

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 ÷ 3	4	5 ÷ 6	7 ÷ 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.

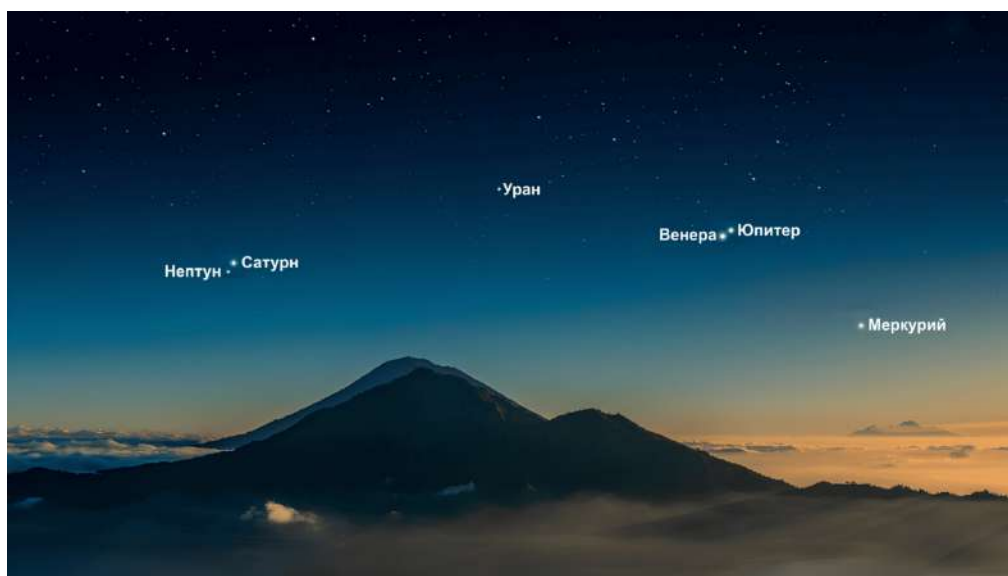
в) Все планеты выстроились вдоль дуги эклиптики, поскольку орбиты всех больших классических планет лежат приблизительно в одной плоскости — плоскости эклиптики.

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 пересекали 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



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).

Покрывтие — 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).

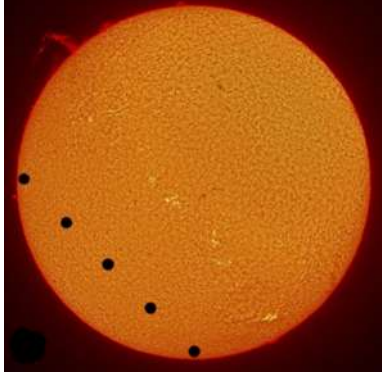

Транзит (или прохождение) — астрономическое явление, во время которого одно небесное тело проходит перед другим, заслоняя его лишь частично. При этом, как правило, угловой размер затмевающего тела гораздо меньше углового размера затмеваемого тела. Следствием является наличие сходящегося конуса тени, 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:

	<p>Затмение</p>
---	-----------------

	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.


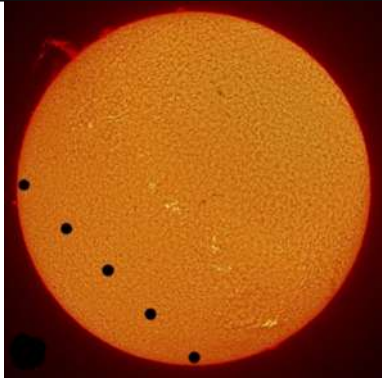

Затмение — астрономическое явление, во время которого одно небесное тело проходит перед другим, заслоняя его полностью или частично. При этом, как правило, угловые размеры данных тел сопоставимы по значению и затмевающее тело отбрасывает сходящийся конус тени, который достигает наблюдателя либо затмеваемое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

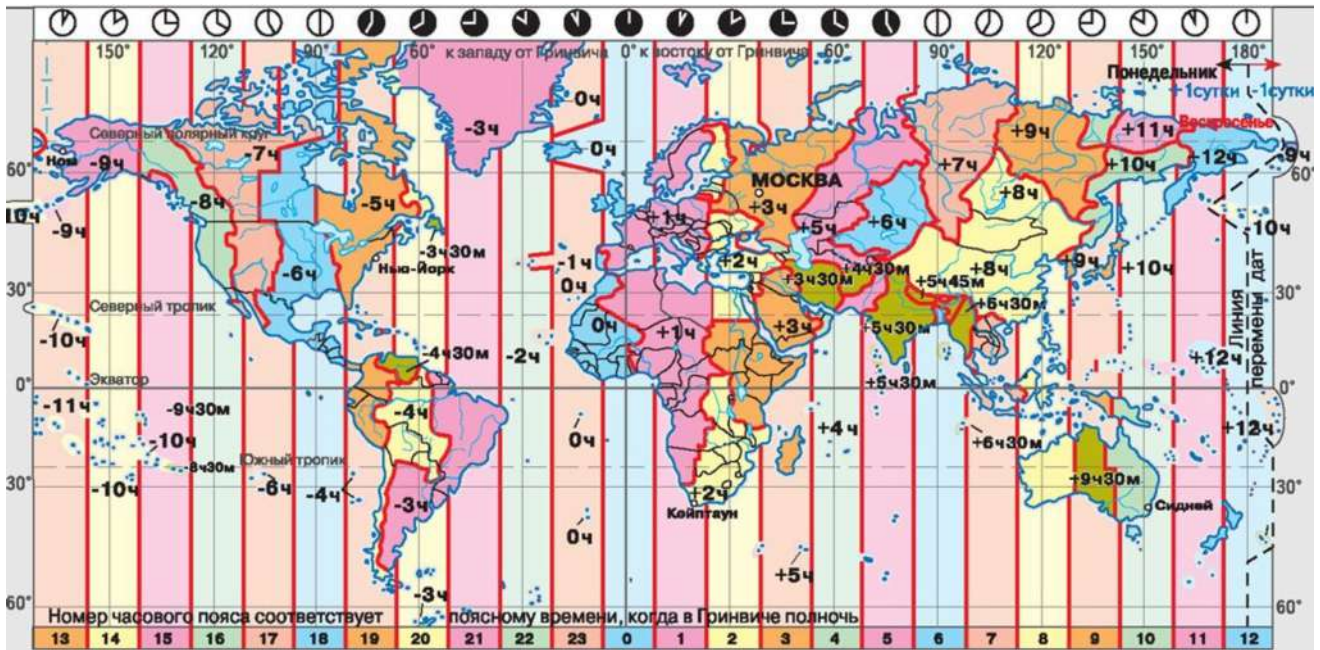
Покрытие	Луна и звезда Антарес Солнце и Меркурий Юпитер и его спутник Ио
Затмение	Солнце и Луна
Транзит	Юпитер и его спутник Ио Солнце и Меркурий

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 гринвичском 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.

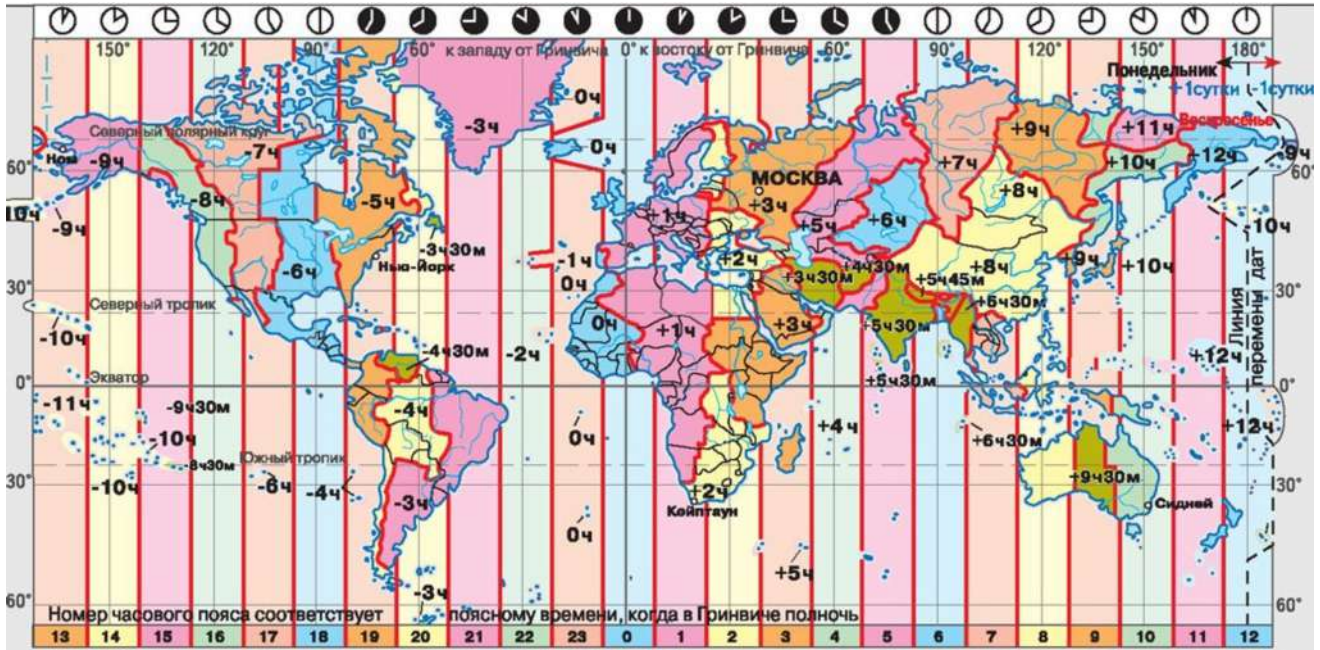
а) В мире имеется 24 часовых пояса.

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.

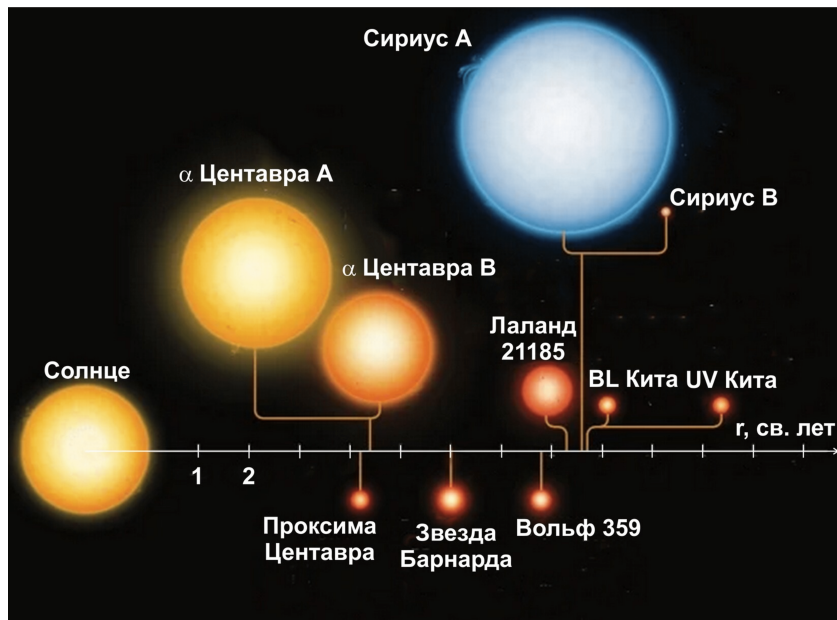
Ответ: 23:00

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 А	1.10	1.227	1.519	5750	-0.01	G2	V
α Центавра В	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 А	2.063	1.713	24.7	9845	-1.46	A0	V
Сириус В	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 А
- α Центавра В
- Звезда Барнарда
- ✓ Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус А
- Сириус В
- 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 А
- α Центавра В
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус А
- Сириус В
- 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.

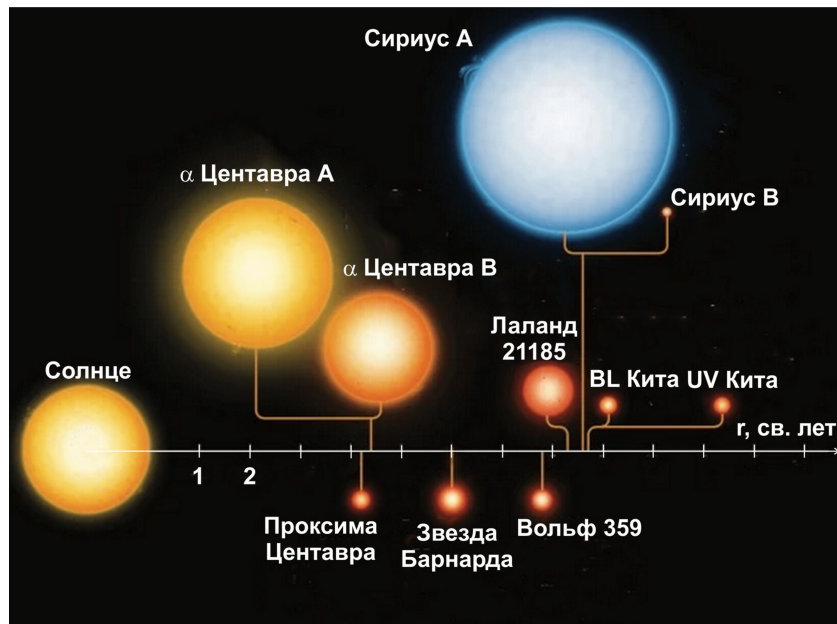
а) Из представленных звёзд массой, в 10 раз отличающейся от массы Солнца, обладает Вольф 359.

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 , К	m_* , m	СпКл	КлСв
Проксима Центавра	0.123	0.145	$6 \cdot 10^{-5}$	3042	11.5	M5.5	V
α Центавра А	1.10	1.227	1.519	5750	-0.01	G2	V
α Центавра В	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 А	2.063	1.713	24.7	9845	-1.46	A0	V
Сириус В	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 А
- α Центавра В
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- ✓ Сириус А
- Сириус В
- 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.

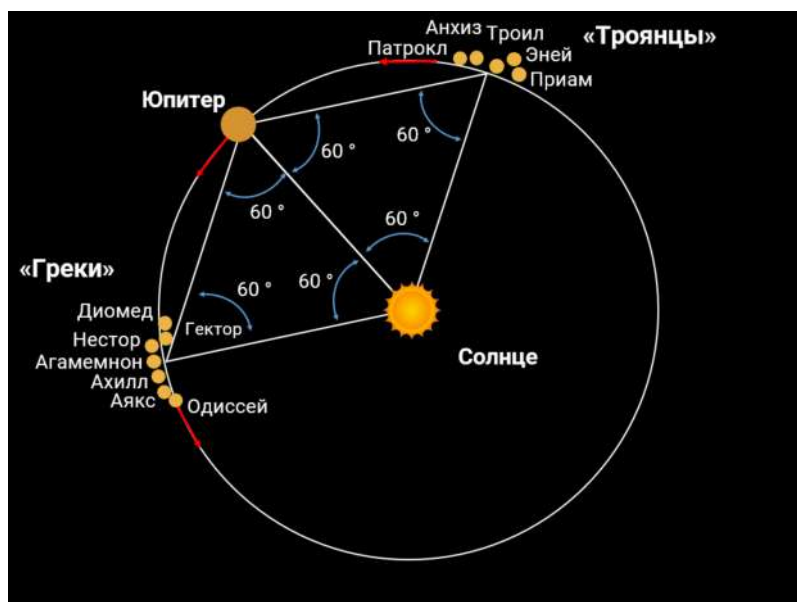
Ответ: 9

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

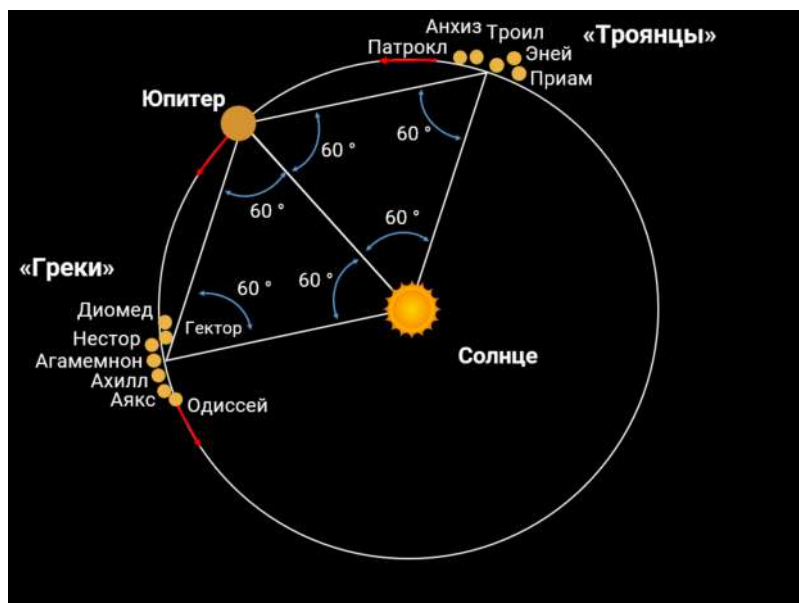
Решение.

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:

$$\left(\frac{T_3}{T_{Ю}}\right)^2 = \left(\frac{a_3}{a_{Ю}}\right)^2 \Rightarrow T_{Ю} = T_3 \cdot \left(\frac{a_{Ю}}{a_3}\right)^{3/2} = 11.9 \text{ лет.}$$

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 кометы 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:

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

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	$t_{\text{нач}}$	$t_{\text{кон}}$	ω_{min} , УГЛ. МИН.	ω_{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:

$$\rho = \frac{3 \cdot N \cdot M_3}{4 \cdot \pi \cdot R_c^3} = 4.77 \frac{M_\odot}{\text{пк}^3},$$

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} , $M_\odot/\text{пк}^3$	p_{\max} , $M_\odot/\text{пк}^3$
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