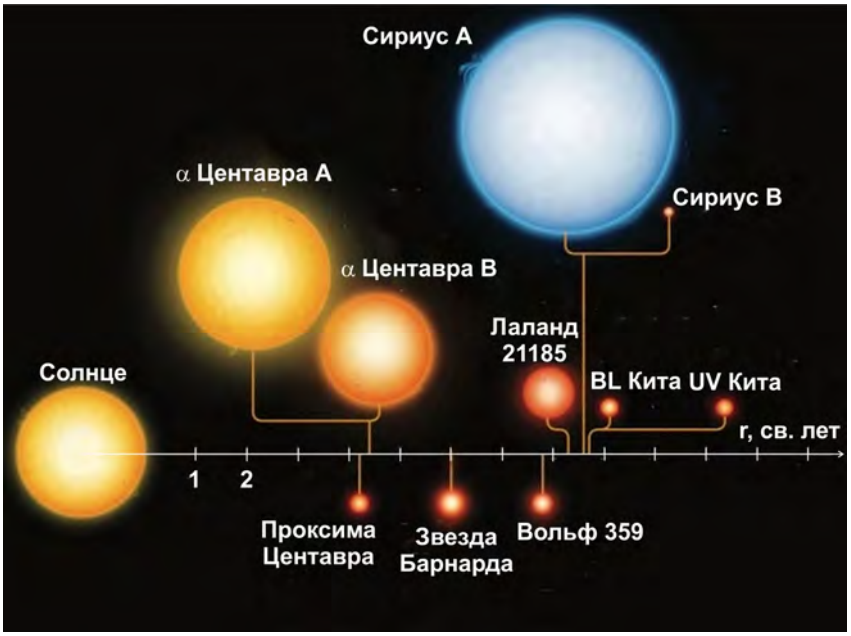
а) α Центавра A наиболее схожа по внешнему виду с Солнцем и имеет радиус несколько больший, чем у нашего светила.

б) Расстояние от Солнца до этой звезды, согласно рисунку, равно четырём световым годам.

в) На рисунке видны три пары звёзд, объединенных П-образными скобками. Лишь BL и UV Кита являются парой красных карликов.

г) Самым большим красным карликом является Лаланд 21185.

Задание 6. Вариант 2. Дана диаграмма распределения 10 ближайших звёзд в окрестности Солнца.



На шкале отмечены расстояния от указанных звёзд до Солнца. Звёзды, соединённые горизонтальными линиями, образуют физически двойную звезду, то есть связаны силами притяжения и движутся в пространстве вместе. Цвета звёзд и соотношения их размеров на диаграмме соответствуют их свойствам в действительности.

а) Какая звезда наиболее схожа по внешнему виду с Солнцем и имеет радиус несколько меньший, чем у нашего светила?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- ✓ α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Выберите компоненты одной физически двойной звезды, которые наиболее сильно отличаются по размеру:

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- ✓ Сириус A
- ✓ Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

г) Какая звезда является третьим по удалённости (в порядке возрастания) от Солнца красным карликом?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B

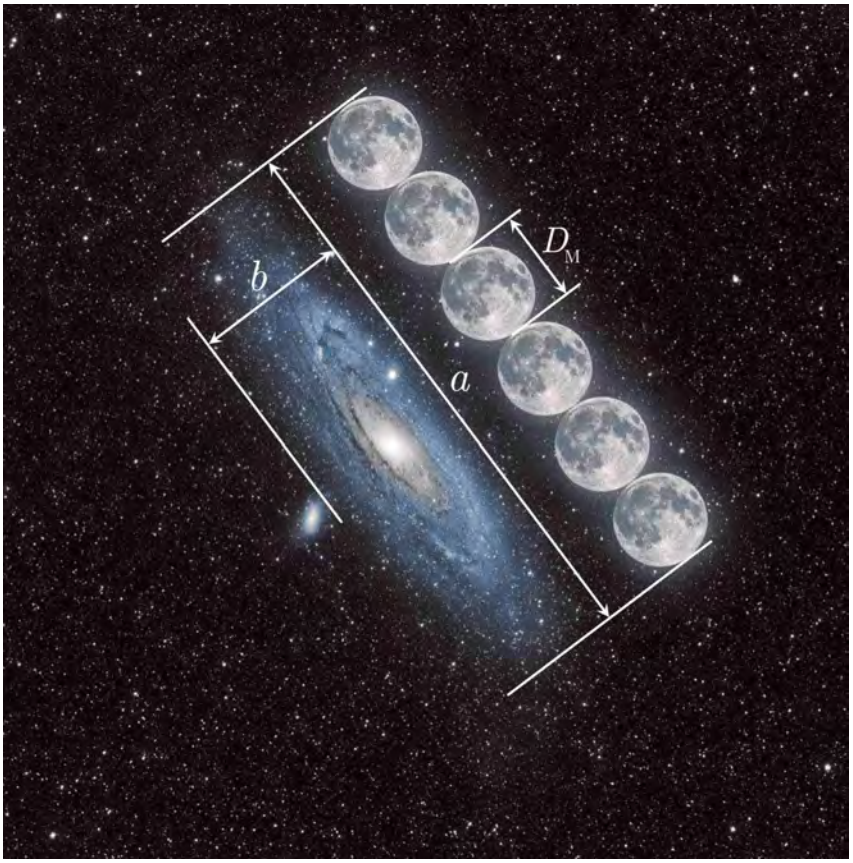
- Звезда Барнарда
- ✓ Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус *A*
- Сириус *B*
- *BL* Кита
- *UV* Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 7. Вариант 1. Дана фотография-коллаж, наглядно демонстрирующая видимые (угловые) размеры Луны и галактики M31 (Туманности Андромеды) в сравнении.



а) Определите наибольший и наименьший угловые размеры галактики M31, если угловой диаметр Луны в момент съёмки был равен 29 угловым минутам. Ответ выразите в угловых минутах, округлите до целых.

Ответ: $a = 174$; b засчитывается в диапазоне [43; 63]

Критерий оценивания: за верный размер a — 2 балла, за верный размер b — 4 балла. Всего 7 баллов

Максимальный балл за задание — 7

Решение.

а) Согласно рисунку, наибольший угловой диаметр галактики равен 6 диаметрам Луны, то есть $\text{a}' = 6 \cdot D_{\text{M}} = 174'$. Измерим с помощью линейки размеры a и b на фотографии: $a = 155$ мм, $b = 47$ мм. Составим пропорцию:

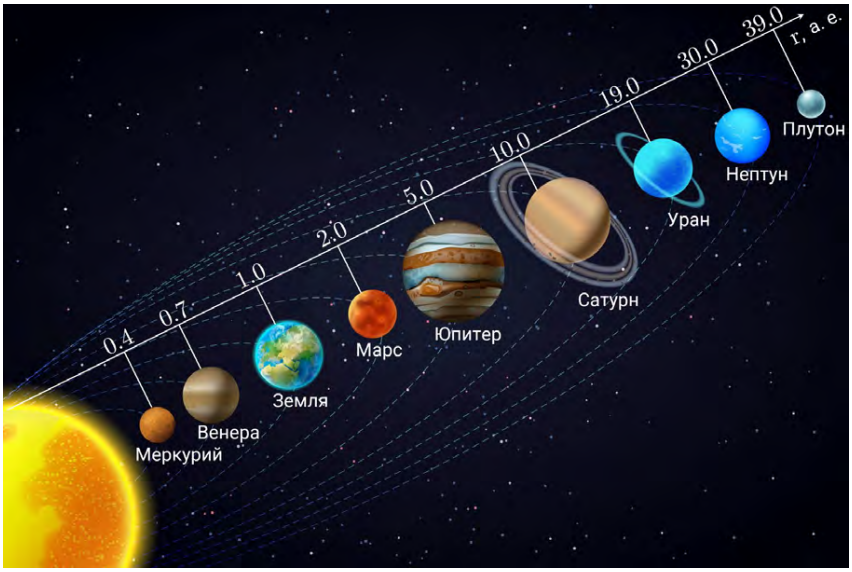
$$\left.\begin{matrix} \text{a} \to a' \\ b \to b' \end{matrix}\right\} \Rightarrow \quad b' = b \cdot \frac{a'}{\text{a}} = 53'$$

В качестве ответа принимается число из интервала [43; 63].

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 7.

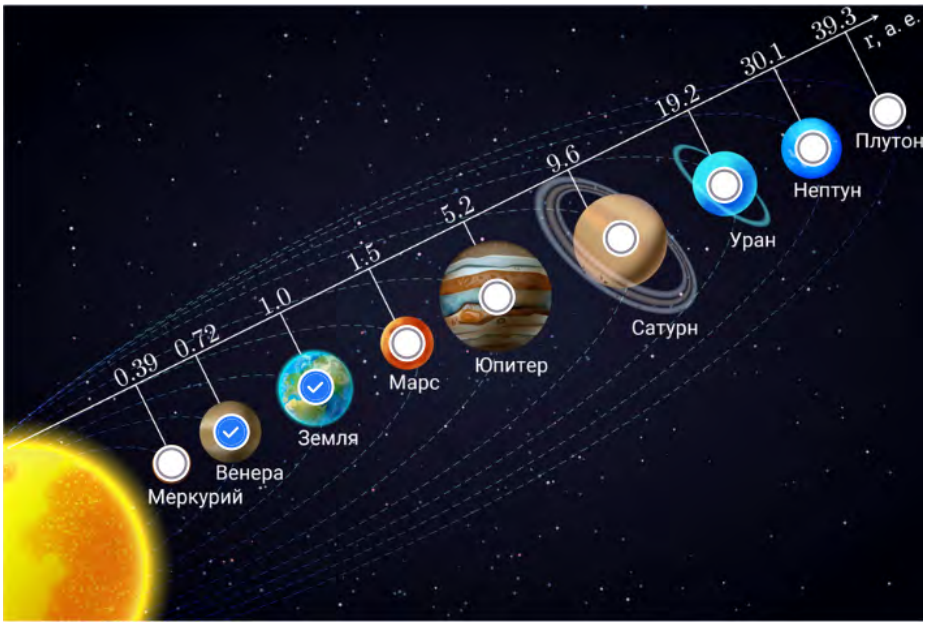
№ варианта	D_{M}, угл. мин.	a', угл. мин.	b'_{min}, угл. мин.	b'_{max}, угл. мин.
1	29	174	43	63
2	30	180	45	65
3	31	186	47	67
4	32	192	49	69
5	33	198	50	70

Задание 8. Вариант 1. На рисунке представлена редкая конфигурация Солнца, классических и карликовой планет Солнечной системы («величайшая сизигия») — все небесные тела расположены вдоль одной прямой. Также указана ось гелиоцентрических расстояний в астрономических единицах (а. е.), направленная от Солнца. Гелиоцентрическое расстояние — это расстояние, откладываемое от центра Солнца до выбранной точки наблюдения.



а) Между какими соседними объектами в этой конфигурации межпланетное расстояние достигает минимального значения?

Ответ:



Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

б) Чему равно это расстояние? Ответ выразите в а. е., округлите до сотых.

Ответ: 0.28

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Определите промежуток времени, в течение которого это расстояние проходит свет. Ответ выразите в секундах, округлите до целых. 1 а. е. $= 1.496 \cdot 10^8$ км/с, $c = 3 \cdot 10^5$ км/с — скорость света в вакууме.

Ответ: засчитывается в диапазоне [135; 145]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

а) Межпланетное расстояние достигает минимального значения между Венерой и Землёй.

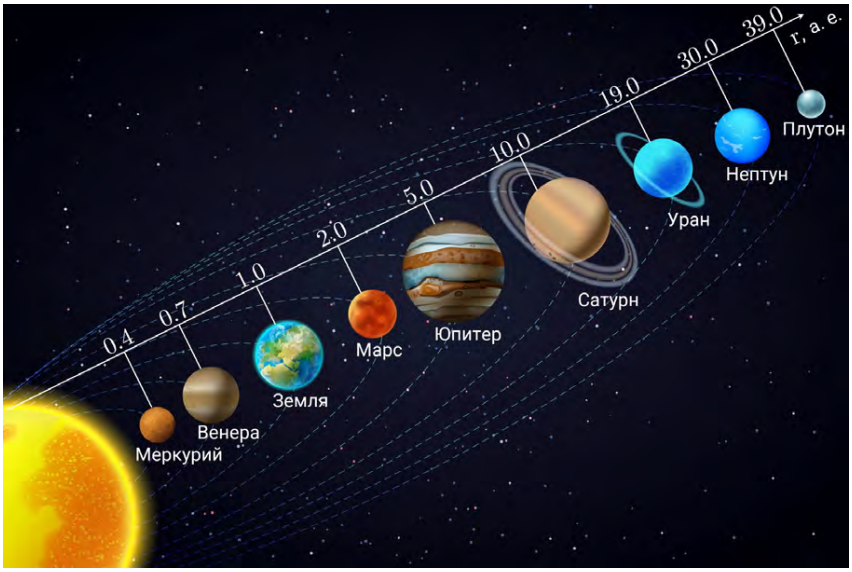
б) Расстояние между телами равно 0.28 а.е.

в) Время распространения света определяется формулой:

$$t = \frac{s}{c} = \frac{0.28 \cdot 1.496 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^5} = 140 \text{ секунд},$$

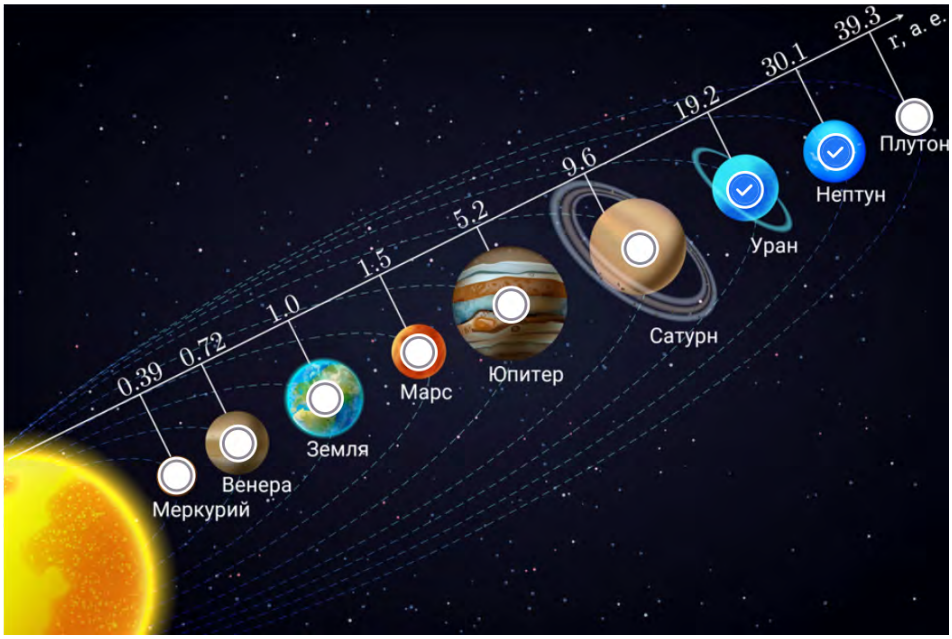
здесь s — путь, пройденный светом, c — скорость его распространения. В качестве ответа на данный вопрос задачи принимается ответ из интевала: [135; 145] секунд.

Задание 8. Вариант 2. На рисунке представлена редкая конфигурация Солнца и 9 планет Солнечной системы («величайшая сизигия») — все небесные тела расположены вдоль одной прямой. Также указана ось гелиоцентрических расстояний, направленная от Солнца. Гелиоцентрическое расстояние — это расстояние, откладываемое от центра Солнца до выбранной точки наблюдения.



а) Между какими соседними планетами в этой конфигурации межпланетное расстояние достигает максимального значения?

Ответ:



Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 2 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

б) Чему равно это расстояние? Ответ представьте в а. е., округлив до десятых долей.

Ответ: 10.9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Определите промежуток времени, в течение которого это расстояние проходит свет. Ответ выразите в секундах, округлите до целых. 1 а. е. $= 1.496 \cdot 10^8$ км/с, $c = 3 \cdot 10^5$ км/с — скорость света в вакууме.

Ответ: засчитывается в диапазоне [5400; 5470]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 5

Решение по аналогии с вариантом 1

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

Задание 1. Вариант 1. Выберите лишнее в каждом перечне.

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

Ответ:

1	Скорпион
2	Церера
3	Плеяды
	Большая Медведица Малая Медведица Дракон Цефей Кассиопея
	Меркурий Венера Марс Юпитер Сатурн
	Млечный Путь Большое Магелланово облако Малое Магелланово облако Туманность Андромеды Туманность Треугольника

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 6 баллов

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

1. В перечне представлены пять созвездий, относящихся к группе северных околополярных созвездий, а именно Большая Медведица, Малая Медведица, Дракон, Цефей и Кассиопея. И только созвездие Скорпиона относится к сезонным созвездиям, расположенным в окрестности небесного экватора.

2. В перечне представлено пять больших планет: Меркурий, Венера, Марс, Юпитер, Сатурн. И только Церера является карликовой планетой.

3. В перечне представлены пять галактик: Млечный Путь, Большое Магелланово облако, Малое Магелланово облако, Туманность Андромеды, Туманность Треугольника. И лишь Плеяды являются рассеянным звёздным скоплением.

Задание 1. Вариант 2. Выберите лишнее в каждом перечне:

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

Ответ:

1	Стрелец
2	Эрида
3	Гиады
	Большая Медведица Малая Медведица Дракон Цефей Кассиопея
	Меркурий Венера Марс Юпитер Сатурн
	Млечный Путь Большое Магелланово облако Малое Магелланово облако Туманность Андромеды Туманность Треугольника

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 6 баллов
Максимальный балл за задание — 6
Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 2. Вариант 1. *Парад (или выравнивание) планет* — астрономическое явление, при котором несколько планет Солнечной системы располагаются вдоль одной линии, находясь на небесной сфере 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

Дан результат компьютерной симуляции парада планет, произошедшего 28 февраля 2025 года, с позиции наблюдателя, находящегося в Северном географическом полушарии. В данном параде участвуют все планеты, представленные на рисунке. Видимая яркость некоторых планет усилена.

а) Какой вид парада наблюдался в эти сутки?
Ответ:
- Мини-парад
- Малый парад
- Большой парад
- ✓ Великий парад

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла
б) В какое время суток можно было наблюдать данную конфигурацию планет?
Ответ:
- Утро
- День
- ✓ Вечер
- Ночь

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла
в) Вдоль дуги какого большого круга приблизительно выстроились указанные планеты?
Ответ:
- Математический горизонт
- Небесный экватор
- Небесный меридиан
- ✓ Эклиптика
- Первый вертикал
- Колюр равноденствий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Какая планета в указанные сутки первой зашла за горизонт?

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение.

а) Путём прямого подсчёта легко убедиться в том, что в данном великом параде участвовало семь планет.

б) Поскольку наблюдатель находится в Северном географическом полушарии, запад — справа, восток — слева. На рисунке отчётливо видна заря от Солнца в западной стороне небосвода, значит, показан момент вскоре после захода Солнца.

в) Все планеты выстроились вдоль дуги эклиптики, поскольку орбиты всех больших классических планет лежат приблизительно в одной плоскости — плоскости эклиптики.

г) Первой зайдёт за горизонт планета, которая ближе других располагается к горизонту в западной стороне небосвода — Сатурн.

Задание 2. Вариант 2. *Парад (или выравнивание) планет* — астрономическое явление, при котором несколько планет Солнечной системы располагаются вдоль одной линии, находясь на небесной сфере 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

Дан результат компьютерной симуляции парада планет, произошедшего 28 февраля 2025 года, с позиции наблюдателя, находящегося в Южном географическом полушарии. В данном параде участвуют все планеты, представленные на рисунке. Видимая яркость некоторых планет усилена.

а) Какой вид парада наблюдался в эти сутки?

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

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

Ответ:

- Утро
- День
- ✓ Вечер
- Ночь

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

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

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Какая планета в указанные сутки первой зашла за горизонт? Известно, что в дату наблюдения все планеты зашли за горизонт до начала новых суток.

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 11

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 1.

а) Даны фотографии трёх различных типов солнечных затмений во время их максимальной фазы. Установите соответствие между названиями и изображениями типов солнечных затмений.

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

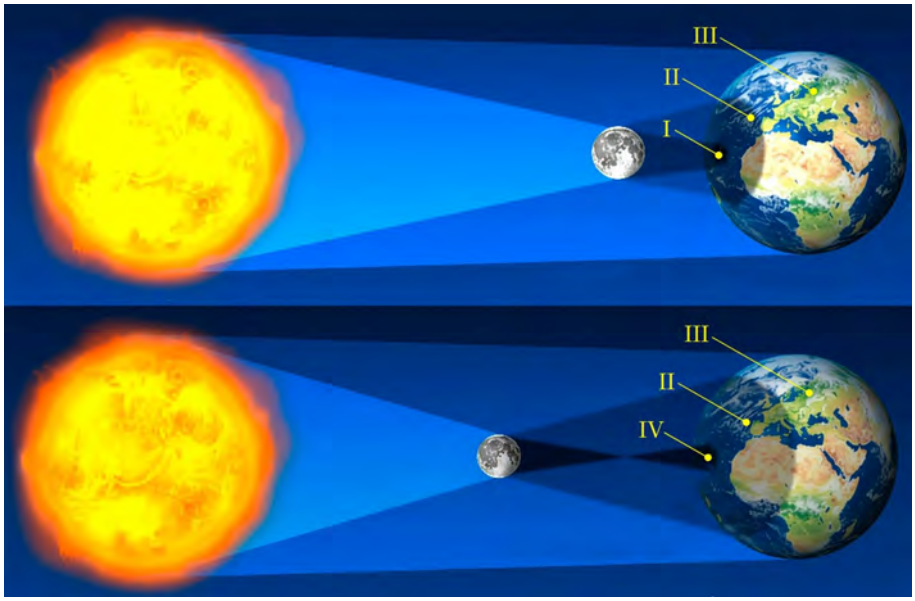
Ответ:

	Частное
	Кольцеобразное

	Полное

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

б) Установите соответствие между изображениями затмений и областями поверхности Земли, в которых затмения этих типов наблюдаются.



Ответ:

	II
	IV

	I

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

в) Какой тип затмения наблюдается наиболее часто в фиксированной точке поверхности Земли?

Ответ:

- Полное
- ✓ Частное
- Кольцеобразное

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а) На первом рисунке представлено частное солнечное затмение, поскольку тёмный диск Луны лишь частично закрывает яркий диск Солнца, при этом другая его часть располагается вне границ видимого диска Солнца. На втором — кольцеобразное солнечное затмение, поскольку лунный диск полностью спроецировался на диск Солнца, при этом Луна полностью не покрыла диск Солнца. На третьем рисунке — полное солнечное затмение.

б) В области I диск Солнца полностью скрыт телом Луны, здесь можно наблюдать полное солнечное затмение. В области II диск Солнца лишь частично закрывается телом Луны и можно наблюдать лишь частное солнечное затмение. В области III солнечный свет совсем не перекрывается телом Луны — здесь не может наблюдаться солнечное затмение в принципе. В области IV спутник частично закрывает диск Солнца, при этом полностью проецируясь на него. Значит, здесь можно наблюдать лишь кольцеобразное солнечное затмение.

в) Для фиксированной точки поверхности Земли наиболее вероятным событием является частное солнечное затмение.

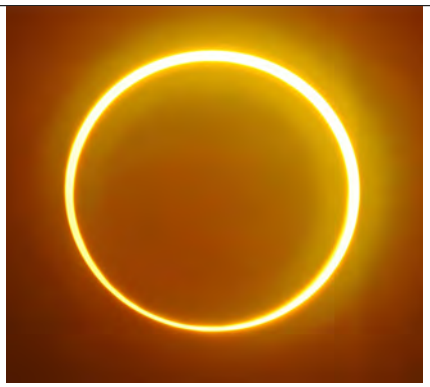
Задание 3. Вариант 2.

а) Даны фотографии трёх различных типов солнечных затмений во время их максимальной фазы. Установите соответствие между названиями и изображениями типов солнечных затмений.

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

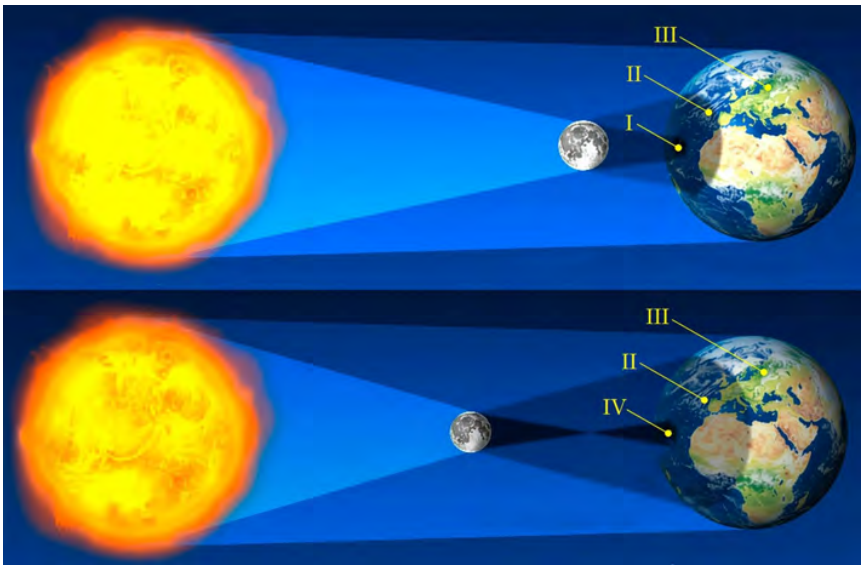
Ответ:

	Частное

	Кольцеобразное
	Полное

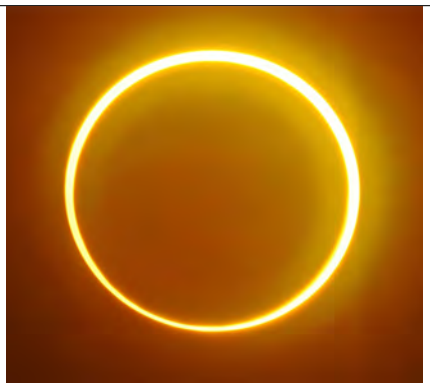
Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 6 баллов

б) Установите соответствие между изображениями затмений и областями поверхности Земли, в которых затмения этих типов наблюдаются.



Ответ:

	II

	IV
	I

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

в) Во время максимальной фазы затмения какого типа наиболее комфортно наблюдать верхние слои атмосферы затмеваемого тела?

Ответ:

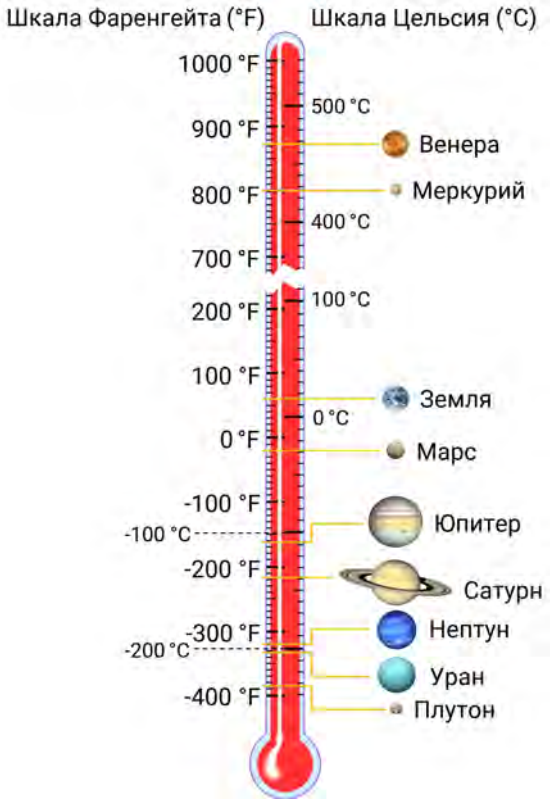
- Частного
- ✓ Полного
- Кольцеобразного

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 14

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Дано символическое изображение термометра с указанием средних значений температур (по Цельсию и Фаренгейту) поверхностей классических и карликовой планет Солнечной системы.



а) Какая планета обладает самой горячей поверхностью?

Ответ:

- Меркурий
- ✓ Венера
- Земля
- Марс
- Юпитер
- Уран
- Нептун

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равна температура поверхности этой планеты по шкалам Цельсия и Фаренгейта?

Ответ: засчитывается в диапазоне [460; 470] (по Цельсию); засчитывается в диапазоне [870; 880] (по Фаренгейту)

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

в) Определите количество теплоты, которое выделится из образца грунта массы $m = 1$ кг при доставке с поверхности этой планеты на Землю, если его теплоёмкость равна 760 Дж/(кг·°C). Количество теплоты, выделяемое при охлаждении тела, определяется формулой: $Q = c_m \cdot m(t_н - t_к)$, где $t_н$, tк — начальная и конечная температуры тела соответственно. Ответ выразите в килоджоулях, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [338; 346]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 13

Решение.

а) Согласно рисунку, планетой, обладающей самой горячей поверхностью, является Венера.

б) Из рисунка видно, что температура поверхности этой планеты по шкале Цельсия равна приблизительно 468 градусов, а по шкале Фаренгейта — 872 градуса.

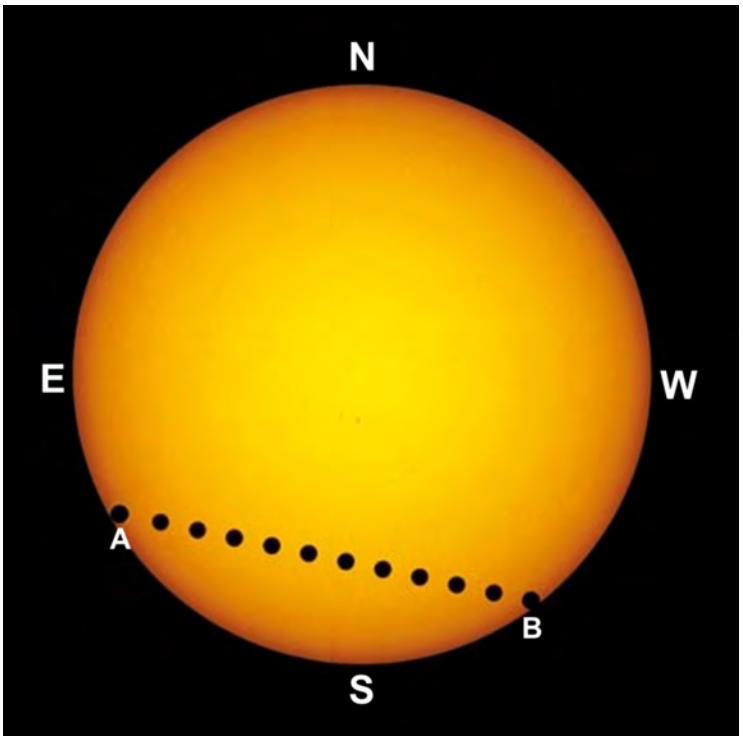
в) Температура поверхности Венеры составляет приблизительно $t_н = 468\,°\text{C}$, а температура поверхности Земли $t_к = 15\,°\text{C}$. Учитывая, что теплоёмкость вещества равна $760\,\dfrac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\,°\text{C}}$,

$$Q = c_m \cdot m(t_н - t_к) = 344\,280\,\text{Дж или } 344\,\text{кДж}.$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 4.
Пункт в)

№ варианта	c_m, Дж/(кг·°C)	$Q_{\min}$, кДж	$Q_{\max}$, кДж
1	760	338	346
2	780	347	355
3	800	356	364
4	820	365	373
5	840	374	382
6	860	383	391
7	880	392	400
8	900	400	410
9	920	409	419
10	940	418	428
11	960	427	437
12	980	436	446
13	1000	445	455

Задание 5. Вариант 1. На этом коллаже, полученном прямым наложением фотографий, показан транзит Венеры по диску Солнца, произошедший 8 июня 2004 года.



Все снимки сделаны в Северном географическом полушарии и являются прямыми изображениями. Буквами E и W обозначены направления на стороны света (восток и запад соответственно) с позиции автора фотографий, а буквами N и S — направления на северный и южный полюсы мира соответственно.

а) В каком направлении перемещался диск Венеры относительно диска Солнца?

Ответ:

- ✓ $A \to B$
- $B \to A$
- Невозможно однозначно ответить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Сколько кадров вошло в коллаж, если на каждом кадре присутствовал один образ Венеры?

Ответ: 12

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Через какой промежуток времени выполнялась съёмка астрономического явления, если моменты получения изображений Венеры, обозначенных буквами A и B, соответствуют значениям t_1 = 05 ч 33 м, t_2 = 11 ч 14 м? Ответ выразите в минутах, округлите до целых. Примечание: t_1 и t_2 могут соответствовать как моменту A, так и B.

Ответ: 31

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 балла

Максимальный балл за задание — 10

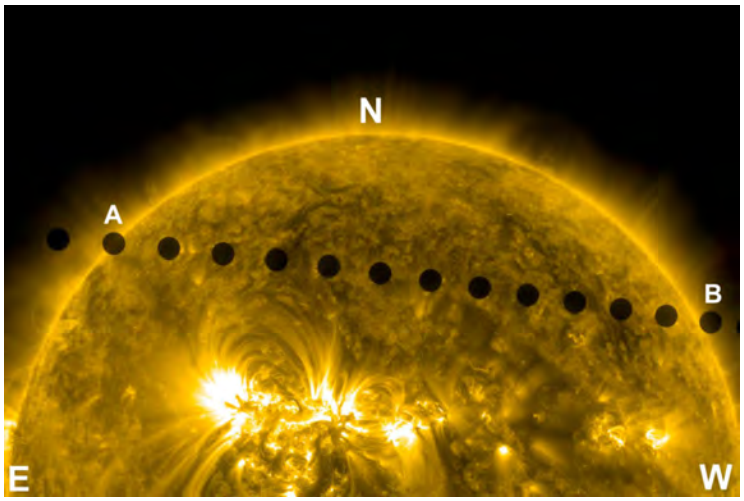
Решение.

а) Все планеты движутся вокруг Солнца в одном направлении (против часовой стрелки, если смотреть на Солнечную систему со стороны Северного полюса мира), и при этом, чем ближе планета к Солнцу, тем выше её скорость орбитального движения. Следовательно, с движущейся Земли Венера должна перемещаться по диску Солнца с востока на запад, то есть от $A \to B$.

б) В коллаж вошло 12 кадров.

в) Продолжительность съёмки $t_2 - t_1$ = 5 часов 41 мин = 341 мин. Изображений Венеры 12, промежутков 11. Следовательно, промежуток времени, через который выполнялась съёмка астрономического явления, равен 341 мин/11 = 31 минуте.

Задание 5. Вариант 2. На этом коллаже, полученном прямым наложением фотографий, показан транзит Венеры по диску Солнца, произошедший 6 июня 2012 года.



Все снимки сделаны в Северном географическом полушарии и являются прямыми изображениями. Буквами E и W обозначены направления на стороны света (восток и запад соответственно) с позиции автора фотографий, а буквой N обозначено направление на Северный полюс мира.

а) В каком направлении перемещался диск Венеры относительно диска Солнца?

Ответ:

- ✓ $A \to B$
- $B \to A$
- Невозможно однозначно ответить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Сколько кадров вошло в коллаж, если на каждом кадре присутствовал один образ Венеры?

Ответ: 14

в) Через какой промежуток времени выполнялась съёмка астрономического явления, если моменты получения изображений Венеры, обозначенных буквами A и B, соответствуют значениям t_1 = 22 ч 18 м, t_2 = 04 ч 18 м? Ответ выразите в минутах, округлите до целых. Примечание: t_1 и t_2 могут соответствовать как моменту A, так и B.

Ответ: 30

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 6. Вариант 1. Дана карта Российской Федерации с разбиением территории на основные часовые зоны.

Числами указаны значения разности времён ΔT в данной часовой зоне и в Москве.

а) Сколько часовых зон на территории России?

Ответ: 11

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равна разность ΔT для зоны с максимальной площадью? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Чему равна разность показаний часов для жителей зон с $\Delta T_1 = +6$ и $\Delta T_2 = -1$? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: 7

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

г) Какое время показывают часы жителя Магадана в тот момент, когда в Самаре часы показывают полдень? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 19:00

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 13

Решение.

а) В России имеется 11 часовых зон.

б) Зоне с максимальной площадью отвечает $\Delta T = 4$.

в) Самара принадлежит часовой зоне с $\Delta T = +1$, а Магадан — часовой зоне с $\Delta T = +8$. Следовательно, разность показаний часов в Магадане и Самаре равна +7 часов. Если в Самаре полдень, то в Магадане часы должны показывать 19 : 00 часов.

Задание 6. Вариант 2. Дана карта Российской Федерации с разбиением территории на основные часовые зоны.

Числами указаны значения разности времён ΔT в данной часовой зоне и в Москве.

а) Сколько часовых зон на территории России?

Ответ: 11

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равна разность ΔT для зоны с минимальной площадью? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: -1

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Чему равна разность показаний часов для жителей зон с $\Delta T_1 = +9$ и $\Delta T_2 = -1$? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: 10

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

г) Какое время показывают часы жителя Архангельска в тот момент, когда в Якутске часы показывают полночь? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

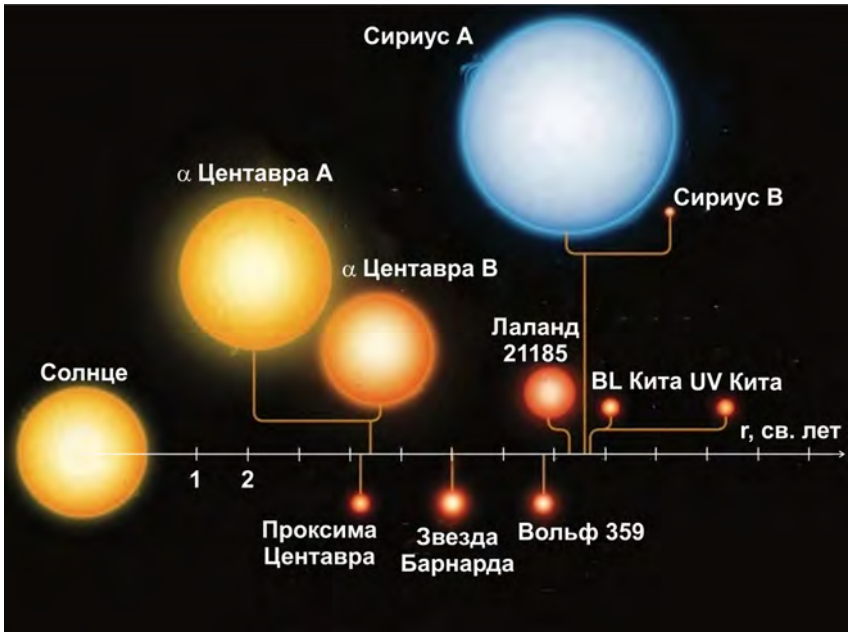
Ответ: 18:00

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 13

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 7. Вариант 1. Дана диаграмма распределения 10 ближайших звёзд в окрестности Солнца.



На шкале отмечены расстояния от указанных звёзд до Солнца. Звёзды, соединённые П-образными линиями, образуют физически двойную звезду, то есть связаны силами притяжения и движутся в пространстве вместе.

В таблице представлены их основные характеристики.

Звезда	$M_*/M_\odot$	$R_*/R_\odot$	$L_*/L_\odot$	T, K	m_*, ^{m}	СпКл	КлСв
Проксима Центавра	0.123	0.145	$6 \cdot 10^{-5}$	3042	11.5	$M5.5$	V
α Центавра A	1.10	1.227	1.519	5750	−0.01	$G2$	V
α Центавра B	0.90	0.865	0.500	5250	+1.34	$K1$	V
Звезда Барнарда	0.17	0.15	$4 \cdot 10^{-4}$	3134	9.57	$M4$	V
Вольф 359	0.10	0.16	$2 \cdot 10^{-5}$	2800	13.53	$M6$	V
Лаланд 21185	0.39	0.39	0.021	3547	7.52	$M2$	V
Сириус A	2.063	1.713	24.7	9845	−1.46	$A0$	V
Сириус B	1.018	0.0081	0.024	25000	+8.44	$D.A$	VII
BL Кита	0.122	0.165	$1.47 \cdot 10^{-3}$	2784	12.8	$M5.5$	V
UV Кита	0.116	0.159	$1.25 \cdot 10^{-3}$	2728	12.8	$M6$	V

Примечание: здесь M_*, R_*, L_* — значения массы, радиуса, светимости звезды соответственно, T_* — эффективная температура её поверхности, m_* — её видимая звездная величина; $M_\odot$, $R_\odot$, $L_\odot$ — значения массы, радиуса, светимости Солнца соответственно; СпКл — спектральный класс звезды, КлСв — класс её светимости; K (кельвин) — единица измерения эффективной температуры.

а) Масса какой звезды наиболее близка по значению к массе Солнца?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A

✓ Сириус B

- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Поверхность какой звезды является наиболее холодной?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- Сириус B
- BL Кита

✓ UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

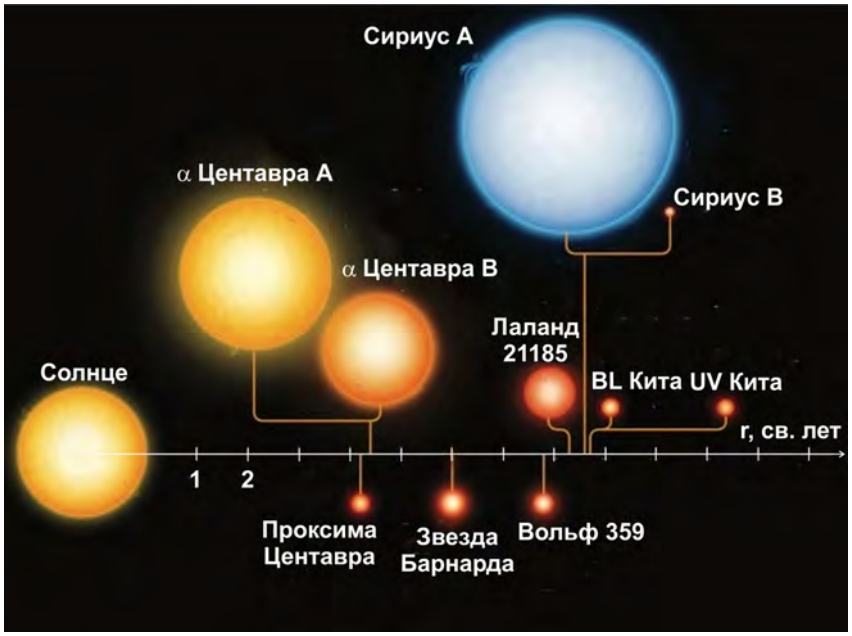
а) Среди перечисленных звёзд массой, наиболее близкой к массе Солнца, обладает Сириус B.

б) Согласно рисунку, расстояние от данной звезды до Солнца составляет 9 световых лет.

в) Среди перечисленных звёзд минимальную температуру поверхности имеет UV Кита

г) Согласно рисунку, расстояние от данной звезды до Солнца составляет 9 световых лет.

Задание 7. Вариант 2. Дана диаграмма распределения 10 ближайших звёзд в окрестности Солнца.



На шкале отмечены расстояния от указанных звёзд до Солнца. Звёзды, соединённые П-образными линиями, образуют физически двойную звезду, то есть связаны силами притяжения и движутся в пространстве вместе.

В таблице представлены их основные характеристики.

Звезда	$M_*/M_\odot$	$R_*/R_\odot$	$L_*/L_\odot$	T, К	m_*, ^{m}	СпКл	КлСв
Проксима Центавра	0.123	0.145	$6 \cdot 10^{-5}$	3042	11.5	$M5.5$	V
α Центавра A	1.10	1.227	1.519	5750	−0.01	$G2$	V
α Центавра B	0.90	0.865	0.500	5250	+1.34	$K1$	V
Звезда Барнарда	0.17	0.15	$4 \cdot 10^{-4}$	3134	9.57	$M4$	V
Вольф 359	0.10	0.16	$2 \cdot 10^{-5}$	2800	13.53	$M6$	V
Лаланд 21185	0.39	0.39	0.021	3547	7.52	$M2$	V
Сириус A	2.063	1.713	24.7	9845	−1.46	$A0$	V
Сириус B	1.018	0.0081	0.024	25000	+8.44	$D.A$	VII
BL Кита	0.122	0.165	$1.47 \cdot 10^{-3}$	2784	12.8	$M5.5$	V
UV Кита	0.116	0.159	$1.25 \cdot 10^{-3}$	2728	12.8	$M6$	V

Примечание: здесь M_*, R_*, L_* — значения массы, радиуса, светимости звезды соответственно, T_* — эффективная температура её поверхности, m_* — её видимая звездная величина; $M_\odot$, $R_\odot$, $L_\odot$ — значения массы, радиуса, светимости Солнца соответственно; СпКл — спектральный класс звезды, КлСв — класс её светимости; К (кельвин) — единица измерения эффективной температуры.

а) Масса какой звезды является наибольшей?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- ✓ Сириус A
- Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Радиус какой звезды наиболее близок по значению к радиусу Солнца?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- ✓ α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

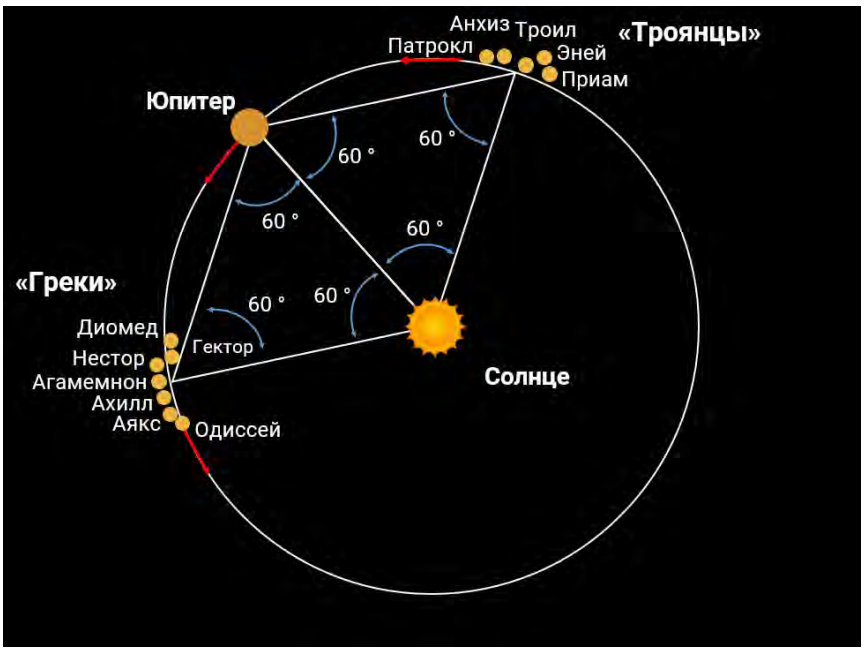
Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 8. Вариант 1. Дана схема взаимного расположения Солнца, Юпитера и двух групп троянских астероидов последнего: «греков» и «троянцев».



а) На каком расстоянии от Солнца располагаются «троянцы», если радиус орбиты Юпитера равен 5.2 а. е.? Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до десятых.

Ответ: 5.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Чему равна разность времён распространения двух световых лучей по путям: 1) Солнце → Юпитер, 2) Солнце → Троил → Юпитер? Ответ выразите в минутах, округлите до целых. Считайте, что размеры групп астероидов значительно меньше радиуса орбиты Юпитера; 1 а. е. = 149.6 млн км.

Ответ: 43

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

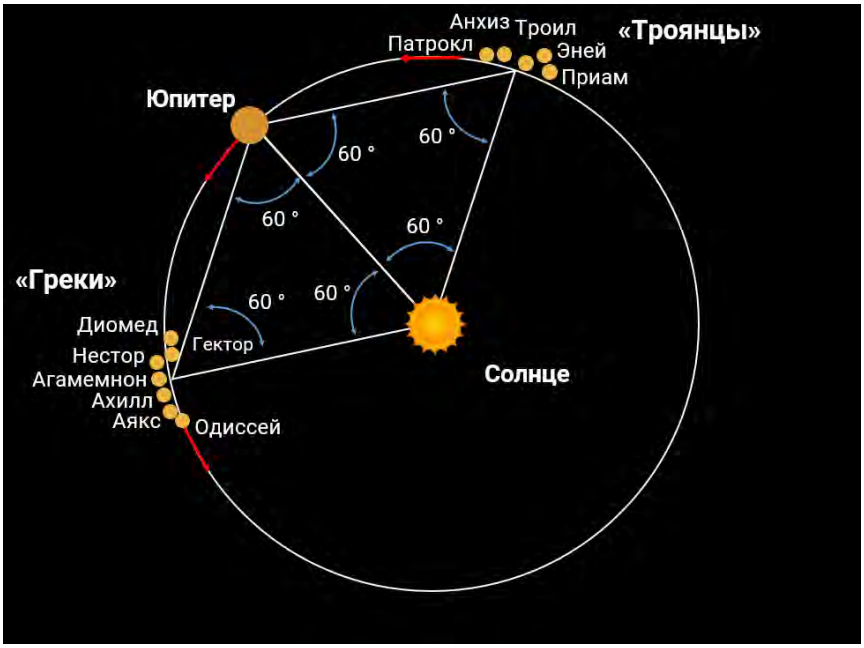
а) «Троянцы» вместе с Юпитером и Солнцем образуют равносторонний треугольник. Следовательно, искомое расстояние от Солнца до «троянцев» равно радиусу орбиты Юпитера, то есть 5.2 а. е.

б) Разность времен распространения двух световых лучей по указанным путям пропорциональна разности путей $(s_2 - s_1)$. Последняя величина, очевидно, равна радиусу $r_{\text{ю}}$ орбиты Юпитера. Значит, искомая разность времен определится формулой:

$$\Delta t = \frac{s_2 - s_1}{c} = \frac{r_{\text{ю}}}{c} = 43\,\text{минуты},$$

здесь c — скорость света в вакууме.

Задание 8. Вариант 2. Дана схема взаимного расположения Солнца, Юпитера и двух групп троянских астероидов последнего: «греков» и «троянцев».



а) На каком расстоянии от Солнца располагаются «греки», если радиус орбиты Юпитера равен 5.2 а. е.? Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до десятых.

Ответ: 5.2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Чему равна разность времён распространения двух световых лучей по путям: 1) Солнце → Юпитер, 2) Солнце → Гектор → Юпитер? Ответ выразите в минутах, округлите до целых. Считайте, что размеры групп астероидов значительно меньше радиуса орбиты Юпитера; 1 а. е. = 149.6 млн км.

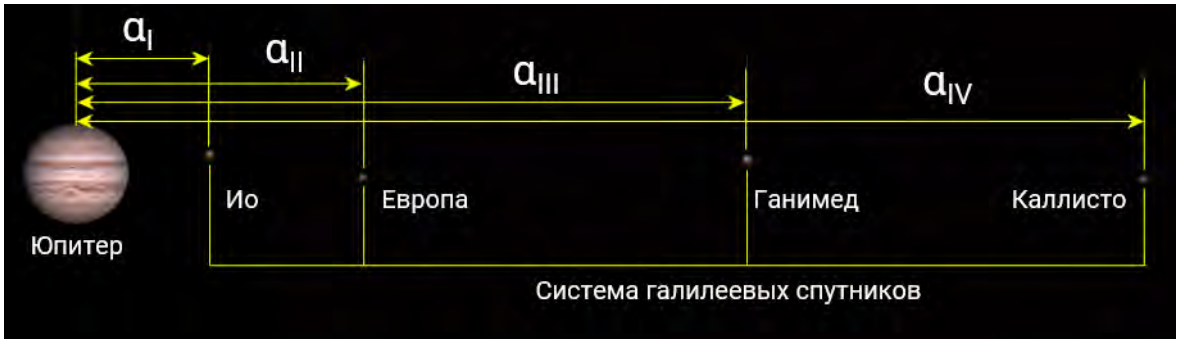
Ответ: 43

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 9. 26 сентября 2022 года Юпитер оказался в великом (ближайшем к Солнцу и Земле) противостоянии и подошёл к Земле на рекордно малое расстояние за последние 59 лет — 591.3 млн км.



Определите максимальное значение угла α_I, на который мог отклониться от центра диска Юпитера его галилеев спутник Ио. Радиус круговой орбиты спутника равен 421.7 тыс. км. Ответ выразите в угловых минутах, округлите до десятых.

Ответ: 2.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 6 баллов

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

а) Заметим, что максимальный угол отклонения (уголь наибольшей элонгации) будет достигаться в случае, когда земной наблюдатель вместе с Юпитером и спутником будут образовывать прямоугольный треугольник. Поскольку радиус орбиты любого из спутников много меньше расстояния $r_{\text{ю}}$ от наблюдателя до Юпитера, то угол наибольший элонгации спутника Ио можно представить так:

$$\alpha_I = \frac{r_I}{r_{\text{ю}}} \cdot 3438' = 2.5'.$$

Здесь коэффициент $3438'$ определяет количество угловых минут в одном радиане. В качестве ответа на вопрос принимается значение из интервала: $[2.4'; 2.6']$.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 9.

№ варианта	Спутник	r, тыс. км	α(min), угл. мин.	α(max), угл. мин.
1	Ио	421.7	2.4	2.6
2	Европа	670.9	3.8	4.0
3	Ганимед	1070.4	6.1	6.3
4	Каллисто	1882,7	10.8	11.0

Задание 10. Вариант 1.

а) Чему равна разница в количестве високосных лет между Юлианским и Григорианским календарями в XXI веке?

Ответ: 1

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) В 2025 году 12 июня — день России — пришёлся на четверг. В каком ближайшем будущем году этот праздник вновь придётся на четверг?

Ответ: 2031

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

а) В Юлианском календаре каждый четвёртый год является високосным. В григорианском календаре существуют года-исключения: если порядковый номер года нацело делится на 400, то данный год является високосным, если же номер года нацело делится на 100, но не делится на 400, то такой год является невисокосным. В XXI веке в юлианском календаре должно быть 25 високосных лет, а вот в григорианском — 24, поскольку здесь есть год-исключение — 2100, он нацело делится на 100, но не делится на 400.

б) Повторяемость даты в определенный день недели определяется продолжительностью (7 суток) последней. Продолжительность невисокосного года равна 365 суткам, что составляет 52 недели и 1 сутки. Продолжительность високосного года равна 366 суткам, что составляет 52 недели и 2 суток. Значит в каждый последующий невисокосный год данная дата достигается в следующий день недели относительно предыдущего, а в случае високосного — через день относительно предыдущего. Чтобы 12 июня вновь пришлось на четверг, необходимо сместиться по дням недели на 7 суток. Значит, 2026 и 2027 годы дадут сдвиг на 2 суток, 2028 будет високосным и потому даст сдвиг еще на 2 суток,

2029, 2030, 2031 годы датут сдвиг еще 3 суток. Итого получаем сдвиг на 7 суток в 2031 году. Значит, в 2031 году этот праздник вновь придётся на четверг.

Задание 10. Вариант 2.

а) Чему равна разница в количестве високосных лет между Юлианским и Григорианским календарями в XX веке?

Ответ: 0

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) В 2025 году 12 июня — день России — пришёлся на четверг. В каком ближайшем прошлом году этот праздник также пришёлся на четверг?

Ответ: 2014

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 9

Решение по аналогии с вариантом 1

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

Задание 1. Вариант 1. Выберите лишнее в каждом перечне:

Ответ:

1.

- ✓ Орион
- Телец
- Козерог
- Стрелец
- Дева
- Близнецы

2.

- Венера
- Марс
- ✓ Плутон
- Сатурн
- Уран
- Нептун

3.

- Плеяды
- Гиады
- Ясли
- Скопление Птолемея
- ✓ Туманность Треугольника
- Скопление Альфа Персея

Критерий оценивания: за каждый верный элемент последовательности — 2 балла. Всего — 6 баллов

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

1. В перечне представлены пять созвездий, относящихся к группе зодиакальных, а именно: Телец, Козерог, Стрелец, Дева, Близнецы. И только созвездие Ориона не относится к данной группе.

2. В перечне представлены пять больших планет: Венера, Марс, Сатурн, Уран, Нептун. И лишь только Плутон является карликовой планетой.

3. В перечне представлены пять рассеянных звёздных скоплений: Плеяды, Гиады, Ясли, Бабочка, Скопление Альфа Персея. И лишь Туманность Треугольника является рассеянным звёздным скоплением.

Задание 1. Вариант 2. Выберите лишнее в каждом перечне:

Ответ:

1.

- ✓ Большой Пёс
- Весы
- Скорпион
- Стрелец
- Рыбы
- Рак

2.

- Земля
- Марс
- ✓ Хаумеа
- Юпитер
- Уран
- Нептун

3.

- Плеяды
- Гиады
- Ясли
- Труляля
- ✓ Туманность Андромеды
- Скопление Альфа Персея

Критерий оценивания: за каждый верный элемент последовательности — 2 балла. Всего — 6 баллов

Максимальный балл за задание — 6

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 2. Вариант 1. *Парад (или выравнивание) планет* — астрономическое явление, при котором несколько планет Солнечной системы располагаются вдоль одной линии, находясь на небесной сфере 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	$5 \div 6$	$7 \div 8$

Дан результат компьютерной симуляции парада планет, произошедшего 6 августа 2025 года, с позиции наблюдателя, находящегося в Северном географическом полушарии. В данном параде участвуют все планеты, представленные на рисунке. Видимая яркость некоторых планет усилена.

а) Какой вид парада наблюдался в эти сутки?

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

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

Ответ:

- ✓ Утро
- Вечер
- День
- Ночь

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

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

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какая планета в указанные сутки последней прошла через небесный меридиан?

Ответ:

- ✓ Меркурий
- Венера
- Юпитер
- Сатурн
- Уран

- Нептун

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Путём прямого подсчёта легко убедиться в том, что в данном большом параде участвовало шесть планет.

б) Поскольку наблюдатель находится в северном географическом полушарии, запад — справа, восток — слева. На рисунке отчётливо видна заря от Солнца в восточной стороне небосвода, значит, показан момент незадолго до восхода Солнца.

в) Все планеты выстроились вдоль дуги эклиптики, поскольку орбиты всех больших классических планет лежат приблизительно в одной плоскости — плоскости эклиптики.

г) Последней пройдёт через небесный меридиан планета, которая располагается восточнее других — Меркурий.

Задание 2. Вариант 2. *Парад (или выравнивание) планет* — астрономическое явление, при котором несколько планет Солнечной системы располагаются вдоль одной линии, находясь на небесной сфере 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	$5 \div 6$	$7 \div 8$

Дан результат компьютерной симуляции парада планет, произошедшего 6 августа 2025 года, с позиции наблюдателя, находящегося в Южном географическом полушарии. В данном параде участвуют все планеты, представленные на рисунке. Видимая яркость некоторых планет усилена.

а) Какой вид парада наблюдался в эти сутки?

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

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

Ответ:

- ✓ Утро
- День
- Вечер
- Ночь

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

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

Ответ:

- Математический горизонт
- Небесный экватор
- Небесный меридиан
- ✓ Эклиптика

- Первый вертикал
- Колюр равноденствий

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Какая планета в указанные сутки третьей прошла через небесный меридиан? Известно, что все планеты пересекли меридиан в одни сутки.

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3. Вариант 1.

а) Даны фотографии четырёх различных типов лунных затмений во время их максимальной фазы. Установите соответствие между названиями и изображениями типов лунных затмений.

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

Ответ:

	Частное теневое
	Полное теневое
	Полное полутеневое

	Частное полутеневое

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

б) При затмении какого типа падение яркости (относительно яркости вне затмения) поверхности Луны является минимальным?

Ответ:

- Полное теневое
- Частное теневое
- Полное теневое
- ✓ Частное полутеневое

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) В какой фазе Луны земной наблюдатель может наблюдать лунное затмение?

Ответ:

- Новолуние
- Первая четверть
- ✓ Полнолуние
- Последняя четверть

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) В астрономии под *сизигией* понимается расположение трёх или более небесных тел Солнечной системы на одной прямой. Какие небесные тела являются обязательными участниками сизигии во время затмения?

Ответ:

- Венера
- ✓ Луна
- Марс
- ✓ Солнце

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 6 баллов.

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) На первом рисунке показано частное теневое затмение. На это указывает наличие круговой границы земной тени и двух областей на диске, сильно различающихся по яркости. На втором рисунке представлено полное теневое лунное затмение с характерным тёмно-бордовым цветом всего видимого диска Луны. Четвёртая фотография иллюстрирует частное полутеневое затмение с почти равномерно освещённым диском Луны во время полнолуния. Невооружённым глазом почти незаметно падение яркости части видимого диска небесного тела. Значит, на третьем рисунке — Луна во время полного полутеневого затмения.

б) Во время частного полутеневого затмения падение яркости поверхности Луны минимально. Во время данной фазы затмения Луна не полностью погружена в полутень Земли, поэтому один фрагмент её диска освещён всем диском Солнца, а другой — лишь его частью. При этом перепад яркости при переходе от одной области к другой минимален, как это видно на четвёртом рисунке.

в) Лунное затмение происходит в случае, когда Луна попадает в тень Земли, расположенную по другую сторону от Солнца. Поэтому затмение можно наблюдать лишь в фазе полнолуния, когда Солнце и Луна расположены по разные стороны от Солнца.

г) Во время затмения достигается сизигия трёх тел: Солнца, Земли и Луны. Ответ — Солнце и Луна.

Задание 3. Вариант 2.

а) Даны фотографии четырёх различных типов лунных затмений во время их максимальной фазы. Установите соответствие между названиями и изображениями типов лунных затмений.

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

Ответ:

	Частное теневое
	Полное теневое
	Полное полутеневое
	Частное полутеневое

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

б) При затмении какого типа падение яркости (относительно яркости вне затмения) поверхности Луны является максимальным?

Ответ:

✓ Полное теневое
- Частное теневое
- Полное полутеневое

- Частное полутеневое

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) В какой фазе Луны земной наблюдатель может наблюдать лунное затмение?

Ответ:

- Новолуние
- Первая четверть
- ✓ Полнолуние
- Последняя четверть

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) В астрономии под *сизигией* понимается расположение трёх или более небесных тел Солнечной системы на одной прямой. Какие небесные тела являются обязательными участниками сизигии во время затмения?

Ответ:

- Меркурий
- ✓ Луна
- Сатурн
- ✓ Солнце

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 2 балла.

За каждую ошибку снимается 1 балл

Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 4. Вариант 1.

а) Установите соответствие между типом параллакса и характерным линейным размером, используемым при его определении.

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

Ответ:

Суточный	Средний радиус Земли
Годичный	Средний радиус земной орбиты в Солнечной системе
Вековой	Средний радиус орбиты Солнечной системы в Галактике

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

б) В какой точке небосвода с позиции земного наблюдателя должно пребывать небесное тело, чтобы его суточный параллакс был равен нулю для этой позиции?

Ответ:

- Северный полюс мира
- Южный полюс мира
- Северный полюс эклиптики
- Южный полюс эклиптики
- ✓ Зенит
- Точка севера
- Точка востока
- Точка юга

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Чему равен горизонтальный (экваториальный) параллакс Луны, если радиус Земли равен 6378 км, а расстояние между этими телами равно 359.47 тыс. км? Ответ выразите в минутах, округлите до целых.

Ответ: 61

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а) Суточный параллакс светила обусловлен суточным вращением Земли и, как следствие, перемещением земного наблюдателя относительно центра Земли. Характерный линейный размер, определяющий расстояние между наблюдателем и центром Земли, — это радиус Земли. Годичный параллакс небесного тела обусловлен движением Земли по своей орбите относительно Солнца. При этом линейный размер орбиты равен среднему радиусу этой орбиты. Наконец, вековой параллакс обусловлен движением Солнечной системы относительно центра Галактики. Соответствующее характерное расстояние между данными частями Галактики — это средний радиус орбиты Солнечной системы в Галактике.

б) Суточный параллакс — это угол, под которым с небесного тела виден радиус Земли, проведённый в точку, где находится наблюдатель. Чем ближе наблюдатель к прямой «центр Земли — небесное тело», тем меньше суточный

параллакс. Если наблюдатель находится на данной прямой, то суточный параллакс равен нулю. При этом небесное тело для наблюдателя будет располагаться на отвесной линии, над его головой, то есть в зените.

в) Горизонтальный (экваториальный) параллакс Луны можно определить как:

$$p_{\text{л}} = \frac{R_{\text{З}}}{r} \cdot 3438' = \frac{6378}{359470} \cdot 3438' = 61'$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 4.
Пункт в)

№ варианта	r, тыс. км	$p_{\text{л}}$, угл. мин.
1	359.47	61
2	365.46	60
3	371.65	59
4	378.06	58
5	384.69	57
6	391.56	56
7	398.68	55
8	406.07	54

Задание 5. Вариант 1. При сближении и, в конечном счёте, расположении на одной прямой (сизигии) двух небесных светил с позиции земного наблюдателя, расположенного в определённой точке поверхности Земли, возможны три различных астрономических события: покрытие, затмение или транзит (прохождение).

Покрытие — астрономическое явление, во время которого одно небесное тело проходит перед другим, заслоняя его полностью или частично. При этом, как правило, угловой размер затмевающего тела гораздо больше углового размера затмеваемого тела. Следствием является наличие расходящегося конуса тени, отбрасываемого в сторону Земли затмевающим телом. Линейный размер этой тени у поверхности Земли не меньше (а может быть и гораздо больше) линейного размера затмевающего тела. Эта тень может частично или полностью покрыть тело Земли.

Затмение — астрономическое явление, во время которого одно небесное тело проходит перед другим, заслоняя его полностью или частично. При этом, как правило, угловые размеры данных тел сопоставимы по значению и затмевающее тело отбрасывает сходящийся конус тени, который достигает наблюдателя либо затмеваемое тело (в последнем случае затмевающее тело — Земля).

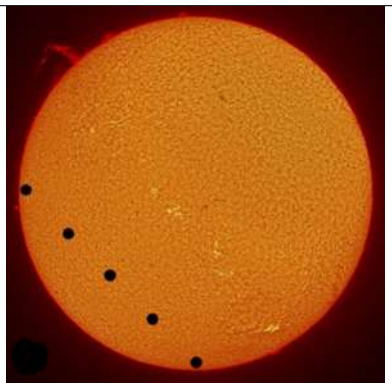
Транзит (или прохождение) —астрономическое явление, во время которого одно небесное тело проходит перед другим, заслоняя его лишь частично. При этом, как правило, угловой размер затмевающего тела гораздо меньше углового размера затмеваемого тела. Следствием является наличие сходящегося конуса тени, отбрасываемого затмевающим телом в сторону Земли, но не достигающего её поверхности.

а) Установите соответствие между названиями и изображениями явлений.

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

Ответ:

	Затмение

	Транзит
	Покрытие

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

б) Установите соответствие между явлениями и парами небесных тел, для которых они возможны с позиции земного наблюдателя.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствуют несколько вариантов из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

Покрытие	Луна и звезда Альдебаран Солнце и Венера Юпитер и его спутник Ганимед
Затмение	Солнце и Луна
Транзит	Юпитер и его спутник Ганимед Солнце и Венера

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 12 баллов

Максимальный балл за задание — 18

Решение.

а) Согласно определениям, на первом рисунке представлено затмение, на втором — транзит, на третьем —покрытие.

б) В случае Луны и звезды Альдебаран возможно лишь покрытие. В парах Солнце-Венера и Юпитер-Ганимед возможно как покрытие, так и транзит. В случае Солнца и Луны возможно лишь затмение.

Задание 5. Вариант 2. При сближении и, в конечном счёте, расположении на одной прямой (сизигии) двух небесных светил с позиции земного наблюдателя, расположенного в определённой точке поверхности Земли, возможны три различных астрономических события: покрытие, затмение или транзит (прохождение).

Покрытие — астрономическое явление, во время которого одно небесное тело проходит перед другим, заслоняя его полностью или частично. При этом, как правило, угловой размер затмевающего тела гораздо больше углового размера затмеваемого тела. Следствием является наличие расходящегося конуса тени, отбрасываемого в сторону Земли затмевающим телом. Линейный размер этой тени у поверхности Земли не меньше (а может быть и гораздо больше) линейного размера затмевающего тела. Эта тень может частично или полностью покрыть тело Земли.

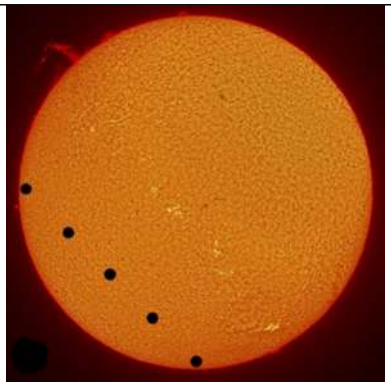
Затмение — астрономическое явление, во время которого одно небесное тело проходит перед другим, заслоняя его полностью или частично. При этом, как правило, угловые размеры данных тел сопоставимы по значению и затмевающее тело отбрасывает сходящийся конус тени, который достигает наблюдателя либо затмеваемое тело (в последнем случае затмевающее тело — Земля).

Транзит (или прохождение) —астрономическое явление, во время которого одно небесное тело проходит перед другим, заслоняя его лишь частично. При этом, как правило, угловой размер затмевающего тела гораздо меньше углового размера затмеваемого тела. Следствием является наличие сходящегося конуса тени, отбрасываемого затмевающим телом в сторону Земли, но не достигающего её поверхности.

а) Установите соответствие между названиями и изображениями явлений.

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

Ответ:

	Затмение
	Транзит
	Покрытие

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

б) Установите соответствие между явлениями и парами небесных тел, для которых они возможны с позиции земного наблюдателя.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствуют несколько вариантов из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

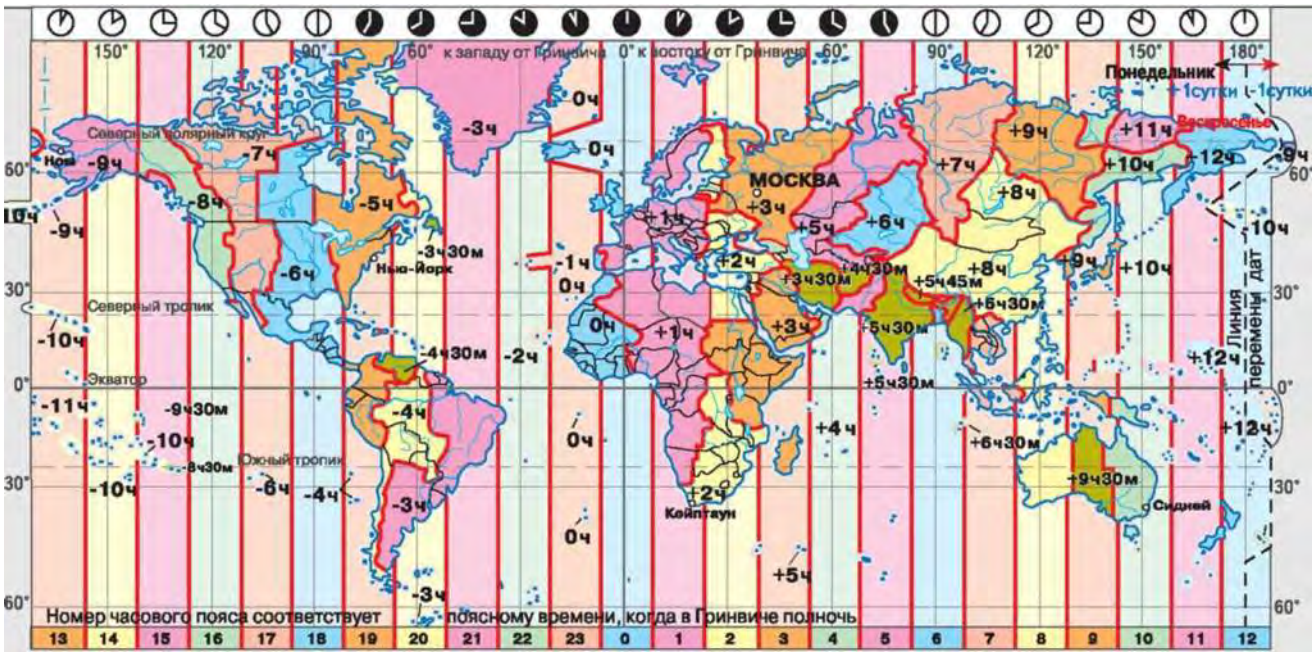
Покрытие	Луна и звезда Антарес Солнце и Меркурий Юпитер и его спутник Ио
Затмение	Солнце и Луна
Транзит	Юпитер и его спутник Ио Солнце и Меркурий

Критерий оценивания: за каждую правильно определённую пару — 2 балла. Всего 12 баллов

Максимальный балл за задание — 18

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 6. Вариант 1. Дана карта мира с разбиением его на территории на часовые пояса. Здесь большими жирными арабскими цифрами со знаком указаны значения разности ΔT времени, определённого в данном и гринвическом часовых поясах. На нижней кромке карты указаны номера часовых поясов.



а) Чему равно общее количество часовых поясов?

Ответ: 24

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равен модуль разности $|\Delta T|$ для 23-го и гринвичского часовых поясов? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: 1

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Чему равна разность показаний часов, демонстрирующих поясное время, для жителей поясов с разностями $\Delta T_1 = +7$ и $\Delta T_2 = -4$? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: 11

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Какое время показывают часы (по поясному времени) жителя Сиднея в тот момент, когда часы жителя Москвы показывают полдень? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 19:00

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

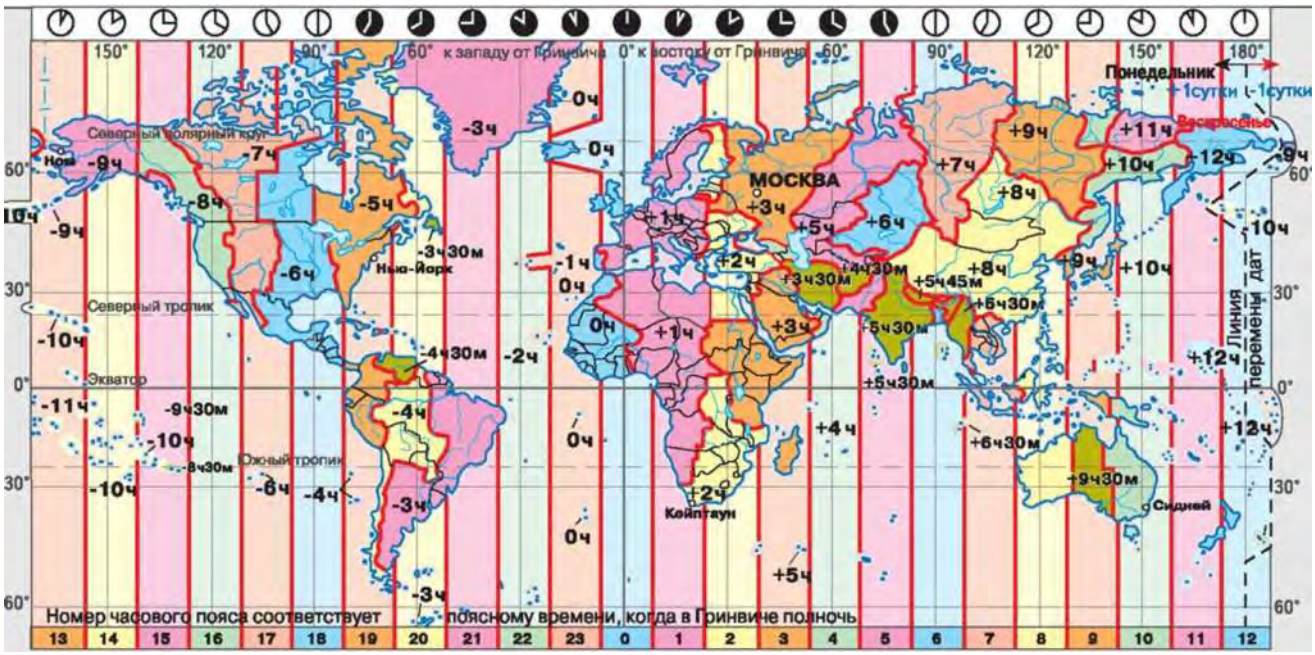
а) В мире имеется 24 часовых пояса.

б) Поскольку, 23-й пояс и гринвичский являются соседними, модуль разности $|\Delta T| = 1$ час.

в) Разность показаний часов, демонстрирующих поясное время, для жителей поясов с разностями $\Delta T_1 = +7$ и $\Delta T_2 = -4$, очевидно, будет представляться разностью $\Delta T_1 - \Delta T_2 = +7 - (-4) = 11$ часов.

г) Москва принадлежит часовому поясу с $\Delta T = +3$, а Сидней — часовому поясу с $\Delta T = +10$. Следовательно, разность показаний часов в Сиднее и Москве равна $+7$ часов. Если в Москве полдень, то в Сиднее часы должны показывать 19:00 часов.

Задание 6. Вариант 2. Дана карта мира с разбиением его на территории на часовые пояса. Здесь большими жирными арабскими цифрами со знаком указаны значения разности ΔT времени, определённого в данном и гринвическом часовых поясах. На нижней кромке карты указаны номера часовых поясов.



а) Чему равно общее количество часовых поясов?

Ответ: 24

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равен модуль разности $|\Delta T|$ для 20-го и гринвичского часовых поясов? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Чему равна разность показаний часов, демонстрирующих поясное время, для жителей поясов с разностями $\Delta T_1 = +3$ и $\Delta T_2 = -5$? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: 8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Какое время показывают часы (по поясному времени) жителя Кейптауна в тот момент, когда часы жителя Москвы показывают полночь? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

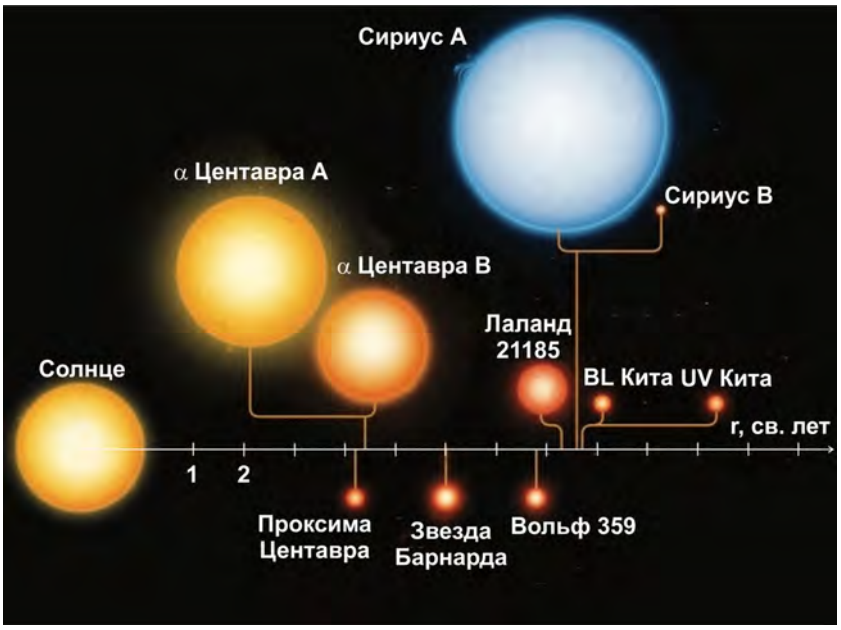
Ответ: 23:00

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 7. Вариант 1. Дана диаграмма распределения 10 ближайших звёзд в окрестности Солнца.



Ветви графа, соединяющие звёзды, указывают на их физическую двойственность. Координаты оснований перпендикуляров, восстановленных из тел звёзд на ось расстояний, определяют текущее расстояние от них до Солнца. В таблице представлены их основные характеристики.

Звезда	$M_*/M_\odot$	$R_*/R_\odot$	$L_*/L_\odot$	T, К	m_*, ^{m}	СпКл	КлСв
Проксима Центавра	0.123	0.145	$6 \cdot 10^{-5}$	3042	11.5	$M5.5$	V
α Центавра A	1.10	1.227	1.519	5750	−0.01	$G2$	V
α Центавра B	0.90	0.865	0.500	5250	+1.34	$K1$	V
Звезда Барнарда	0.17	0.15	$4 \cdot 10^{-4}$	3134	9.57	$M4$	V
Вольф 359	0.10	0.16	$2 \cdot 10^{-5}$	2800	13.53	$M6$	V
Лаланд 21185	0.39	0.39	0.021	3547	7.52	$M2$	V
Сириус A	2.063	1.713	24.7	9845	−1.46	$A0$	V
Сириус B	1.018	0.0081	0.024	25000	+8.44	$D.A$	VII
BL Кита	0.122	0.165	$1.47 \cdot 10^{-3}$	2784	12.8	$M5.5$	V
UV Кита	0.116	0.159	$1.25 \cdot 10^{-3}$	2728	12.8	$M6$	V

Примечание: здесь M_*, R_*, L_* — значения массы, радиуса, светимости звезды соответственно, T_* — эффективная температура её поверхности, m_* — её видимая звездная величина; $M_\odot$, $R_\odot$, $L_\odot$ — значения массы, радиуса, светимости Солнца соответственно; СпКл — спектральный класс звезды, КлСв — класс её светимости; К (кельвин) — единица измерения эффективной температуры.

а) Масса какой звезды в 10 раз отличается от массы Солнца?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- ✓ Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Поверхность какой звезды является наиболее холодной?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- Сириус B
- BL Кита
- ✓ UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

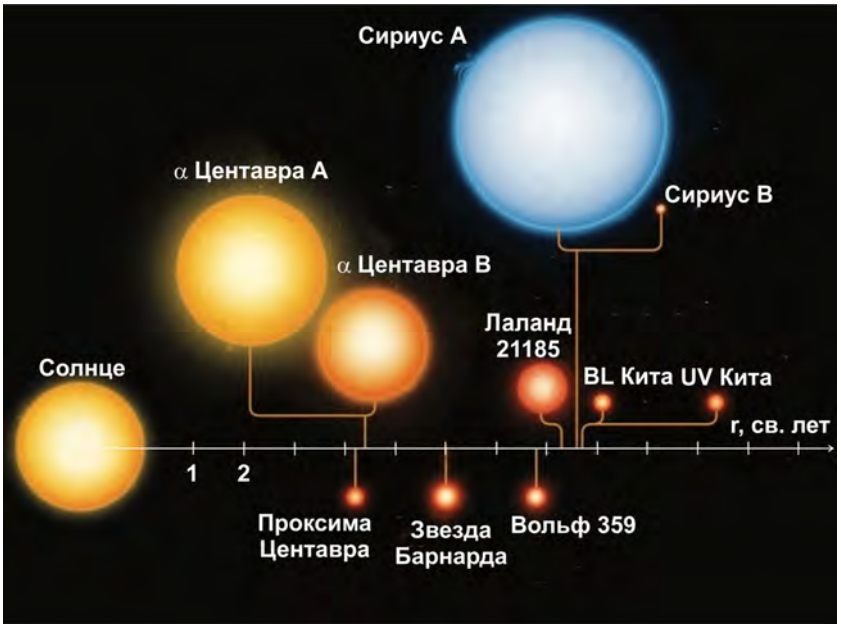
а) Из представленных звёзд массой, в 10 раз отличающейся от массы Солнца, обладает Вольф 359.

б) Согласно рисунку, расстояние от данной звезды до Солнца составляет 8 световых лет.

в) Из представленных звёзд минимальную температуру поверхности имеет UV Кита.

г) Согласно рисунку, расстояние от данной звезды до Солнца составляет 9 световых лет.

Задание 7. Вариант 2. Дана диаграмма распределения 10 ближайших звёзд в окрестности Солнца.



Ветви графа, соединяющие звёзды, указывают на их физическую двойственность. Координаты оснований перпендикуляров, восстановленных из тел звёзд на ось расстояний, определяют текущее расстояние от них до Солнца. В таблице представлены их основные характеристики.

Звезда	$M_*/M_\odot$	$R_*/R_\odot$	$L_*/L_\odot$	T, K	m_*, ^{m}	СпКл	КлСв
Проксима Центавра	0.123	0.145	$6 \cdot 10^{-5}$	3042	11.5	$M5.5$	V
α Центавра A	1.10	1.227	1.519	5750	−0.01	$G2$	V
α Центавра B	0.90	0.865	0.500	5250	+1.34	$K1$	V
Звезда Барнарда	0.17	0.15	$4 \cdot 10^{-4}$	3134	9.57	$M4$	V
Вольф 359	0.10	0.16	$2 \cdot 10^{-5}$	2800	13.53	$M6$	V
Лаланд 21185	0.39	0.39	0.021	3547	7.52	$M2$	V
Сириус A	2.063	1.713	24.7	9845	−1.46	$A0$	V
Сириус B	1.018	0.0081	0.024	25000	+8.44	$D.A$	VII
BL Кита	0.122	0.165	$1.47 \cdot 10^{-3}$	2784	12.8	$M5.5$	V
UV Кита	0.116	0.159	$1.25 \cdot 10^{-3}$	2728	12.8	$M6$	V

Примечание: здесь M_*, R_*, L_* — значения массы, радиуса, светимости звезды соответственно, T_* — эффективная температура её поверхности, m_* — её видимая звездная величина; $M_\odot$, $R_\odot$, $L_\odot$ — значения массы, радиуса, светимости Солнца соответственно; СпКл — спектральный класс звезды, КлСв — класс её светимости; К (кельвин) — единица измерения эффективной температуры.

а) Какая звезда обладает наибольшей светимостью?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185

✓ Сириус A

- Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Поверхность какой звезды является наиболее горячей?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- ✓ Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

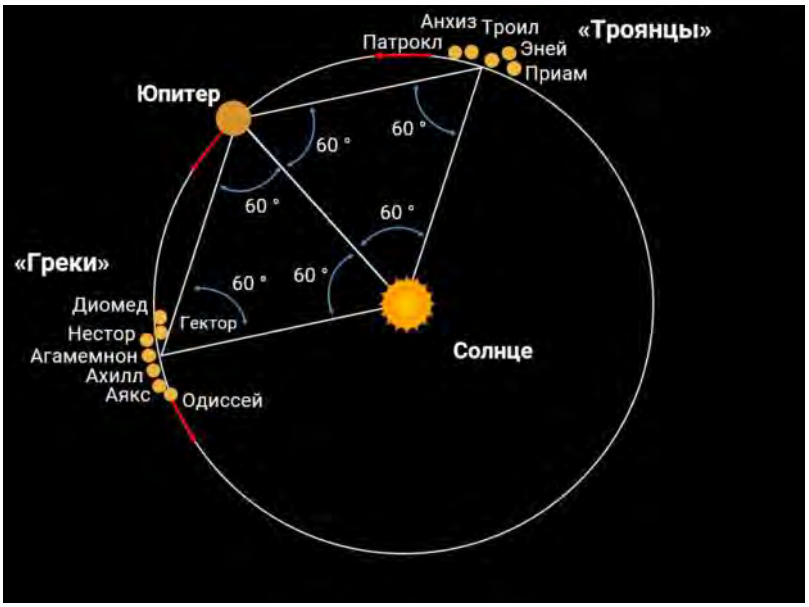
Ответ: 9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 8. Вариант 1. Дана схема взаимного расположения Солнца, Юпитера и двух групп троянских астероидов последнего: «греков» и «троянцев».



Чему равен сидерический период обращения «троянцев» вокруг Солнца, если радиус орбиты Юпитера равен 5.2 а. е.? Ответ выразите в годах, округлите до десятых. Радиус земной орбиты 1 а. е., а сидерический период обращения Земли вокруг Солнца равен 1 году. Следует полагать, что размеры групп астероидов значительно меньше радиуса орбиты Юпитера.

Ответ: 11.9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 5

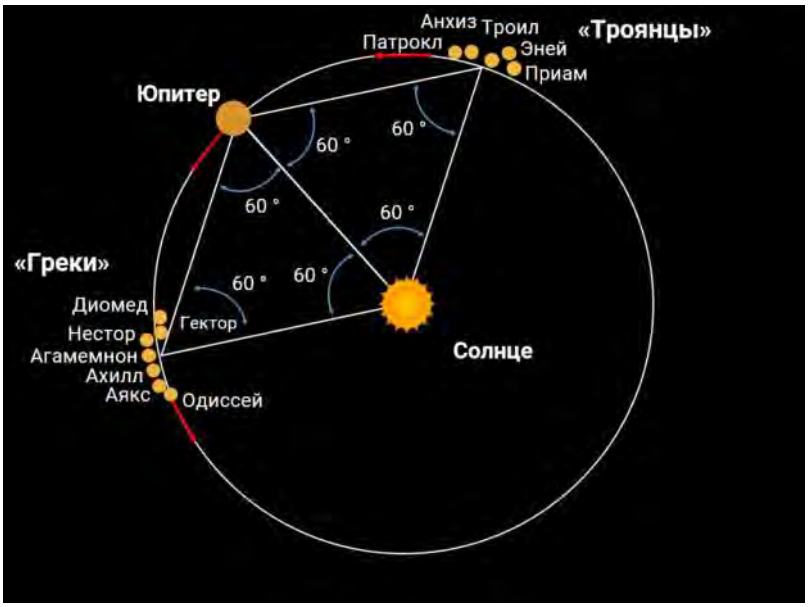
Решение.

а) Заметим, что, согласно рисунку, «троянцы» вместе с Юпитером и Солнцем образуют равносторонний треугольник, у которого, как известно, все стороны равны. Следовательно, искомое расстояние от Солнца до троянцев равно радиусу орбиты Юпитера, то есть 5.2 а. е.

Далее воспользуемся 3-м законом Кеплера для «троянцев» и Юпитера:

$$\left(\frac{T_з}{T_ю}\right)^2 = \left(\frac{a_з}{a_ю}\right)^2 \Rightarrow T_ю = T_з \cdot \left(\frac{a_ю}{a_з}\right)^{3/2} = 11.9 \text{ лет.}$$

Задание 8. Вариант 2. Дана схема взаимного расположения Солнца, Юпитера и двух групп троянских астероидов последнего: «греков» и «троянцев».



Чему равен сидерический период обращения «греков» вокруг Солнца, если радиус орбиты Юпитера равен 5.2 а. е.? Ответ выразите в годах, округлите до десятых. Радиус земной орбиты 1 а. е., а сидерический период обращения Земли вокруг Солнца равен 1 году. Следует полагать, что размеры групп астероидов значительно меньше радиуса орбиты Юпитера.

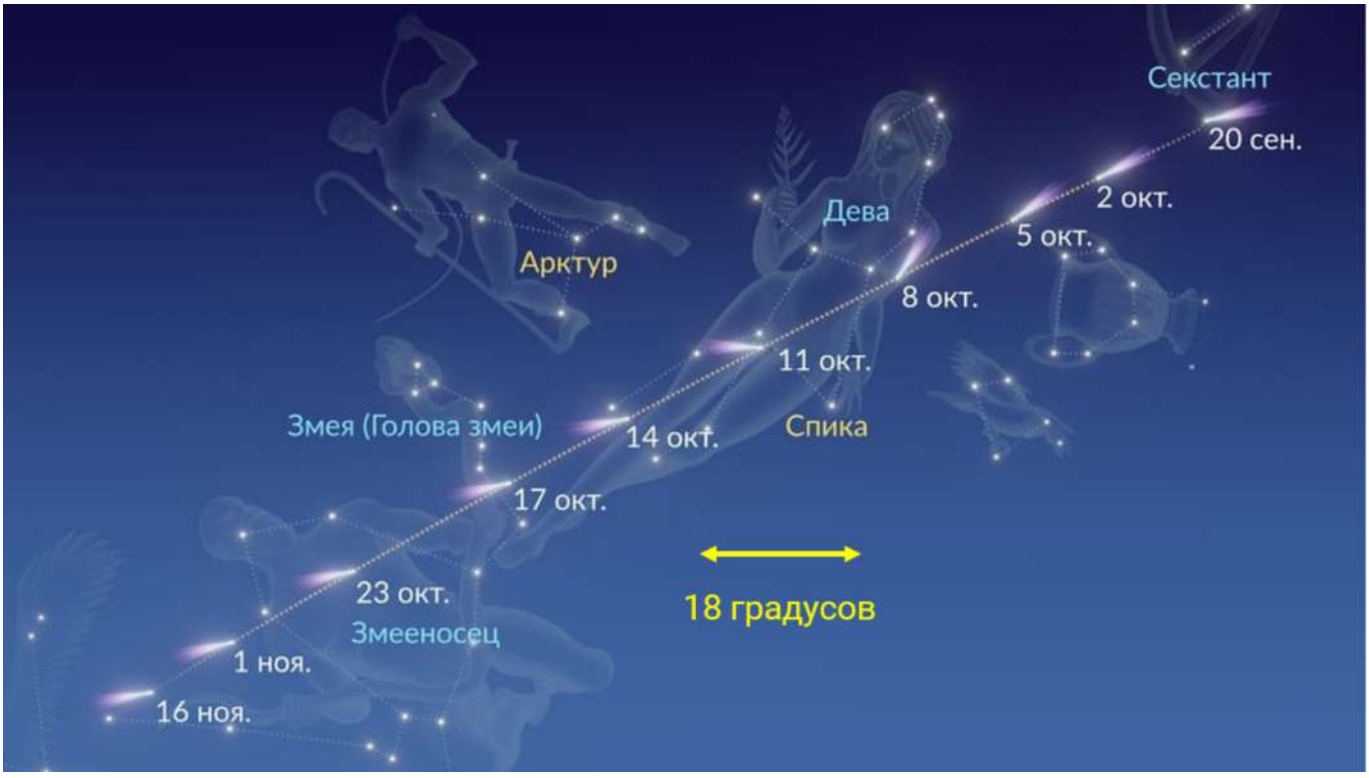
Ответ: 11.9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 5

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 9. Вариант 1. Дана траектория видимого движения яркой кометы C/2023 A3 (Цзыцзиньшань-ATLAS) по небосводу для жителя Северного географического полушария в окрестности перигелия её орбиты — ближайшей точки орбиты кометы по отношению к Солнцу —в интервале 20 сентября — 16 ноября 2024 года.



Здесь указаны некоторые даты и соответствующие положения тела на небосводе на начало суток с указанием ориентации хвоста.

а) Выберите ближайшую дату, предшествующую сизигии Солнца, Земли и кометы:

Ответ:

- 20 сентября
- 2 октября
- 5 октября
- ✓ 8 октября
- 11 октября
- 14 октября
- 17 октября
- 23 октября
- 1 ноября
- 16 ноября

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Чему равна средняя угловая скорость видимого движения кометы по небосводу в интервале 20 сентября — 2 октября? Ответ выразите в градусах в сутки, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.9; 1.3]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) В момент сизигии Солнце, Земля и комета располагались на одной прямой. При этом комета и Солнце располагались по разные стороны относительно нашей планеты. Как известно, хвост кометы всегда направлен от Солнца. Значит, в момент сизигии хвост кометы направлен от земного наблюдателя и должен был иметь минимальные видимые угловые размеры, при этом вблизи сизигии ориентация хвоста кометы должна быстро изменяться. На рисунке видно, что в промежутке времени от 8 до 11 октября ориентация хвоста комета резко изменилась, значит, в этот временной интервал и произошла сизигия. Следовательно, ближайшая дата, предшествующая сизигии Солнца, Земли и кометы была 8 октября.

б) Измерим с помощью линейки расстояние между положениями головы кометы 20 сентября и 2 октября — x = 35 мм, а также длину масштабной стрелки — y = 47 мм. Далее составим пропорцию:

$$\left.\begin{matrix} x \to \alpha \\ y \to \gamma \end{matrix}\right\} \Rightarrow \alpha = \gamma \cdot \frac{x}{y} = 13.4^\circ.$$

Очевидно, данные моменты времени разделяет $\Delta t = 12$ суток. В итоге, средняя угловая скорость кометы в данном интервале:

$$\omega = \frac{\alpha}{\Delta t} = 1.1^\circ$$

В качестве ответа на данный вопрос принимается значение из интервала: $[0.9^\circ; 1.3^\circ]$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 9.
Пункт б)

№ варианта	$t_{\text{нач}}$	$t_{\text{кон}}$	$\omega_{\min}$, угл. мин.	$\omega_{\max}$, угл. мин.
1	20 сентября	2 октября	0.9	1.3
2	2 октября	5 октября	3.1	3.5
3	5 октября	8 октября	4.5	4.9
4	8 октября	11 октября	5.2	6.0
5	11 октября	14 октября	5.2	6.0
6	14 октября	17 октября	4.7	5.3
7	17 октября	23 октября	3.0	3.6
8	23 октября	1 ноября	1.5	1.9
9	1 ноября	16 ноября	0.5	0.9

Задание 10. Шаровое звёздное скопление (ШЗС) содержит 50 000 звёзд. Средняя масса одной звезды скопления равна 0.4 массы Солнца. Радиус звёздного скопления 10 пк. Определите среднюю массовую плотность ШЗС. Ответ выразите в массах Солнца на кубический парсек, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в интервале [4.30; 5.25]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

Среднюю массовую плотность ШЗС можно определить как:

$$\rho = \frac{M_c}{V_c},$$

здесь M_c, V_c — масса и объём шарового скопления соответственно. Шаровое скопление имеет форму шара, объём которого определяется формулой:

$$V_c = \frac{4}{3}\pi R_c^3.$$

В итоге средняя массовая плотность скопления представляется в виде:

$$\rho = \frac{3 \cdot N \cdot M_3}{4 \cdot \pi \cdot R_c^3} = 4.77 \frac{\mathrm{M}_\odot}{\mathrm{пк}^3},$$

здесь M_3, N — средняя масса одной звезды, и общее количество звёзд скопления соответственно; $M_\odot$, R_c — масса Солнца и радиус скопления соответственно.

В качестве ответа на данный вопрос задачи принимается значение из интервала: [4.30, 5.25] масс Солнца на кубический парсек.

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 10.

№ варианта	N	R_c, пк	$p_{\min}$, $M_\odot/\mathrm{пк}^3$	$p_{\max}$, $M_\odot/\mathrm{пк}^3$
1	50 000	10	4.30	5.25
2	60 000	10	5.16	6.30
3	70 000	10	6.02	7.35
4	80 000	10	6.88	8.40
5	90 000	15	2.29	2.80
6	100 000	15	2.55	3.11
7	110 000	15	2.80	3.42
8	120 000	15	3.06	3.73
9	130 000	20	1.40	1.71
10	140 000	20	1.50	1.84
11	150 000	20	1.61	1.97
12	160 000	20	1.72	2.10

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

Задание 1. Вариант 1. Выберите лишнее в каждом перечне:

Ответ:

1.

- ✓ Фобос
- Ио
- Европа
- Ганимед
- Каллисто
- Амальтея

2.

- Веста
- Юнона
- Паллада
- Гигея
- ✓ Макемаке
- Геба

3.

- Большое Магелланово облако
- Малое Магелланово облако
- ✓ Плеяды
- Туманность Андромеды
- Туманность Треугольника
- Галактика Боде

Критерий оценивания: за каждый верный элемент последовательности — 2 балла. Всего — 6 баллов

Максимальный балл за задание — 6

Решение.

1. В перечне представлены пять естественных спутников Юпитера: Ио, Европа, Ганимед, Каллисто, Амальтея. И только Фобос является естественным спутником Марса.

2. В перечне представлены пять астероидов Главного пояса: Веста, Юнона, Паллада, Гигея, Геба. И только Макемаке является карликовой планетой.

3. В перечне представлены пять галактик: Большое Магелланово облако, Малое Магелланово облако, Туманность Андромеды, Туманность Треугольника, Галактика Боде. И только Плеяды являются рассеянным звёздным скоплением.

Задание 1. Вариант 2. Выберите лишнее в каждом перечне:

Ответ:

1.

- ✓ Деймос
- Ио
- Европа
- Ганимед
- Каллисто
- Гималия

2.

- Веста
- Юнона
- Паллада
- Гигея
- ✓ Плутон
- Метида

3.

- Большое Магелланово облако
- Малое Магелланово облако
- ✓ Гиады
- Туманность Андромеды
- Туманность Треугольника
- Галактика Сигара

Критерий оценивания: за каждый верный элемент последовательности — 2 балла. Всего — 6 баллов
Максимальный балл за задание — 6
Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 2. Вариант 1.

а) Даны фотографии четырёх типов биноклей и двух типов телескопов астронома-любителя. Установите соответствие между изображениями и названиями оптических инструментов.

Примечание: числовой код $a \times b$ означает: a — угловое увеличение инструмента, b — диаметр его объективов; в случае телескопов буквами D, F, f обозначены диаметр объектива, его фокусное расстояние и фокусное расстояние окуляра соответственно. Угловое увеличение телескопа определяется по формуле $\Gamma = \dfrac{F}{f}$.

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

Ответ:

	Театральный бинокль, 2.5×25
	Бинокуляр, 25×100
	Рефлектор, (D= 300 мм, F= 1500 мм) + окуляр f= 12 мм
	Рефрактор, (D= 152 мм, F= 760 мм) + окуляр f= 4 мм
	Астрономический бинокль, 12×60

	Полевой бинокль, 8×40

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 12 баллов

б) Какой из этих инструментов обладает наименьшим угловым увеличением?

Ответ:

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) Какой из этих инструментов обладает наибольшим диаметром объектива?

Ответ:

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 14

Решение.

а) В верхнем ряду слева направо: театральный бинокль с предельно короткими тубусами оптических труб; полевой бинокль с характерными изломами оптических осей, короткими тубусами оптических труб и особенностью их креплений, позволяющими менять расстояние между оптическими осями; астрономический бинокль. В верхнем ряду слева направо: бинокуляр — бинокль, диаметр объектива которого превосходит 80 мм, что делает невозможным наблюдение без использования штатива — штанга на рисунке предназначена для крепления; рефрактор; рефлектор Ньютона с окулярным узлом на боковой поверхности трубы.

б) Угловое увеличение бинокля указано в его маркировке первым числом. Здесь самым маленьким увеличением обладает театральный бинокль, равным 2.5^x. Угловое увеличение телескопа вычисляется как отношение фокусного расстояния объектива к фокусному расстоянию окуляра. Легко убедиться в том, что среди телескопов наименьшим угловым увеличением обладает рефлектор, равным $1500 : 12 = 125^x$. Таким образом, среди всех инструментов минимальным угловым увеличением обладает театральный бинокль.

в) У биноклей в маркировке диаметр объектива всегда указан вторым числом. Среди них наибольшим диаметром обладает бинокуляр с диаметром объектива 100 мм. Среди телескопов наибольшим диаметром обладает рефлектор Ньютона. Его диаметр объектива составляет 300 мм. Таким образом, наибольшим диаметром объектива среди всех инструментов обладает рефлектор Ньютона.

Задание 2. Вариант 2.

а) Даны фотографии четырёх типов биноклей и двух типов телескопов астронома-любителя. Установите соответствие между изображениями и названиями оптических инструментов.

Примечание: числовой код $a \times b$ означает: a — угловое увеличение инструмента, b — диаметр его объективов; в случае телескопов буквами D, F, f обозначены диаметр объектива, его фокусное расстояние и фокусное расстояние окуляра соответственно. Угловое увеличение телескопа определяется по формуле $\Gamma = \dfrac{F}{f}$.

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

Ответ:

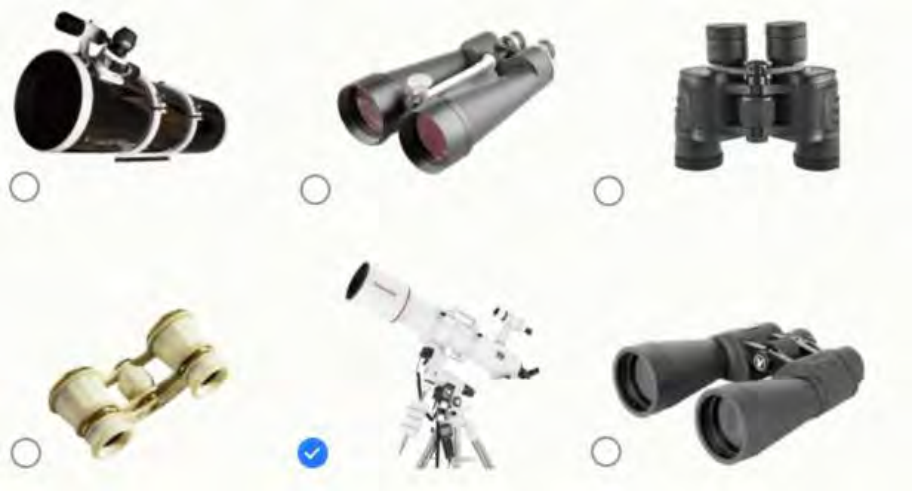
	Театральный бинокль, 2.5×25
	Бинокуляр, 25×100
	Рефлектор, (D= 300 мм, F= 1500 мм) + окуляр f= 12 мм
	Рефрактор, (D= 152 мм, F= 760 мм) + окуляр f= 4 мм

	Астрономический бинокль, 12×60
	Полевой бинокль, 8×40

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 2 балла. Всего — 12 баллов

б) Какой из этих инструментов обладает наибольшим угловым увеличением?

Ответ:



Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

в) Какой из этих инструментов обладает наименьшим диаметром объектива?

Ответ:

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 14

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 3.

а) Даны фотографии четырёх различных типов лунных затмений во время их максимальной фазы. Установите соответствие между названиями и изображениями типов лунных затмений.

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

Ответ:

	Частное теневое
	Полное теневое
	Полное полутеневое
	Частное полутеневое

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

б) С какого полушария Земли можно наблюдать лунное затмение?

Ответ:

- С дневного
- ✓ С ночного
- Невозможно однозначно определить

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Установите соответствие между изображениями типов лунного затмения и положениями Луны на орбите, в которых эти затмения наблюдаются.

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

Ответ:

	III
	II
	I

	IV

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

Максимальный балл за задание — 18

Решение.

а) На первом рисунке показано частное теневое затмение. На это указывает наличие круговой границы земной тени и двух областей на диске, сильно различающихся по яркости. На втором рисунке представлено полное теневое лунное затмение с характерным тёмно-бордовым цветом всего видимого диска Луны. Четвёртая фотография иллюстрирует частное полутеневое затмение с почти равномерно освещённым диском Луны во время полнолуния. Невооружённым глазом почти незаметно падение яркости части видимого диска небесного тела. Значит, на третьем рисунке — Луна во время полного полутеневого затмения.

б) Лунное затмение можно наблюдать лишь в ночное время суток, следовательно, с ночного полушария.

в) В положении I Луна полностью погружена в земную полутень — здесь можно наблюдать полное полутеневое затмение. В положении II Луна полностью погружена в земную тень — в этом положении можно наблюдать полное теневое затмение. В положении III Луна лишь частично находится в земной тени и частично располагается в области земной полутени, позволяя наблюдать частное теневое затмение. Наконец, в положении IV Луна лишь частично погружена в земную полутень, что соответствует условиям наблюдения частного полутеневого затмения.

Задание 4. Вариант 1.

а) Установите соответствие между типом параллакса и характерным линейным размером, используемым при его определении.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствуют несколько вариантов из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

Горизонтальный экваториальный	Средний экваториальный радиус Земли
Годичный	Большая полуось земной орбиты в Солнечной системе
Вековой	Большая полуось орбиты Солнечной системы в Галактике

Критерий оценивания: за каждую верную пару – 1 балл. Всего — 3 балла

б) Предположим, что для внешнего тела Солнечной системы, расположенного в плоскости эклиптики, необходимо определить его параллактическое смещение — угол между направлением на Солнце и на Землю с позиции этого тела. В какой конфигурации должна располагаться Земля с позиции гипотетического наблюдателя, расположенного на поверхности этого тела, чтобы параллактическое смещение последнего было равно нулю, при этом Земля ближе всего располагалась к данному телу?

Ответ:

- Восточная элонгация
- Западная элонгация
- ✓ Нижнее соединение
- Верхнее соединение
- Соединение
- Восточная квадратура
- Западная квадратура
- Противостояние

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Чему равно расстояние от Земли до Марса, если радиус Земли равен 6378 км, а горизонтальный экваториальный параллакс Марса равен 4 угловым секундам? Ответ выразите в миллионах километров, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [312; 345]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 9

Решение.

а) Суточный параллакс светила обусловлен суточным вращением Земли и, как следствие, перемещением земного наблюдателя относительно центра Земли. Характерный линейный размер, определяющий расстояние между наблюдателем и центром Земли, — это радиус Земли. Годичный параллакс небесного тела обусловлен движением Земли по своей орбите относительно Солнца. При этом линейный размер орбиты равен среднему радиусу этой орбиты. Наконец, вековой параллакс обусловлен движением Солнечной системы относительно центра Галактики. Соответствующее характерное расстояние между данными частями Галактики — это средний радиус орбиты Солнечной системы в Галактике.

б) Годичный параллакс — это угол, под которым с небесного тела виден радиус земной орбиты, проведённый в точку, где находится наблюдатель (Земля). Чем ближе наблюдатель к прямой «центр Солнца — небесное тело», тем меньше годичный параллакс. Если наблюдатель находится на данной прямой, то годичный параллакс равен нулю. При этом для небесного тела Земля будет нижним телом, расположенным на этой прямой, и значит, располагающейся в нижнем соединении.

в) Горизонтальный (экваториальный) параллакс Марса можно определить как:

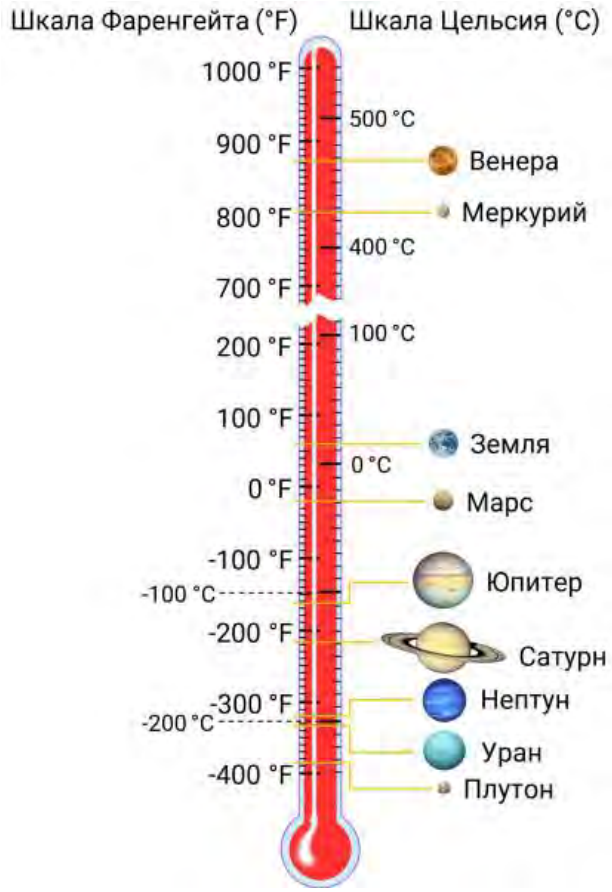
$$\rho_m = \frac{R_з}{r} \cdot 206265'', \Rightarrow \frac{R_з}{\rho_m} \cdot 206265'' = \frac{6378}{4''} \cdot 206265'' = 329 \text{ млн км.}$$

В качестве ответа на данный вопрос принимается значение из интервала: [312; 345].

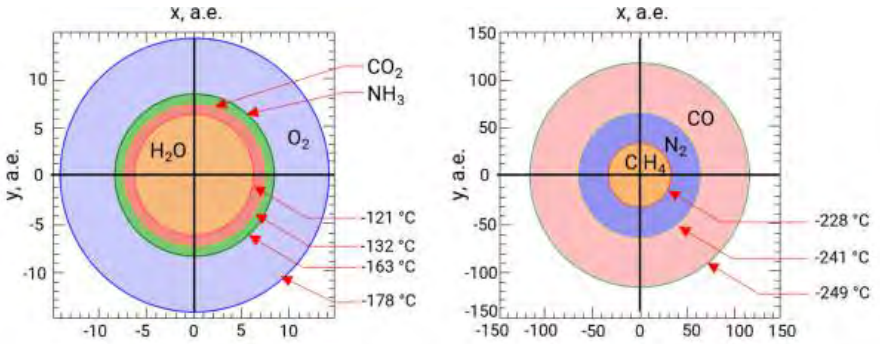
Матрица параметров и ответов к вариантам задания 4. Пункт в)

№ варианта	ρ_m, угл. сек.	$r_{\min}$, млн км	$r_{\max}$, млн км
1	4	312	345
2	5	250	276
3	6	208	230
4	7	179	197
5	8	156	173
6	9	139	153
7	10	125	138
8	11	114	126
9	12	104	115
10	13	96	106
11	14	89	99
12	15	83	92
13	16	78	86

Задание 5. Вариант 1. Дано символическое изображение термометра с указанием средних значений температур (по Цельсию и Фаренгейту) поверхностей классических и карликовой планет Солнечной системы.



Также представлены в масштабе сферы сублимации для семи распространённых космических льдов Солнечной системы (H_2O, CO, N_2, CH_4, CO_2, NH_3, O_2) с указанием их значений минимальной температуры сублимации, достигаемой на поверхности этих сфер.



Под *сферой сублимации космического льда* понимается сфера определённого радиуса, внутри которой космический лёд данного сорта, располагающийся на поверхности небесного тела, уже способен активно сублимировать (переходить из твёрдого в газообразное состояние, минуя жидкое) в окружающее пространство. Центр сферы совпадает с центром Солнца. Если небесное тело находится внутри сферы сублимации данного сорта льда, то в его атмосфере (при её наличии) данное вещество может регулярно пребывать в газообразном состоянии в значительном количестве. Вне своей сферы сублимации космический лёд может пребывать лишь в твёрдом состоянии: либо на твёрдой поверхности (при наличии) небесного тела, либо в виде аэрозоля взвешанных в атмосфере кристаллов.

а) Какие классические планеты располагаются внутри сферы сублимации водяного льда (H_2O)?

Ответ:

- ✓ Меркурий
- ✓ Венера
- ✓ Земля
- ✓ Марс
- ✓ Юпитер
- • Сатурн
- • Уран
- • Нептун

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равна температура азотного льда N_2 на поверхности его сферы сублимации? Ответ выразите в градусах Фаренгейта.

Ответ: засчитывается в диапазоне [−405; −395]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Какая планета ближе прочих располагается к поверхности сферы сублимации метанового льда (CH_4)?

- Меркурий
- Венера
- Земля
- Марс
- Юпитер
- Сатурн
- Уран
- Нептун

✓ Плутон

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Чему равна температура поверхности этой планеты по шкалам Цельсия и Фаренгейта?

Ответ: засчитывается в диапазоне [−240; −230] (по Цельсию); засчитывается в диапазоне [−390; −380] (по Фаренгейту)

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

Максимальный балл за задание — 13

Решение.

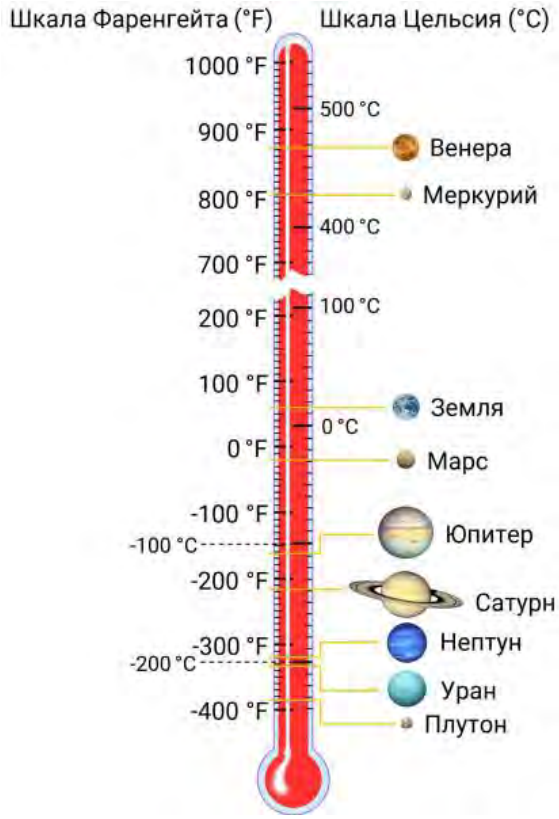
а) На границе сферы сублимации водяного льда его температура составляет −121°C. Температуры поверхности Венеры, Меркурия, Земли, Марса и Юпитера выше указанного значения. Следовательно, все эти планеты находятся внутри данной сферы сублимации.

б) Температура азотного льда на поверхности его сферы сублимации составляет −241° по шкале Цельсия и −400° по шкале Фаренгейта. Принимается значение из интервала [−395; −405].

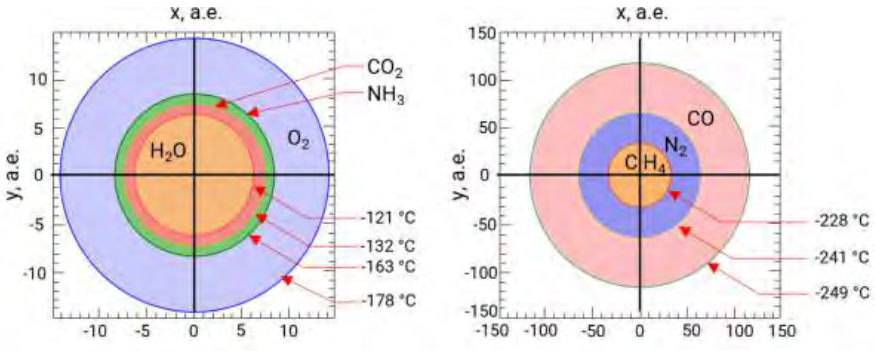
в) Температура на поверхности сферы сублимации метана составляет −241°. Температура поверхности Плутона ближе других к указанному значению.

г) Температура поверхности Плутона составляет −232° C, или −241° F. Принимаются значения из интервалов:
по Цельсию: [−240, −230];
по Фаренгейту: [−390, −380].

Задание 5. Вариант 2. Дано символическое изображение термометра с указанием средних значений температур (по Цельсию и Фаренгейту) поверхностей классических и карликовой планет Солнечной системы.



Также представлены в масштабе сферы сублимации для семи распространённых космических льдов Солнечной системы (H_2O, CO, N_2, CH_4, CO_2, NH_3, O_2) с указанием их значений минимальной температуры сублимации, достигаемой на поверхности этих сфер.



Под сферой сублимации космического льда понимается сфера определённого радиуса, внутри которой космический лёд данного сорта, располагающийся на поверхности небесного тела, уже способен активно сублимировать (переходить из твёрдого в газообразное состояние, минуя жидкое) в окружающее пространство. Центр сферы совпадает с центром Солнца. Если небесное тело находится внутри сферы сублимации данного сорта льда, то в его атмосфере (при её наличии) данное вещество может регулярно пребывать в газообразном состоянии в значительном количестве. Вне своей сферы сублимации космический лёд может пребывать лишь в твёрдом состоянии: либо на твёрдой поверхности (при наличии) небесного тела, либо в виде аэрозоля взвешанных в атмосфере кристаллов.

а) Какие классические планеты располагаются внутри сферы сублимации сухого льда (CO_2)?

Ответ:

- ✓ Меркурий
- ✓ Венера
- ✓ Земля
- ✓ Марс
- ✓ Юпитер
- • Сатурн
- • Уран
- • Нептун

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Чему равна температура сухого льда CO_2 на поверхности его сферы сублимации? Ответ выразите в градусах Фаренгейта.

Ответ: засчитывается в диапазоне [−210; −200]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Какая планета ближе прочих располагается к поверхности сферы сублимации водяного льда (H_2O)?

Ответ:

- • Меркурий
- • Венера
- • Земля
- • Марс
- ✓ Юпитер
- • Сатурн
- • Уран
- • Нептун
- • Плутон

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Чему равна температура поверхности этой планеты по шкалам Цельсия и Фаренгейта?

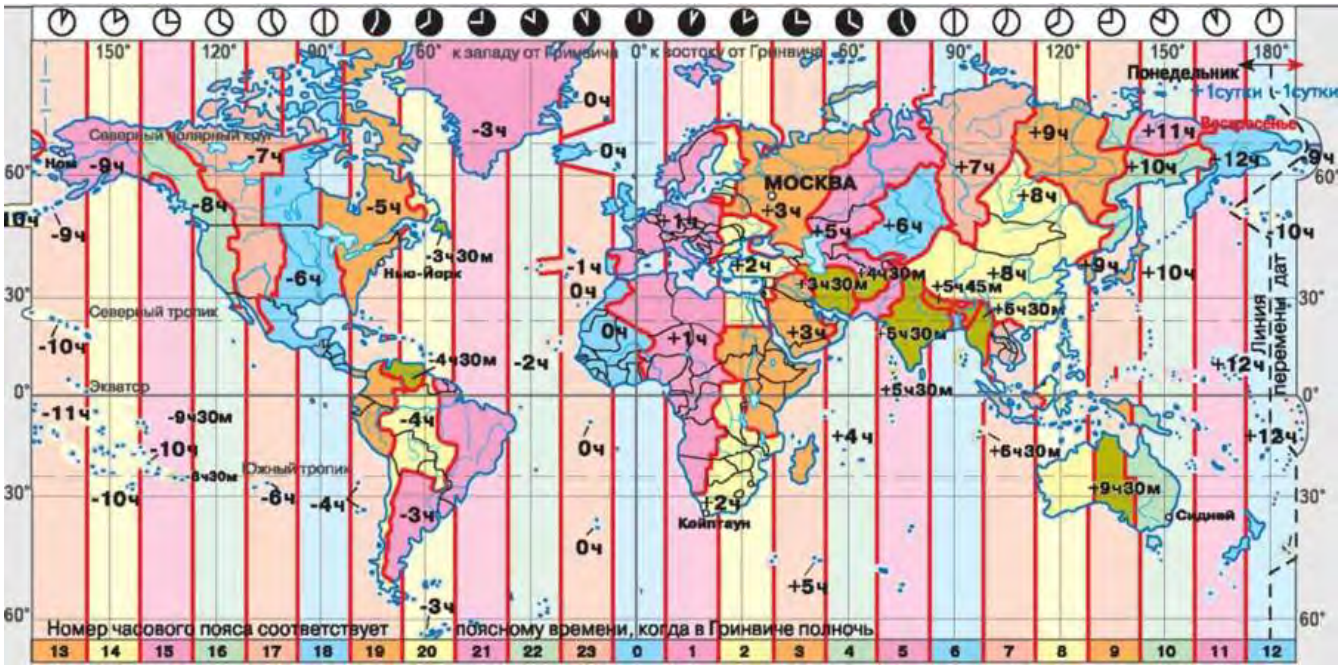
Ответ: засчитывается в диапазоне [−110; −100] (по Цельсию); засчитывается в диапазоне [−170; −160] (по Фаренгейту)

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

Максимальный балл за задание — 13

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 6. Вариант 1. Дана карта мира с разбиением его на территории на часовые пояса. Здесь большими жирными арабскими цифрами со знаком указаны значения разности ΔT времени, определённого в данном и гринвическом часовых поясах. На нижней кромке карты указаны номера часовых поясов.



а) На какое количество поясов разделена территория материка Австралия?

Ответ: 3

Критерий оценивания: точное совпадения ответа — 1 балл

б) Чему равна разность показаний часов, демонстрирующих поясное время, для жителей поясов с разностями $\Delta T_1 = +4$ и $\Delta T_2 = -5$? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: 9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Какое время показывают часы (по поясному времени) жителя Нью-Йорка в тот момент, когда часы жителя Москвы показывают полночь? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 04:00

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

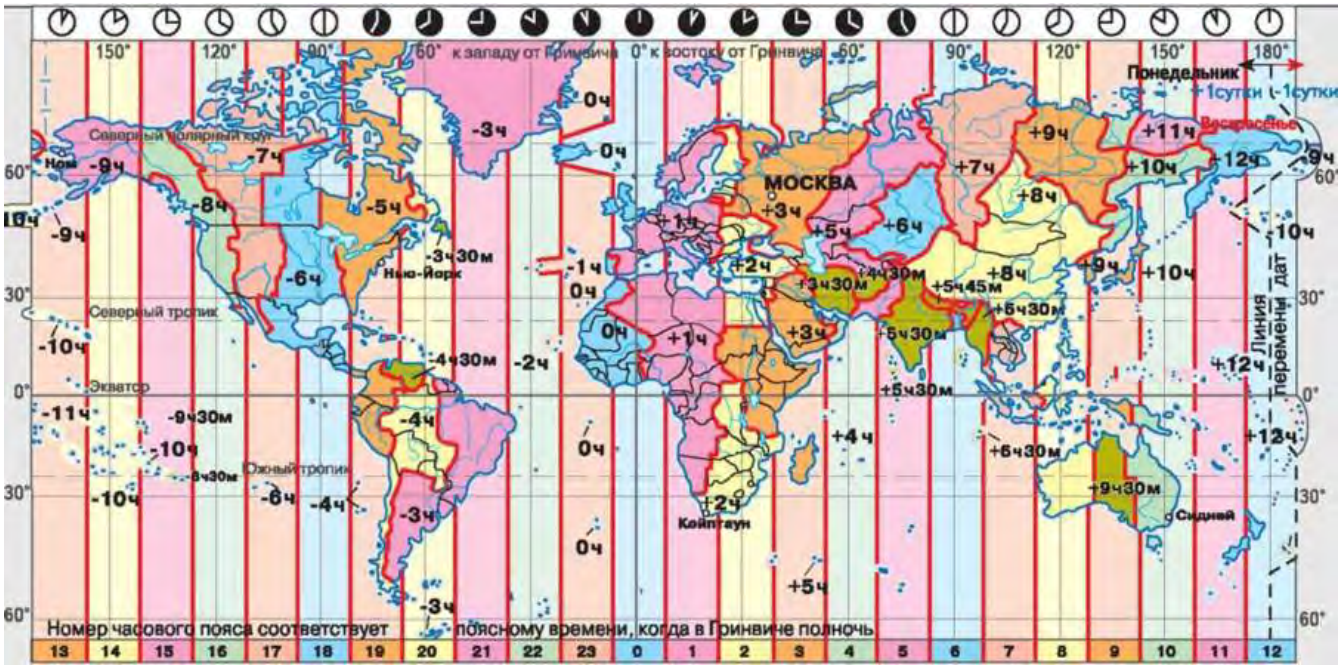
Решение.

а) Территория материка Австралия разделена на 3 пояса.

б) Разность показаний часов, демонстрирующих поясное время, для жителей поясов с разностями $\Delta T_1 = +4$ и $\Delta T_2 = -5$, очевидно, будет представляться разностью $\Delta T_1 - \Delta T_2 = +4 - (-5) = 9$ часов.

в) Согласно рисунку, Москва принадлежит часовому поясу с $\Delta T = +3$, а Нью-Йорку — часовому поясу с $\Delta T = -5$. Следовательно, разность показаний часов в Нью-Йорке и Москве равна +8 часов. Если в Москве полдень, то в Нью-Йорке часы должны показывать 04:00.

Задание 6. Вариант 2. Дана карта мира с разбиением его на территории на часовые пояса. Здесь большими жирными арабскими цифрами со знаком указаны значения разности ΔT времени, определённого в данном и гринвическом часовых поясах. На нижней кромке карты указаны номера часовых поясов.



а) На какое количество поясов разделена территория материка Африка?

Ответ: 4

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Чему равна разность показаний часов, демонстрирующих поясное время, для жителей поясов с разностями $\Delta T_1 = +5$ и $\Delta T_2 = -6$? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: 11

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Какое время показывают часы (по поясному времени) жителя Нью-Йорка в тот момент, когда часы жителя Москвы показывают полночь? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

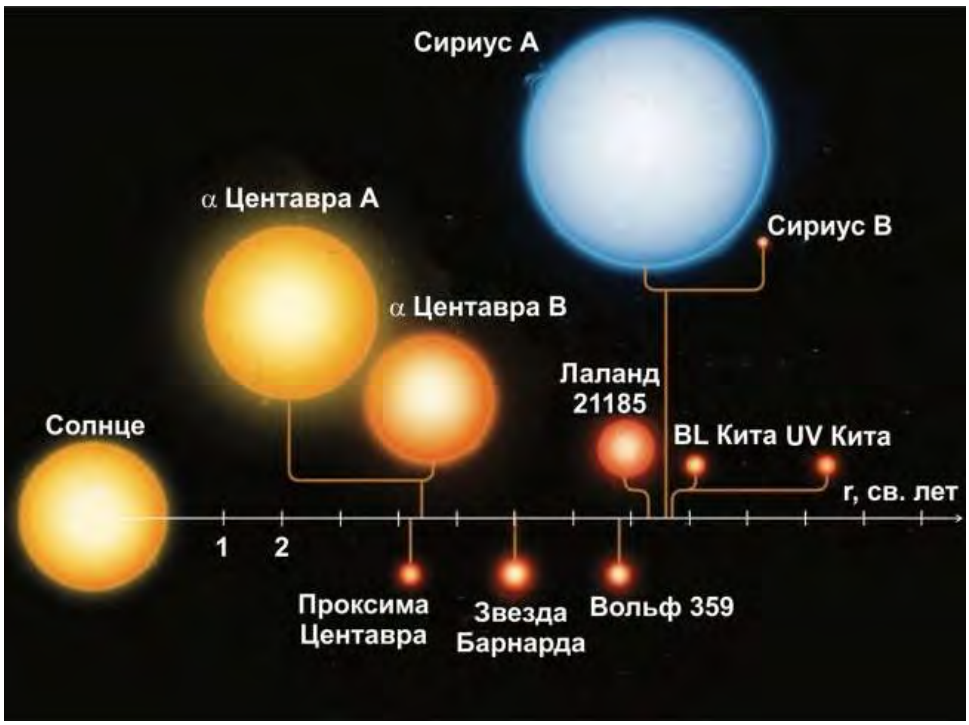
Ответ: 12:00

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 7. Вариант 1. Дана диаграмма распределения 10 ближайших звёзд в окрестности Солнца.



Ветви графа, соединяющие звёзды, указывают на их физическую двойственность. Координаты оснований перпендикуляров, восстановленных из тел звёзд на ось расстояний, определяют текущее расстояние от них до Солнца. В таблице представлены их основные характеристики.

Звезда	$M_*/M_\odot$	$R_*/R_\odot$	$L_*/L_\odot$	T, К	m_*, ^{m}	СпКл	КлСв
Проксима Центавра	0.123	0.145	$6 \cdot 10^{-5}$	3042	11.5	$M5.5$	V
α Центавра A	1.10	1.227	1.519	5750	−0.01	$G2$	V
α Центавра B	0.90	0.865	0.500	5250	+1.34	$K1$	V
Звезда Барнарда	0.17	0.15	$4 \cdot 10^{-4}$	3134	9.57	$M4$	V
Вольф 359	0.10	0.16	$2 \cdot 10^{-5}$	2800	13.53	$M6$	V
Лаланд 21185	0.39	0.39	0.021	3547	7.52	$M2$	V
Сириус A	2.063	1.713	24.7	9845	−1.46	$A0$	V
Сириус B	1.018	0.0081	0.024	25000	+8.44	$D.A$	VII
BL Кита	0.122	0.165	$1.47 \cdot 10^{-3}$	2784	12.8	$M5.5$	V
UV Кита	0.116	0.159	$1.25 \cdot 10^{-3}$	2728	12.8	$M6$	V

Примечание: здесь M_*, R_*, L_* — значения массы, радиуса, светимости звезды соответственно, T_* — эффективная температура её поверхности, m_* — её видимая звездная величина; $M_\odot$, $R_\odot$, $L_\odot$ — значения массы, радиуса, светимости Солнца соответственно; СпКл — спектральный класс звезды, КлСв — класс её светимости; К (кельвин) — единица измерения эффективной температуры.

а) Какая пара звёзд образует наиболее массивную физически двойную звезду?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- ✓ Сириус A
- ✓ Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Чему равно расстояние от Солнца до этой двойной звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Какая звезда является самой тусклой с позиции земного наблюдателя? **Ответ:**

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- ✓ Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- Сириус B
- BL Кита
- UV Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

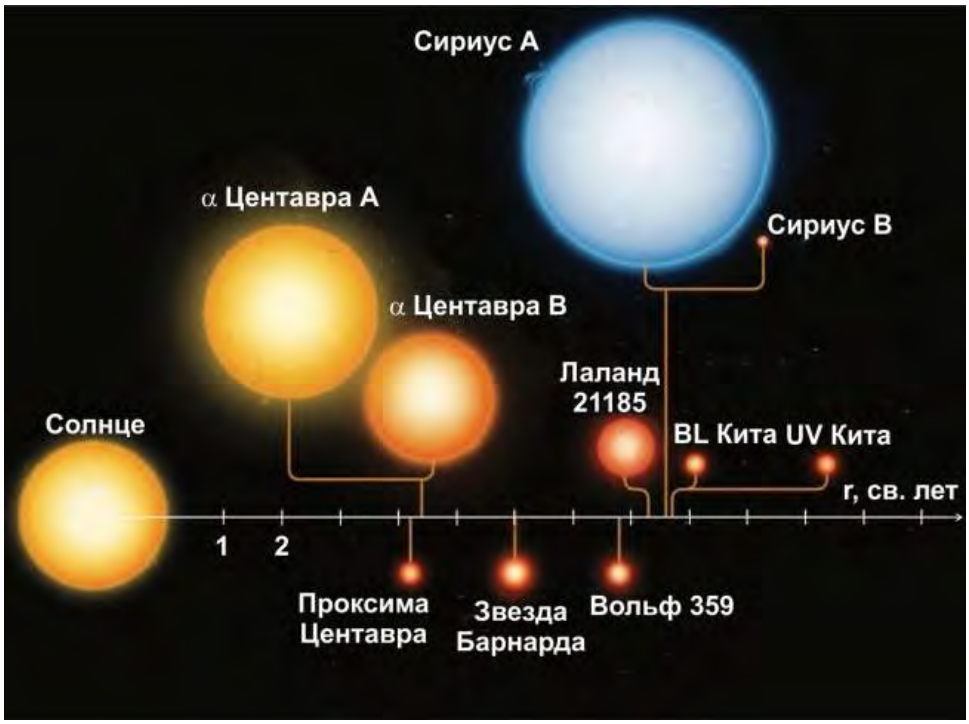
а) В ближайшем окружении Солнца существуют 3 двойные звезды. Среди них наиболее массивной является пара Сириус A, Сириус B.

б) Согласно рисунку, расстояние от данной звезды до Солнца составляет 9 световых лет.

в) Наиболее тусклой будет звезда с наибольшей звёздной величиной. Среди перечисленных такой звездой является Вольф 359.

г) Согласно рисунку, расстояние от данной звезды до Солнца составляет 8 световых лет.

Задание 7. Вариант 2. Дана диаграмма распределения 10 ближайших звёзд в окрестности Солнца.



Ветви графа, соединяющие звёзды, указывают на их физическую двойственность. Координаты оснований перпендикуляров, восстановленных из тел звёзд на ось расстояний, определяют текущее расстояние от них до Солнца. В таблице представлены их основные характеристики.

Звезда	$M_*/M_\odot$	$R_*/R_\odot$	$L_*/L_\odot$	T, К	m_*, ^{m}	СпКл	КлСв
Проксима Центавра	0.123	0.145	$6 \cdot 10^{-5}$	3042	11.5	$M5.5$	V
α Центавра A	1.10	1.227	1.519	5750	−0.01	$G2$	V
α Центавра B	0.90	0.865	0.500	5250	+1.34	$K1$	V
Звезда Барнарда	0.17	0.15	$4 \cdot 10^{-4}$	3134	9.57	$M4$	V
Вольф 359	0.10	0.16	$2 \cdot 10^{-5}$	2800	13.53	$M6$	V
Лаланд 21185	0.39	0.39	0.021	3547	7.52	$M2$	V
Сириус A	2.063	1.713	24.7	9845	−1.46	$A0$	V
Сириус B	1.018	0.0081	0.024	25000	+8.44	$D.A$	VII
BL Кита	0.122	0.165	$1.47 \cdot 10^{-3}$	2784	12.8	$M5.5$	V
UV Кита	0.116	0.159	$1.25 \cdot 10^{-3}$	2728	12.8	$M6$	V

Примечание: здесь M_*, R_*, L_* — значения массы, радиуса, светимости звезды соответственно, T_* — эффективная температура её поверхности, m_* — её видимая звездная величина; $M_\odot$, $R_\odot$, $L_\odot$ — значения массы, радиуса, светимости Солнца соответственно; СпКл — спектральный класс звезды, КлСв — класс её светимости; К (кельвин) — единица измерения эффективной температуры.

а) Масса какой звезды наиболее близка по значению к массе Солнца?

а) Какая пара звёзд образует наименее массивную физически двойную звезду?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра A
- α Центавра B
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус A
- Сириус B

✓ *BL* Кита
✓ *UV* Кита

б) Чему равно расстояние от Солнца до этой двойной звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

Ответ: 9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Какая звезда является самой яркой с позиции земного наблюдателя?

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра *A*
- α Центавра *B*
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185

✓ Сириус *A*

- Сириус *B*
- *BL* Кита
- *UV* Кита

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Чему равно расстояние от Солнца до этой звезды? Ответ выразите в световых годах, округлите до целых.

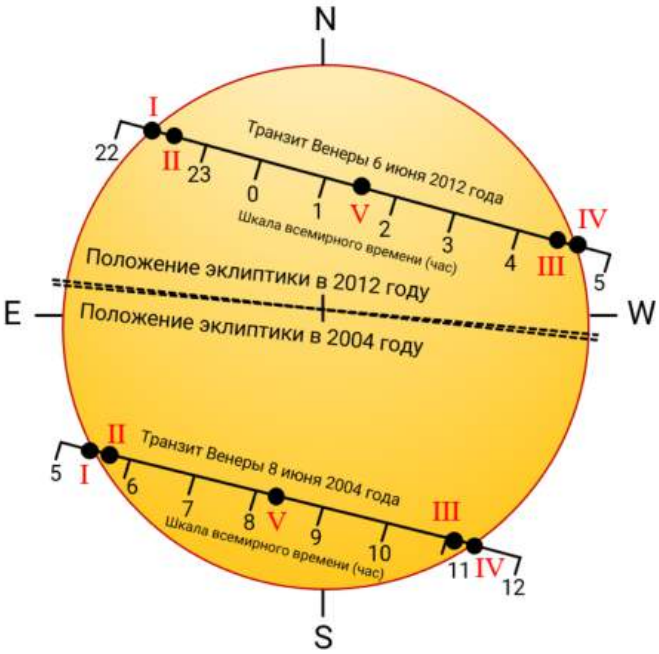
Ответ: 9

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 8. Вариант 1. На рисунке показан транзит (прохождение) Венеры по диску Солнца, произошедший 8 июня 2004 года.



Буквами *E* и *W* обозначены направления на стороны света (восток и запад соответственно) с позиции земного наблюдателя, расположенного в Северном географическом полушарии, а буквами *N* и *S* направления на северный и Южный полюсы мира соответственно. Представлена шкала всемирного времени в часах. Римскими цифрами обозначены основные фазы транзита и соответствующие положения Венеры.

а) Определите момент времени, соответствующий фазе V (фазе наибольшего сближения центров дисков данных тел) транзита Венеры от 8 июня 2004 года. Ответ выразите в часах по шкале всемирного времени, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [8.2; 8.5]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Определите полную продолжительность (фазы I-IV) транзита Венеры от 8 июня 2004 года. Ответ выразите в часах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [5.8; 6.5]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

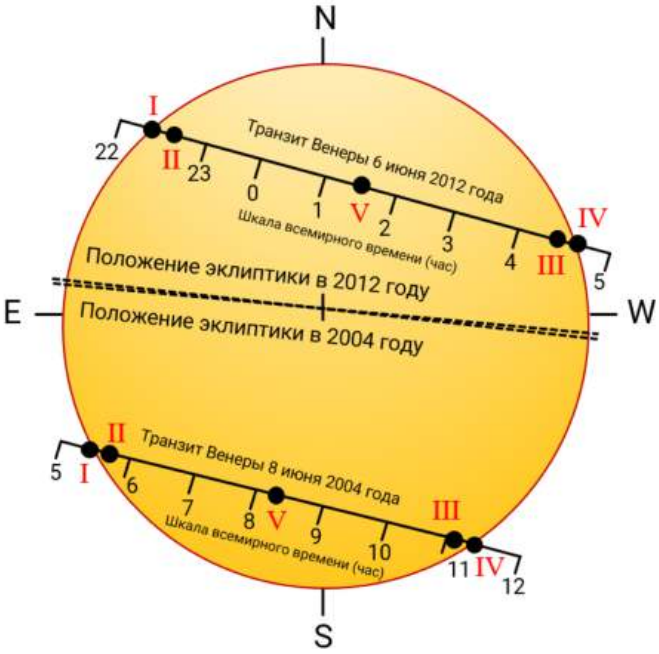
Максимальный балл за задание — 7

Решение.

а) Положение Венеры, соответствующее фазе V, отвечает моменту между 8 и 9 часами и приблизительно составляет 8.3 часа по шкале Всемирного времени. Принимается значение из интервала [8.2; 8.5].

б) Фаза I наступила приблизительно в момент 5.3 часа по Всемирного времени, а фаза IV — в момент 11.3 часа по той же шкале. Следовательно, полная продолжительность транзита Венеры составляет 6 часов. В качестве ответа на данный вопрос принимается значение из интервала [5.8; 6.5].

Задание 8. Вариант 2. На рисунке показан транзит (прохождение) Венеры по диску Солнца, произошедший 8 июня 2004 года.



Буквами E и W обозначены направления на стороны света (восток и запад соответственно) с позиции земного наблюдателя, расположенного в Северном географическом полушарии, а буквами N и S направления на северный и южный полюсы мира соответственно. Представлена шкала всемирного времени в часах. Римскими цифрами обозначены основные фазы транзита и соответствующие положения Венеры.

а) Определите момент времени, соответствующий фазе V (фазе наибольшего сближения центров дисков данных тел) транзита Венеры от 6 июня 2012 года. Ответ выразите в часах по шкале всемирного времени, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1.3; 1.7]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Определите полную продолжительность (фазы I-V) транзита Венеры от 6 июня 2012 года. Ответ выразите в часах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [6.1; 7.0]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 7

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 9. Вариант 1. Как известно, угол наибольшей элонгации Венеры (в приближении круговой орбиты) с поверхности Земли равен 46°.

а) Чему равен радиус орбиты верхнего небесного тела, с поверхности которого угол наибольшей элонгации Земли равен 46°? Ответ выразите в а. е., округлите до десятых. Радиус орбиты Земли равен 1 а. е.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1.3; 1.5]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Чему равен сидерический период обращения этого небесного тела вокруг Солнца? Ответ выразите в годах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1.5; 1.8]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение.

а) Угол наибольшей элонгации Земли, равный $\alpha = 46°$, достигается, очевидно, в момент когда Солнце, Земля и данное тело образуют прямоугольный треугольник, для которого можно записать следующую связь радиусов орбит Земли ($R_з$) и тела ($R_т$):

$$\sin\alpha = \frac{R_З}{R_T}, \quad R_T = \frac{R_З}{\sin\alpha} = 1.39 \text{ а. е.}$$

В качестве ответа на данный вопрос принимается значение из интервала: [1.3; 1.5] а.е.

б) Далее воспользуемся 3-м законом Кеплера для Земли и данного тела:

$$\left(\frac{T_з}{T_ю}\right)^2 = \left(\frac{a_з}{a_ю}\right)^3, \quad \Rightarrow \quad T_ю = T_з \cdot \left(\frac{a_ю}{a_з}\right)^{3/2} = 1.6 \text{ лет.}$$

В качестве ответа на данный вопрос принимается значение из интервала: [1.3; 1.8] а. е.

Задание 9. Вариант 2. Как известно, угол наибольшей элонгации Меркурия (в приближении круговой орбиты) с поверхности Земли равен 23°.

а) Чему равен радиус орбиты верхнего небесного тела, с поверхности которого угол наибольшей элонгации Земли равен 23°? Ответ выразите в а.е., округлите до десятых. Радиус орбиты Земли равен 1 а.е.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2.5; 2.7]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) Чему равен сидерический период обращения этого небесного тела вокруг Солнца? Ответ выразите в годах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [4.0; 4.4]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 8

Решение по аналогии с вариантом 1

Задание 10. Тесная физически двойная звезда состоит из двух одинаковых компонентов, движущихся по круговой орбите и касающихся друг друга поверхностями. Масса каждого компонента равна массе Солнца, а радиус равен $0.6R_\odot$, где $R_\odot = 695\,500$ км — радиус Солнца.

Форма каждого компонента — шар. С использованием третьего обобщённого закона Кеплера $M_1+M_2 = \dfrac{a^3}{T^2}$ определите сидерический период T обращения компонентов двойной системы вокруг их общего центра масс. Ответ выразите в часах, округлите до десятых.

Примечание: В формуле сидерический период T обращения данной пары должен быть выражен в земных годах, массы звёзд M_1, M_2 — в массах Солнца, а расстояние между компонентами a — в астрономических единицах;
1 год = 365.26 сут, 1 сут = 24 часа; 1 а. е. = 149 597 870.7 км.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2.3; 3.2]

Решение.

Выразим из 3-го обобщённого закона Кеплера период обращения двойной звезды:

$$T = \frac{a^{3/2}}{\sqrt{M_1 + M_2}}.$$

Поскольку звёзды одинаковые, а их радиусы равны $\alpha R_\odot$, искомое расстояние a между центрами масс этих звёзд равно $2\alpha R_\odot$. В итоге получаем

$$T = \frac{(2\alpha R_\odot)^{3/2}}{\sqrt{M_1 + M_2}} = 2.6 \text{ часа.}$$

Принимается значение из интервала [2.3; 3.2].

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 10.

№ варианта	α	$T_{\min}$, час	$T_{\max}$, час
1	0.60	2.3	3.2
2	0.65	2.6	3.6
3	0.70	2.9	4.0
4	0.75	3.2	4.4
5	0.80	3.6	4.8
6	0.85	3.9	5.2
7	0.90	4.3	5.7
8	0.95	4.6	6.1
9	1.00	5.0	6.6
10	1.05	5.4	7.1
11	1.10	5.8	7.5
12	1.15	6.2	8.0
13	1.20	6.6	8.5
14	1.25	7.0	9.1
15	1.30	7.4	9.6
16	1.35	7.8	10.1
17	1.40	8.3	10.7