

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 100

Задание 1. Перед вами изображения Земли, которые предположительно могли быть получены с Луны. Установите соответствие между изображениями Земли и снимками фаз Луны, в которых она должна была находиться для наблюдателя на Земле в этот момент.

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

Ответ:



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

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

Для земного наблюдателя Луна будет находиться в противоположной фазе — освещённые части двух объектов в сумме дают полный освещённый круг, так как Солнце для Луны и для Земли находится с одной стороны. То есть если с Луны видно полную Землю, то Луна будет в новолунии (практически не видна).

Задание 2. Перед вами карта часовых поясов России.



а) Какая разница во времени между Москвой и Якутском? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 06:00

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Самолёт стартовал в 5:00 из Москвы по московскому времени и приземлился в Екатеринбурге в 9:35 по местному времени. Сколько времени длился перелёт из Москвы в Екатеринбург? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 02:35

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) На какой угол проворачивается Земля вокруг своей оси относительно Солнца за 3 часа? Ответ выразите в градусах.

Ответ: 45

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) Сколько часовых поясов в России?

Ответ: 11

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) Перелёт из Новосибирска в Сочи занимает 5 часов 25 минут. Во сколько по местному времени самолёт приземлится в Сочи, если вылетит из Новосибирска в 7:40 по местному времени? Ответ запишите в формате ЧЧ:ММ.

Ответ: 09:05

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Для ответа на этот вопрос достаточно взглянуть на карту. Москва находится в часовом поясе МСК +0, а Якутск — в МСК +6. Между городами 6 часов разницы.

б) Разница во времени между Москвой и Екатеринбургом составляет 2 часа, то есть когда в Москве было 5 утра, в Екатеринбурге было 7:00, приземлился самолёт в 9:35 по времени Екатеринбурга, разница между этими двумя временными отметками и есть продолжительность перелёта: 2 часа 35 минут.

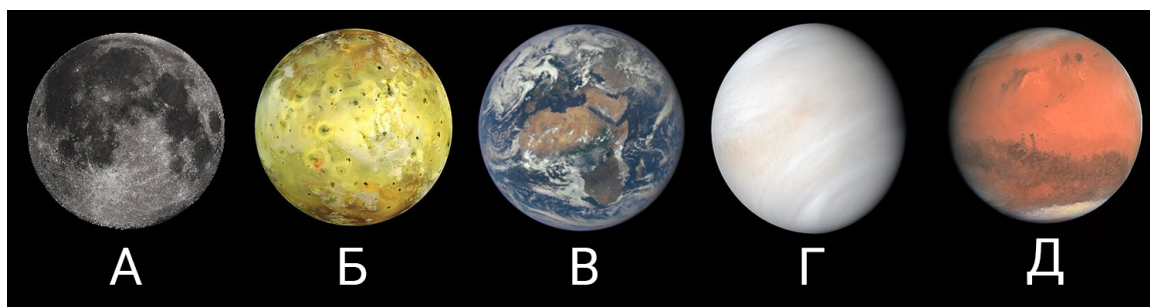
в) За 24 часа Земля делает полный оборот вокруг своей оси относительно Солнца, это 360° . Значит, за 1 час она проворачивается на 15° , а за 3 часа — на 45° .

г) Достаточно взглянуть на карту и посчитать, главное — не забыть Калининград. Итого часовых поясов в России 11.

д) Разница во времени между Сочи и Новосибирском составляет 4 часа, то есть когда в Новосибирске было 7:40, в Сочи было на 4 часа меньше (3:40), приземлился самолёт через 5 часов 25 минут, в 9:05.

Задания 3-4.

3) Расположите объекты в порядке увеличения минимально возможного расстояния от вас до них.



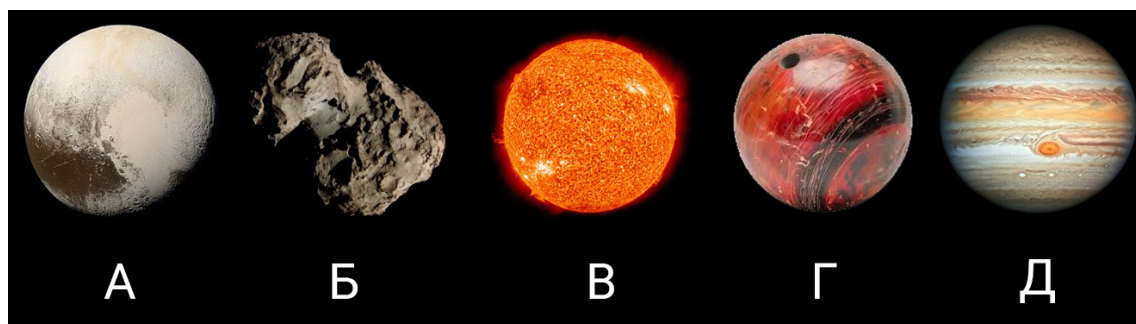
Ответ:

- ✓ В
- ✓ А
- ✓ Г
- ✓ Д
- ✓ Б

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 5 баллов.

За каждую ошибку снимается 2 балла

4) Расположите объекты в порядке уменьшения их размеров.



Ответ:

- ✓ В
- ✓ Д
- ✓ А
- ✓ Б
- ✓ Г

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 5 баллов.

За каждую ошибку снимается 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

3) Участник находится на Земле, поэтому самый близкий объект к нему — Земля. Далее Луна, потом Венера (минимальное расстояние от Земли до Венеры 0.28 астрономической единицы, когда Венера в нижнем соединении), далее Марс (минимальное расстояние от Земли до Марса — 0.52 астрономической единицы, Марс в противостоянии), самый далёкий — спутник Юпитера Ио (примерно 4.2 астрономической единицы, минимальное расстояние примерно такое же, как минимальное расстояние до Юпитера в противостоянии).

4) Самый большой объект из представленных — это Солнце (радиус 695 700 км), далее Юпитер (радиус 69 911 км) — газовый гигант, далее Плутон (радиус 1188 км) — карликовая планета, далее ядро кометы (характерный диаметр ядер комет 0.5–20 км) — оно меньше, чем Плутон, и самый маленький объект из представленных — мяч для боулинга (диаметр в районе 20 см).

Задания 5-7. Расстояние от звезды Денеб до Солнца свет проходит за 1640 лет. К этой звезде от Земли полетел космический аппарат со скоростью, равной 0.5 скорости света.

5) Сколько лет потребуется космическому аппарату, чтобы добраться до окрестностей звезды Денеб? Ответ округлите до целых.

Ответ: 3280

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Уран обращается вокруг Солнца с периодом в 84 года. Сколько полных оборотов сделает Уран вокруг Солнца за время полёта космического аппарата к звезде Денеб?

Ответ: 39

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

6) 1 парсек равен расстоянию, которое свет проходит за 3.26 года. Выразите расстояние до звезды Денеб в парсеках, ответ округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [478; 528]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

7) Годичный параллакс — изменение координат звезды, связанное с движением Земли вокруг Солнца. Годичный параллакс, выраженный в угловых секундах, равен обратному расстоянию до этой звезды в парсеках. Чему равен годичный параллакс Денеба? Ответ выразите в угловых микросекундах, округлите до целых.

Примечание: одна микросекунда дуги — это 1/1000000 секунды дуги.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1889; 2087]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

5) Достаточно вспомнить, что расстояние можно измерять в световых годах, это и есть расстояние, которое свет проходит за 1 год. Значит, космический аппарат потратит $t = \frac{N \cdot c}{V \cdot c} = \frac{N}{V} = \frac{1640 \text{ св. лет}}{0.5} = 3280 \text{ лет}$.

Получившееся в предыдущем ответе время надо поделить на 84 года. В ответе обязательно надо дать целочисленный ответ, округлённый в меньшую сторону, так как спрашивается количество полных оборотов.

Формула: $n = \left\lfloor \frac{t}{84} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{N}{84V} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{1640 \text{ св. лет}}{0.5 \cdot 84 \text{ года}} \right\rfloor = 39$.

6) Необходимо перевести световые года в парсеки по формуле $r = \frac{N}{3.26} = \frac{1640 \text{ лет}}{3.26 \text{ св. лет}} \approx 503 \text{ пк}$.


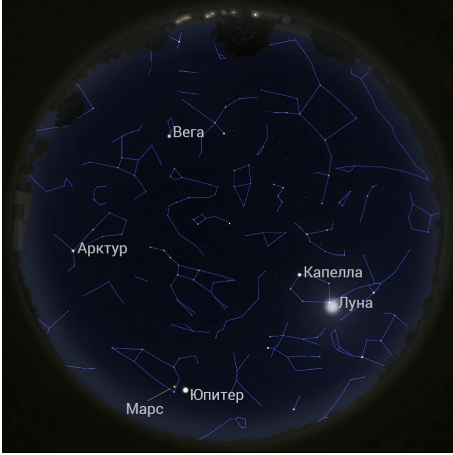


7) Параллакс в угловых минутах — величина, обратная расстоянию в парсеках.

Формула: $\alpha = \frac{3.26}{N} \cdot 1\,000\,000'' = \frac{3.26 \text{ св. лет}}{1640 \text{ св. лет}} \cdot 1\,000\,000'' \approx 1988 \text{ мкс дуги}$.

Задание 8. Установите соответствие между изображением звёздного неба и позицией наблюдателя.

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

Ответ:

	Южный Полюс
	Северный Полюс
	Экватор
	Москва

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего — 8 баллов
Максимальный балл за задание — 8

Решение.

Проще всего ориентироваться по Полярной звезде, которая находится в созвездии Малой Медведицы. Рисунок, на котором совсем нет Полярной звезды, а также привычных нам северных созвездий (Большой Медведицы и Кассиопеи), был сделан с Южного полюса. Рисунок, на котором Полярная звезда в самом центре, то есть в зените, был сделан на Северном полюсе. Далее посмотрим на рисунок, на котором Луна практически в зените, — такое бывает только на малых широтах близ экватора. Последний рисунок, на котором можно увидеть Полярную звезду, но не в центре поля зрения, не в зените, был сделан в Северном полушарии, но не на полюсе, а в средних широтах, из ответов подходит только Москва.

Задания 9-11. В далёком космосе живёт Звёздный Кит, который питается астероидами и планетами, заглатывая их целиком. У Кита очень нежный желудок, и не все объекты могут перевариться безболезненно. Чтобы объект можно было переварить, он должен обладать несколькими характеристиками: диаметр — меньше 3700 км, средняя плотность — в пределах от 2.0 до 4.5 г/см³.

Объект	Радиус R_0	Плотность кг/м ³	Объект	Радиус R_0	Плотность кг/м ³	Объект	Радиус R_0	Плотность кг/м ³
Меркурий	0.382	5427	Церера	0.074	2161	Луна	0.27	3340
Венера	0.949	5243	Плутон	0.186	1860	Ио	0.285	3550
Земля	1.0	5515	Хаумеа	0.11	2600	Европа	0.246	3010
Марс	0.53	3933	Макемаке	0.116	1700	Ганимед	0.413	1940
Юпитер	11.2	1326	Эрида	0.182	2520	Тритон	0.21	2070
Сатурн	9.41	687	Харон	0.095	1702	Титан	0.404	1880

9) Пользуясь данными таблицы, выберите объекты, которыми Звёздный Кит может полакомиться в Солнечной системе.

Примечание: R_0 — радиус Земли, который равен 6370 км.

Ответ:

- ✓ Церера
- ✓ Хаумеа
- ✓ Эрида
- ✓ Луна
- ✓ Ио
- ✓ Европа
- ✓ Тритон

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 7 баллов.

За каждую ошибку снимается 1 балл

10) Звёздный Кит прилетел в астероидное облако, в котором 2000 астероидов. Это облако состоит из шарообразных объектов трёх типов. Их характеристики представлены в таблице.

Тип астероида	Доля от общего количества	Масса астероида	Диаметр астероида
A	30 %	$8 \cdot 10^{17}$ кг	100 км
B	60 %	$4.5 \cdot 10^{21}$ кг	1100 км
C	10 %	$2.8 \cdot 10^{20}$ кг	600 км

Какие типы астероидов в этом облаке сможет съесть Звёздный Кит?

Примечание: Формула для объёма шара: $V = \frac{4\pi R^3}{3}$.

Ответ:

- A
- B
- ✓ C

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

11) Какую массу астероидов из этого облака сможет съесть Звёздный Кит? Ответ выразите в массах Луны (эта величина равна $7.3 \cdot 10^{22}$ кг), округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.75; 0.79]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 15

Решение.

9) Обратим внимание: в списке параметров, необходимых для успешного поедания объектов, указан диаметр, а в таблице приведён радиус. Радиус пригодного для поедания объекта должен составлять менее $\frac{3700}{2} = 1850$ км, что в земных радиусах составит $\frac{1850}{6400} = 0.29 R_0$. Вторая важная характеристика — плотность, её значение в единицах из таблицы должно быть в пределах от 2000 до 4500 кг/м³. Требованиям соответствуют 7 объектов.

10) Для каждого типа астероидов рассчитаем плотность по формуле $\rho = \frac{3M}{4\pi R^3}$. При этом переводим параметры в заданные единицы (например, плотность — в кг/м³, радиус — в метры), также в формуле используем радиус вместо диаметра. Требованиям соответствует только тип С.

11) Так как Звёздный Кит может есть только астероиды типа С, посчитаем их общую массу в этом облаке: $M = \frac{N \cdot n \cdot m}{M_{\text{Луны}}}$, где N — общее количество астероидов в облаке, n — доля астероидов типа С (10%, то есть 0.1), m — масса одного астероида типа С, $M_{\text{Луны}}$ — масса Луны.

Задания 12-13.

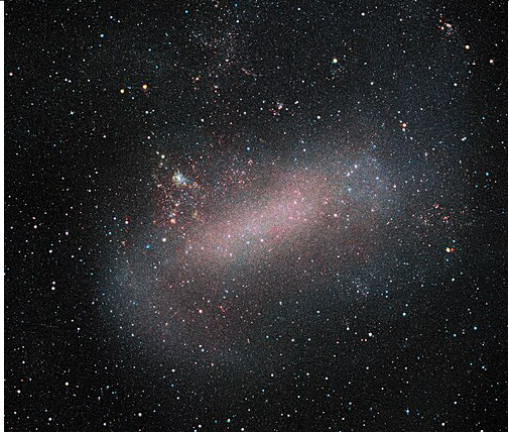
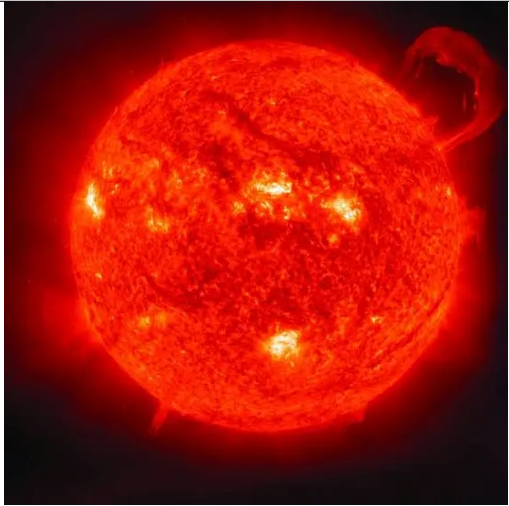


12) Установите соответствие между объектами и их местоположением.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца.

Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

	<p>За пределами нашей Галактики</p>
	<p>В нашей Галактике, за пределами Солнечной системы</p>
	<p>За пределами нашей Галактики</p>

	<p>За пределами нашей Галактики</p>
<p>Большое Магелланово Облако</p> 	<p>В Солнечной системе</p>
	<p>В Солнечной системе</p>
<p>Харон</p> 	<p>В нашей Галактике, за пределами Солнечной системы</p>

	<p>В Солнечной системе</p>
	<p>В нашей Галактике, за пределами Солнечной системы</p>

Веста

Туманность Ориона

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего — 9 баллов

13) До каких объектов уже долетали космические аппараты, запущенные с Земли?

Ответ:

- ✓ Венера
- Звезда Шедар
- ✓ Марс
- Звезда Бетельгейзе
- ✓ Плутон
- Галактика Вертушка
- Шаровое скопление М 80
- Проксима Центравра

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

Максимальный балл за задание — 12

Решение.

13) Запущенные с Земли аппараты уже смогли выйти за пределы Солнечной системы, но не добрались даже до ближайшей звезды. Дальше всего от Земли, на расстоянии примерно 170 астрономических единиц, находится «Вояджер-1» (Voyager 1) запуска 1977 года. Ко всем объектам Солнечной системы из списка летали аппараты. Венера достаточно хорошо изучена, поскольку находится относительно близко к Земле. Первым космическим аппаратом, предназначавшимся для изучения Венеры, была советская «Венера-1» в 1961 году. Марс изучен тоже очень подробно, достаточно вспомнить, что по поверхности Марса передвигаются марсоходы. В 1971 году был запущен первый советский марсоход, но не смог передать сигнал, и только в 1997 году попытка оказалась успешной — на сей раз устройство было американским. 14 июля 2015 года космический аппарат «Новые горизонты» пролетел и изучил систему Плутона и Харона.

Задания 14-17. Весёлые астрономы договорились собраться на праздник в первую субботу после третьего новолуния в году. В некоторый високосный год полнолуние пришлось на полдень 5 января, в пятницу.

14) В каком месяце состоится праздник?

Ответ:

- В январе
- В феврале
- ✓ В марте
- В апреле
- В мае
- В июне
- В июле
- В августе
- В сентябре

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

15) В какой день месяца наступит третье новолуние?

Ответ: 19

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

16) В какой день месяца состоится празднование?

Ответ: 23

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

17) Астрономы из другого института тоже захотели себе праздник, но решили собраться в ближайшую субботу после новолуния, которое будет первым после дня весеннего равноденствия. В некоторый невисокосный год обе группы астрономов праздновали одновременно — 30 марта на третий день после новолуния. На какой календарный день пришлось первое новолуние года?

Ответ: 27 или 26

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 5 баллов

Максимальный балл за задание — 15

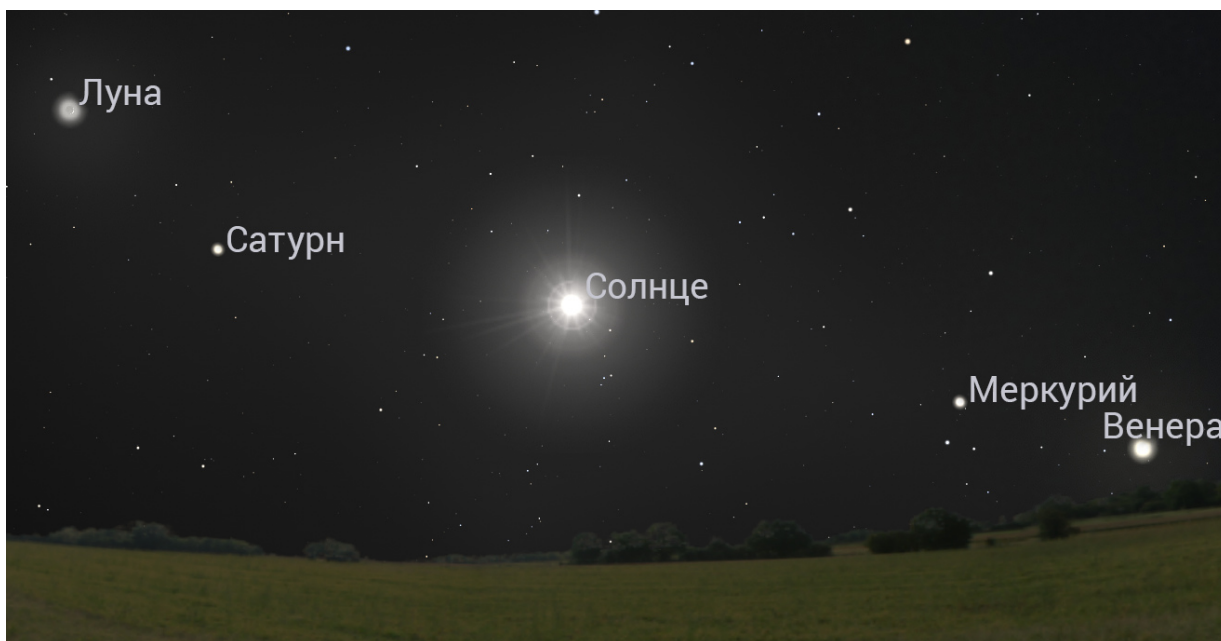
Решение.

14-15) Если полнолуние пришлось на полдень 5 января, то первое новолуние этого года будет через половину периода смены фаз Луны. Период смены фаз Луны равен 29,5 дня, значит, от новолуния до полнолуния проходит 14,75 дня, что в данном случае можно округлить до 15, то есть новолуние наступило через 15 суток после 5 января — 20 января. До третьего новолуния прошло ещё два периода смены фаз Луны, 59 дней. Так как год високосный, через 74 дня после 5 января будет 19 марта (26 дней в январе, 29 дней в феврале и 19 дней в марте).

16) Чтобы определить день празднования, необходимо понять, каким днём недели было в этот год 19 марта. 5 января — пятница, прошло 74 дня (10 полных недель и 4 дня): 10 раз с субботы по пятницу и ещё 4 дня до 19 марта, значит новолуние пришлось на вторник 19 марта. Ближайшая суббота — это 23 марта.

17) Так как 30 марта — третий день после новолуния, само новолуние пришлось на 27 марта. У обеих групп астрономов праздник совпал, то есть это первое новолуние после дня весеннего равноденствия (примерно 21 марта) и одновременно с этим третье новолуние в году. Между первым и третьим новолунием должно пройти 2 периода смены фаз Луны, то есть 59 дней. Год невисокосный, отсчитываем назад от 27 марта 59 дней: 27 дней в марте, 28 в феврале, и остаётся 4 дня в январе: 27 января. Так как первый день месяца января совпадает с первым днём года, номер календарного дня года совпадает с номером календарного дня месяца.

Задание 18. Посмотрите внимательно на изображение, полученное в средних широтах Северного полушария. Угловое расстояние между Солнцем и Меркурием равно 27° .



а) Вдоль какой линии выстроились подписанные объекты?

Ответ:

- Экватор
- ✓ Эклиптика
- Небесный меридиан
- Первый вертикал
- Альмукуантарат

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Какая сторона света представлена на изображении?

Ответ:

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

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) В какой конфигурации находится Меркурий?

Ответ:

- Противостояние
- Соединение верхнее
- Восточная квадратура
- ✓ Западная элонгация
- Западная квадратура

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Сколько времени пройдет от момента фотографирования до наступления ближайшего новолуния?

Ответ:

- 4 часа
- 3 дня
- 10 дней
- ✓ 27 дней
- 3 месяца

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Подписанные объекты принадлежат Солнечной системе и движутся практически вдоль эклиптики, не считая небольших отклонений. Эклиптика — окружность на небесной сфере, по которой для земного наблюдателя Солнце движется в течение года.

б) Так как фотография сделана в Северном полушарии, в своём суточном движении объекты движутся против часовой стрелки, если смотреть на полюс, или же слева направо вдоль экватора, если смотреть в сторону горизонта. Эклиптика наклонена к плоскости экватора не слишком сильно, поэтому можно с уверенностью сказать, что объекты заходят за горизонт. Так как Солнце ещё достаточно высоко и находится в центре кадра, направление ближе к юго-западу.

в) Угловое расстояние между Солнцем и Меркурием равно 27° , что очень близко к максимально возможному угловому расстоянию между ними. Это свидетельствует об элонгации Меркурия, а поскольку она происходит правее Солнца (к западу), это западная элонгация.

г) Угловое расстояние между Луной и Солнцем примерно такое же, как и между Солнцем и Меркурием, то есть 27° . Луна находится в фазе растущего серпа, значит, дальше она будет только удаляться от Солнца. Ей надо пройти примерно 330° . Относительно Солнца спутник делает полный оборот за 29.5 суток — период смены фаз Луны. 330° относительно Солнца Луна пройдёт примерно за 27 дней.