

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

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

Ответ:

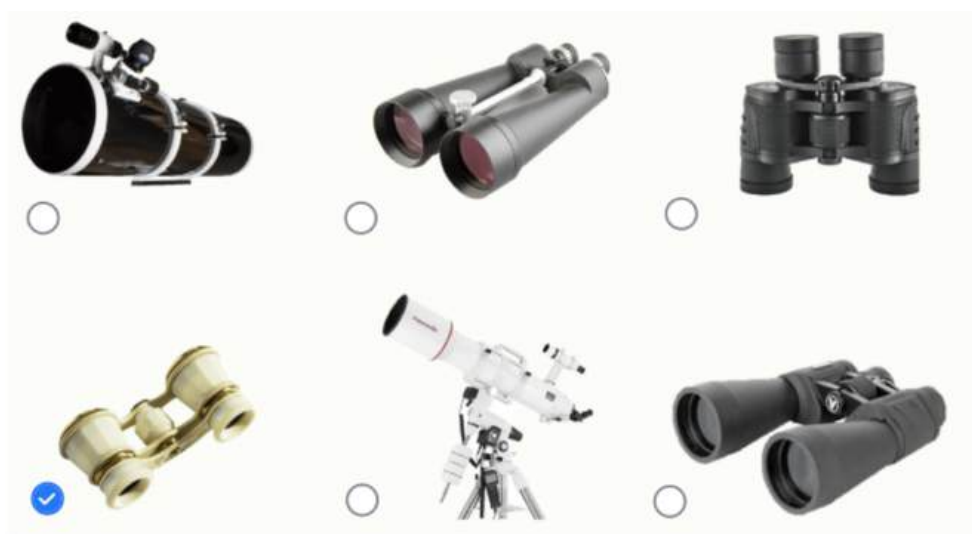
	Театральный бинокль, 2,5 × 25
	Бинокляр, 25 × 100
	Рефлектор, ($D= 300$ мм, $F= 1500$ мм) + окуляр $f= 12$ мм
	Рефрактор, ($D= 152$ мм, $F= 760$ мм) + окуляр $f= 4$ мм
	Астрономический бинокль, 12 × 60



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

б) Какой из этих инструментов обладает наименьшим угловым увеличением?

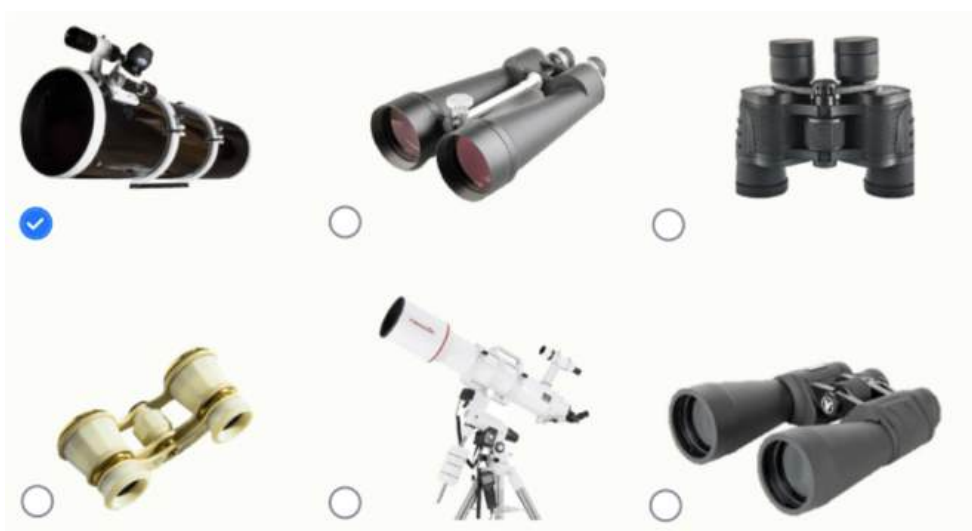
Ответ:



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: бинокляр — 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 бинокляр 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 $\Gamma = \frac{F}{f}$.

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

Ответ:

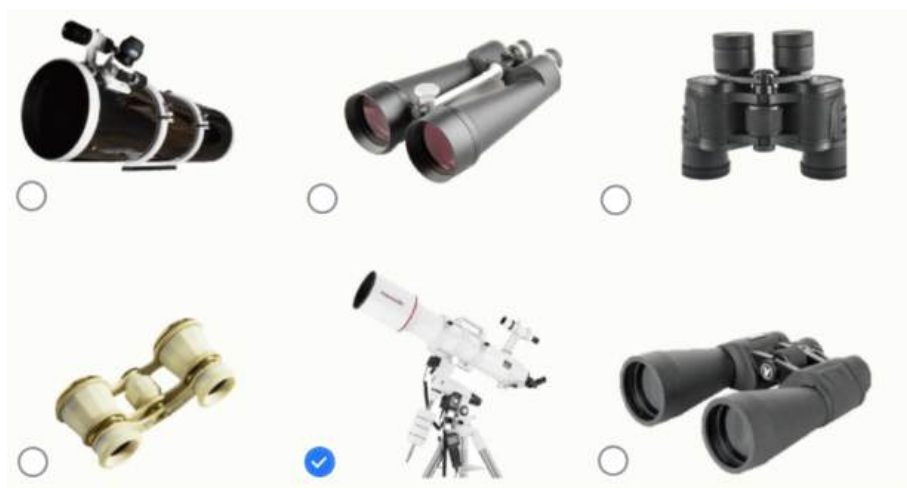
	Театральный бинокль, 2.5×25
	Бинокляр, 25×100
	Рефлектор, ($D = 300$ мм, $F = 1500$ мм) + окуляр $f = 12$ мм
	Рефрактор, ($D = 152$ мм, $F = 760$ мм) + окуляр $f = 4$ мм

	<p>Астрономический бинокль, 12 × 60</p>
	<p>Полевой бинокль, 8 × 40</p>

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

б) Какой из этих инструментов обладает наибольшим угловым увеличением?

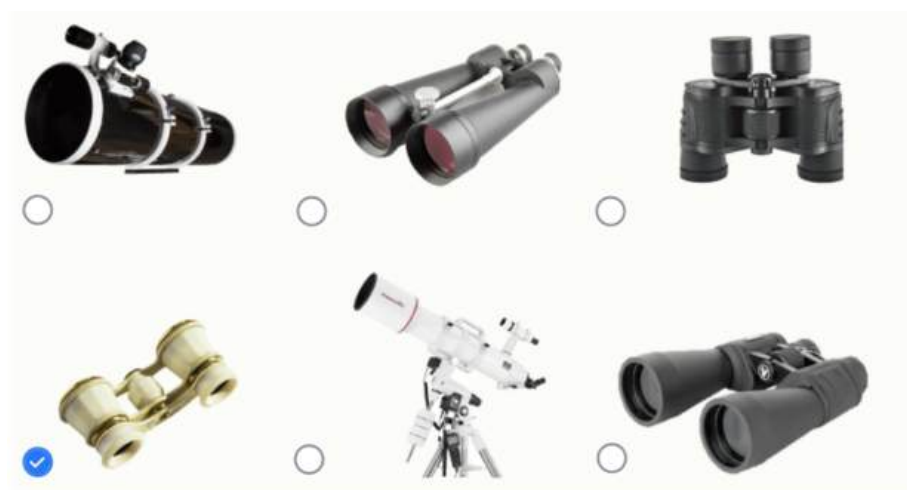
Ответ:



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:

	<p>III</p>
	<p>II</p>
	<p>I</p>



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:

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

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

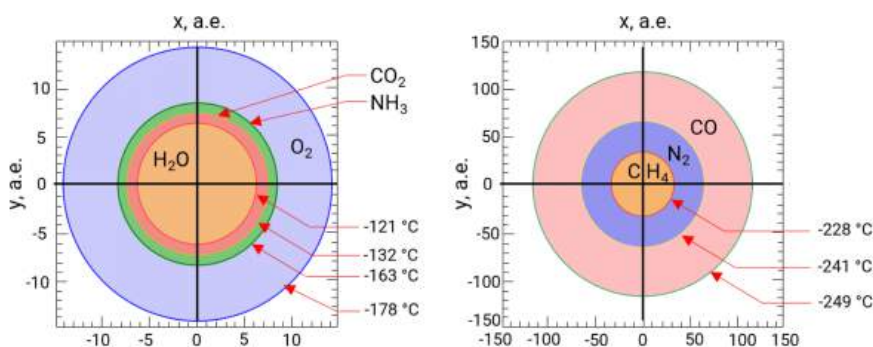
**Матрица параметров и ответов к вариантам задания 4.
Пункт в)**

№ 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 $[-395; -405]$.

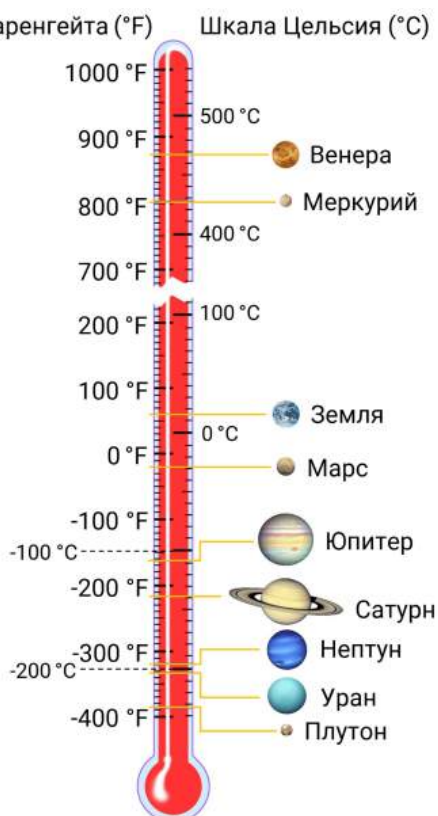
в) Температура на поверхности сферы сублимации метана составляет -241° . Температура поверхности Плутона ближе других к указанному значению.

г) Температура поверхности Плутона составляет -232°C , или -241°F . Принимаются значения из интервалов:

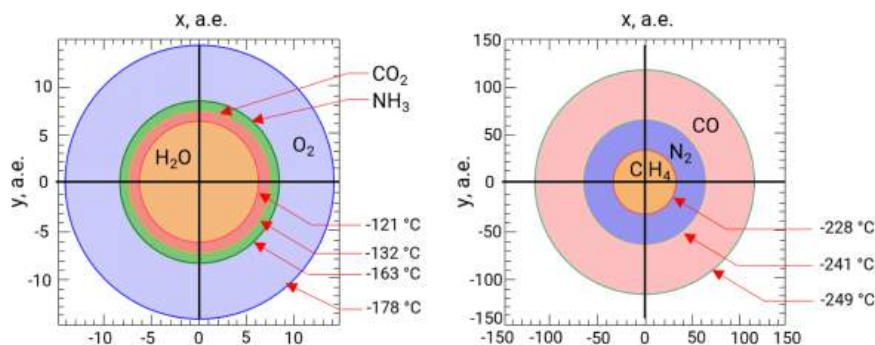
по Цельсию: $[-240, -230]$;

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?

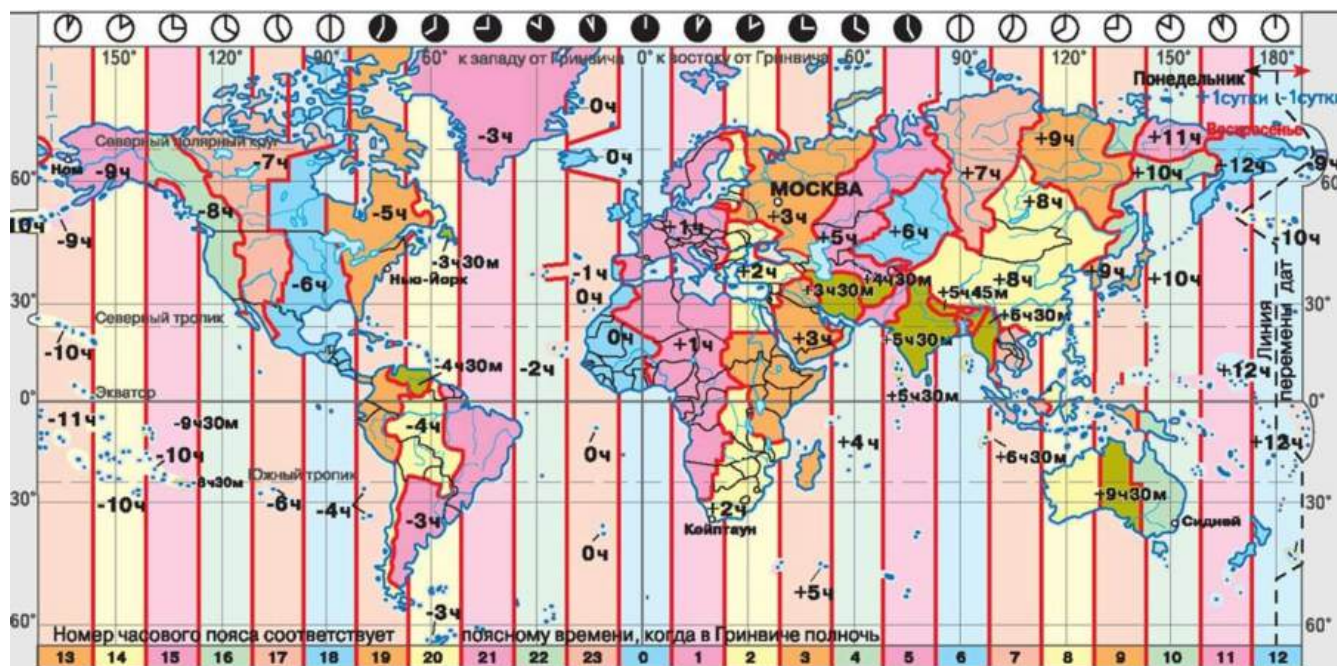
Ответ: засчитывается в диапазоне $[-110; -100]$ (по Цельсию); засчитывается в диапазоне $[-170; -160]$ (по Фаренгейту)

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

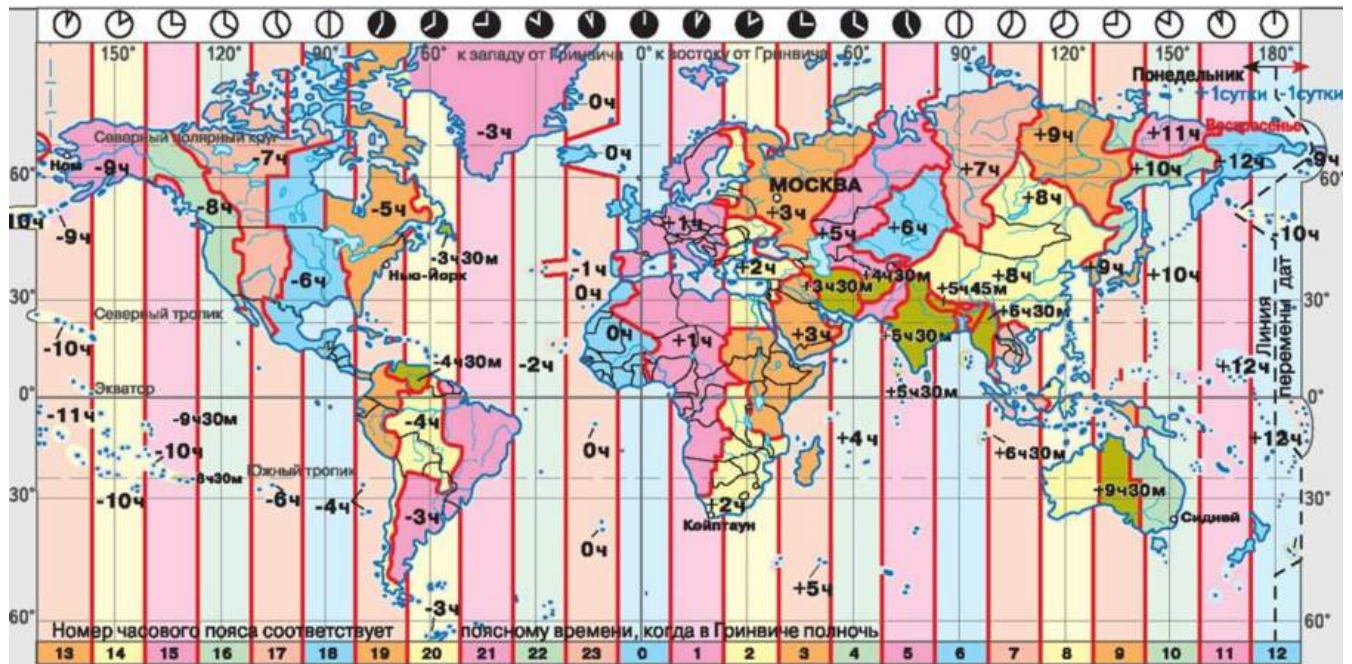
Решение.

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.

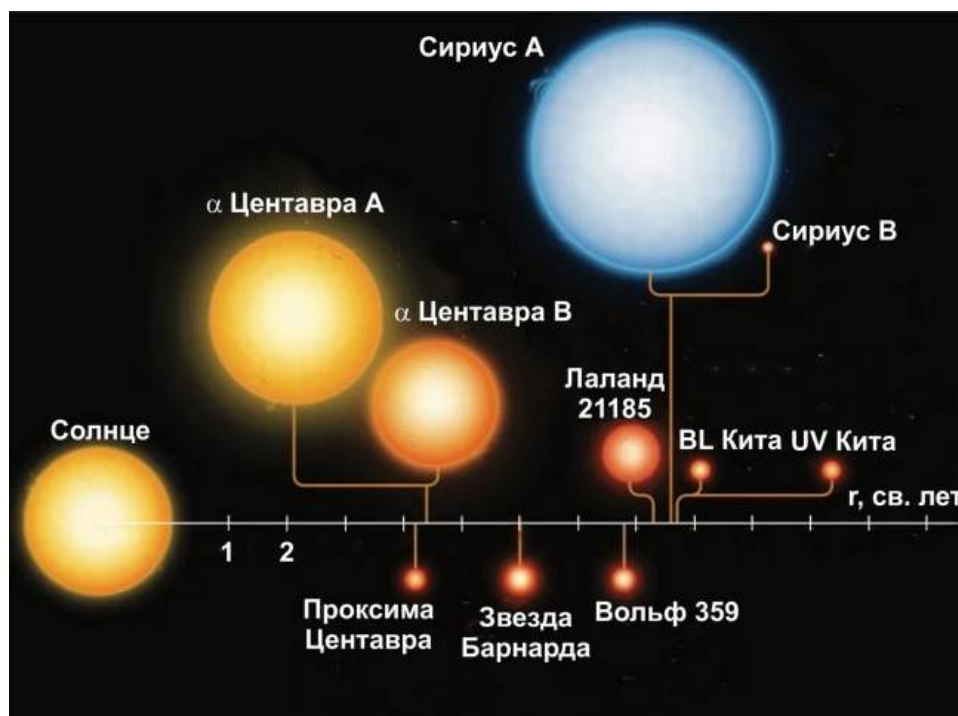
Ответ: 12:00

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 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 пара звёзд образует наиболее массивную физически двойную звезду?

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 — 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 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: 8

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

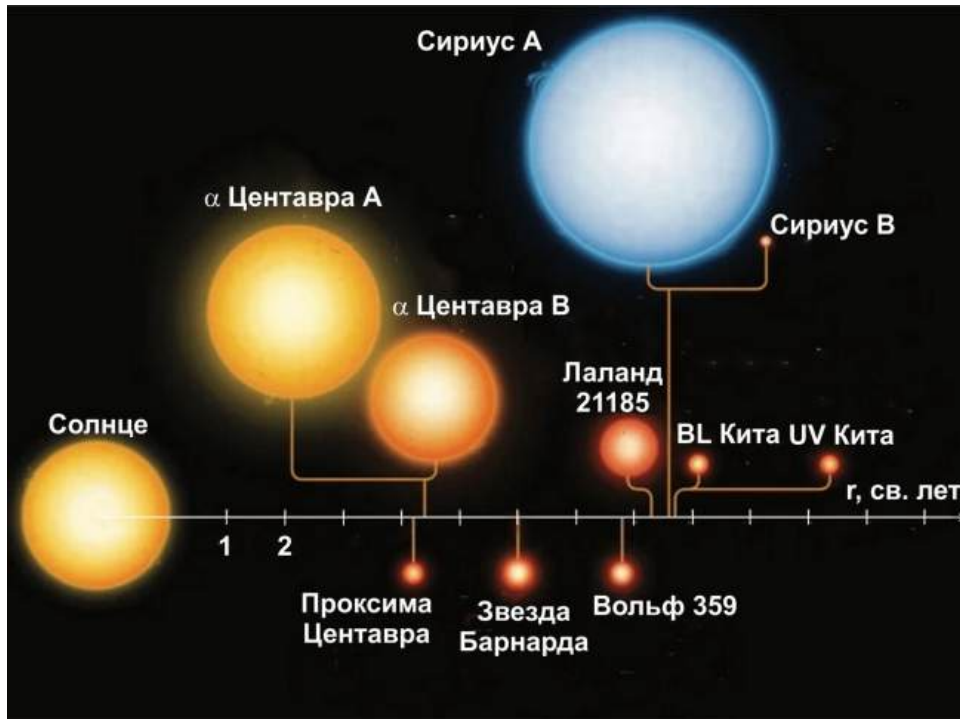
а) В ближайшем окружении Солнца существуют 3 двойные звезды. Среди них наиболее массивной является пара Сириус А, Сириус В.

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 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 наиболее близка по значению к массе Солнца?

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

Ответ:

- Проксима Центавра
- α Центавра А
- α Центавра В
- Звезда Барнарда
- Вольф 359
- Лаланд 21185
- Сириус А
- Сириус В

✓ 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.

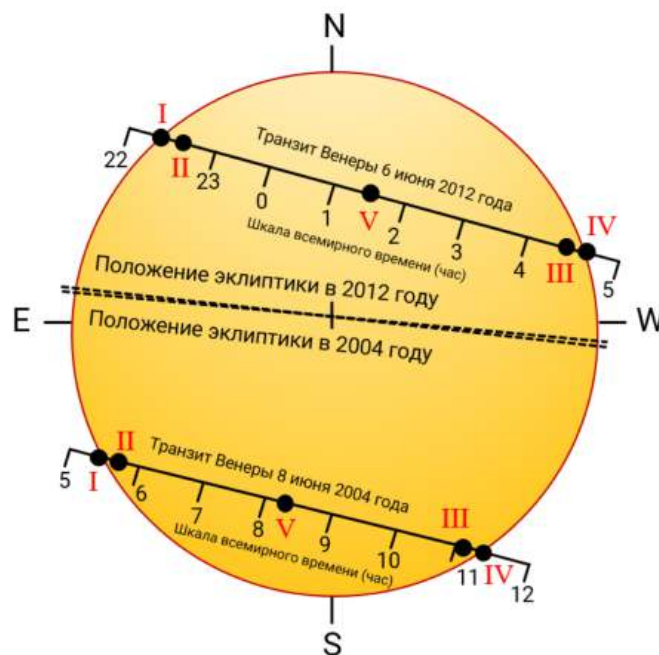
Ответ: 9

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

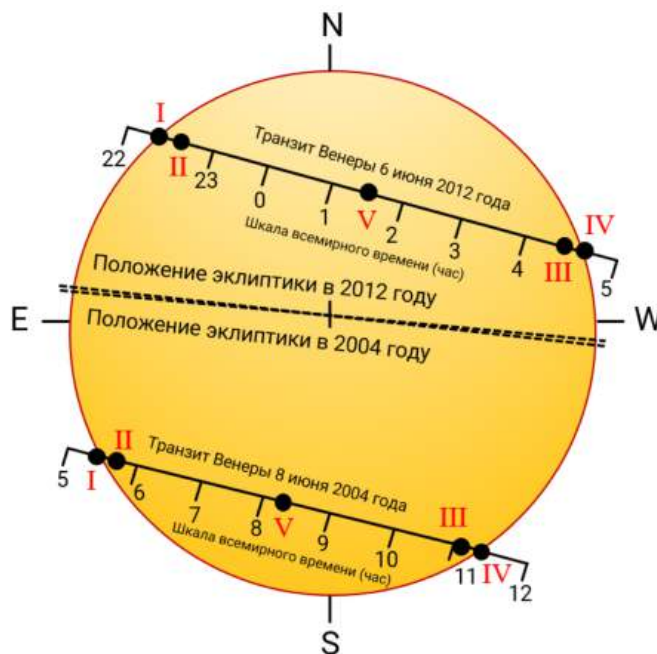
Максимальный балл за задание — 7

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 $\alpha = 46^\circ$, достигается, очевидно, в момент когда Солнце, Земля и данное тело образуют прямоугольный треугольник, для которого можно записать следующую связь радиусов орбит Земли (R_3) и тела (R_T):

$$\sin \alpha = \frac{R_3}{R_T}, \quad R_T = \frac{R_3}{\sin \alpha} = 1.39 \text{ а. е.}$$

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:

$$\left(\frac{T_3}{T_{\text{ю}}}\right)^2 = \left(\frac{a_3}{a_{\text{ю}}}\right)^3, \quad \Rightarrow \quad T_{\text{ю}} = T_3 \cdot \left(\frac{a_{\text{ю}}}{a_3}\right)^{3/2} = 1.6 \text{ лет.}$$

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 $M_1 + M_2 = \frac{a^3}{T^2}$ 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 αR_\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