

Максимальное количество баллов за олимпиаду — 80

Задания 1-3. Вариант 1. На симуляции неба представлен мини-парад планет вблизи соединения с Солнцем.



Расстояние до каждого из четырёх ярких объектов на изображении не превышает 3 а. е.

1) Какие из этих объектов попали в кадр?

Ответ:

- ✓ Солнце
- ✓ Меркурий
- ✓ Марс
- Юпитер
- Уран
- Нептун

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

За каждую ошибку снимается 1 балл

2) В каком месяце мог наблюдаться такой парад?

Ответ:

- ✓ В январе
- В марте
- В июне
- В сентябре

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

3) Радиус орбиты Марса составляет около 1.5 а. е. Определите расстояние между Марсом и Землёй во время такого парада планет. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до десятых.

Ответ: 2.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

1) В списке представлены объекты Солнечной системы: Солнце и классические планеты. Расстояние от Земли до Солнца равно 1 астрономической единице, а до планет земной группы (Меркурий, Венера, Марс) не превышает 3 а. е.: радиус орбиты Марса, как указано далее, составляет 1.5 а. е. Планеты-гиганты находятся заметно дальше (справочно: расстояние до Юпитера не менее 4 а. е.). Заметим также, что яркие объекты на изображении не могут быть далёкими звёздами, поскольку в противном случае они входили бы в состав астеризмов.

2) Солнце находится в созвездии Козерога, смежном с созвездием Стрельца, где находится точка зимнего солнцестояния (декабрь). Следовательно, парад наблюдался тоже зимой, в январе.

3) Марс (оранжевое светило, самое тусклое из «четвёрки» на изображении) наблюдается с Земли вблизи Солнца. Следовательно, расстояние от Земли до Марса равно сумме радиусов орбит Земли и Марса, то есть $1.0 + 1.5 = 2.5$ а. е.

Задания 1-3. Вариант 2. На симуляции неба представлен мини-парад планет вблизи соединения с Солнцем.



Расстояние до каждого из четырёх ярких объектов на изображении не превышает 3 а. е.

1) Какие из этих объектов попали в кадр?

Ответ:

- ✓ Солнце
- ✓ Венера
- ✓ Марс
- Юпитер
- Сатурн
- Нептун

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

За каждую ошибку снимается 1 балл

2) В каком месяце мог наблюдаться такой парад?

Ответ:

- ✓ В январе
- В апреле
- В июле
- В октябре

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

3) Радиус орбиты Марса составляет около 1.5 а. е. Определите расстояние между Марсом и Землёй во время такого парада планет. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до десятых.

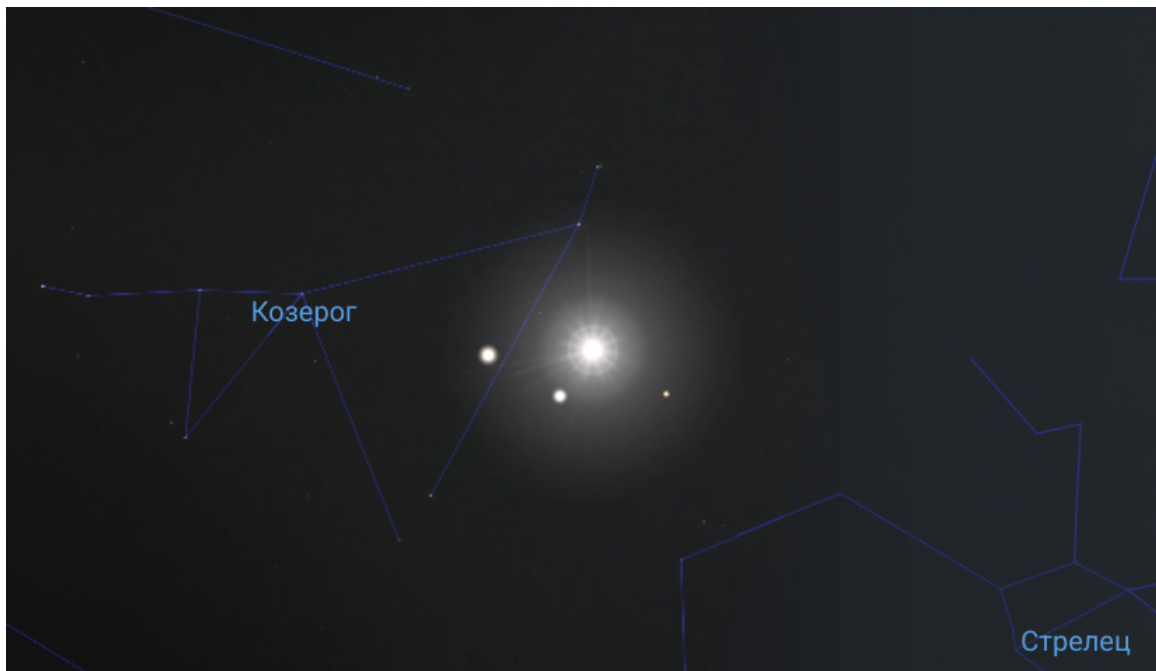
Ответ: 2.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задания 1-3. Вариант 3. На симуляции неба представлен мини-парад планет вблизи соединения с Солнцем.



Расстояние до каждого из четырёх ярких объектов на изображении не превышает 3 а. е.

1) Какие из этих объектов попали в кадр?

Ответ:

- Нептун
- ✓ Солнце
- ✓ Венера
- Уран
- ✓ Марс
- Сатурн

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

За каждую ошибку снимается 1 балл

2) В каком месяце мог наблюдаться такой парад?

Ответ:

- ✓ В январе
- В марте
- В мае
- В октябре

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

3) Радиус орбиты Марса составляет около 1.5 а. е. Определите расстояние между Марсом и Землёй во время такого парада планет. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до десятых.

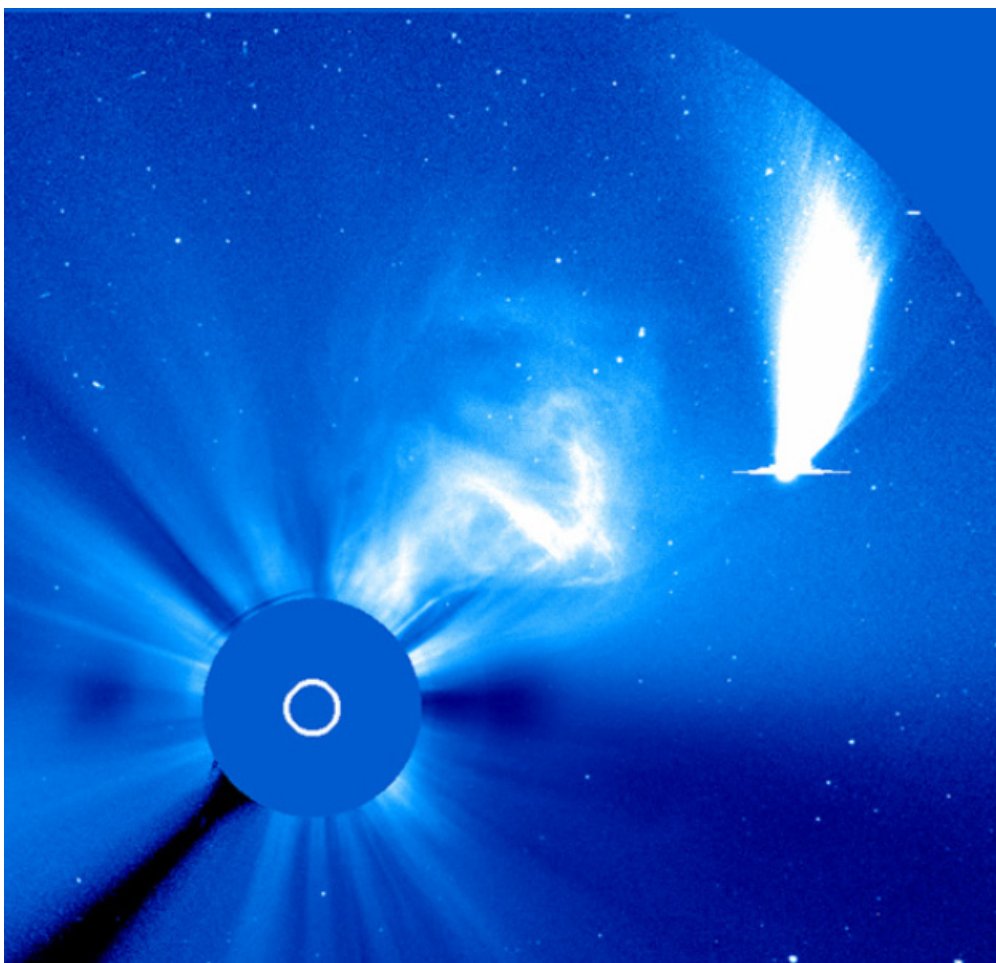
Ответ: 2.5

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение по аналогии с вариантом 1

Задания 4-7. Это изображение было получено космическим аппаратом SOHO, предназначенным для наблюдения за Солнцем, после массивного выброса солнечного вещества.



Чтобы наблюдать ближайшие окрестности Солнца, звезду закрыли непрозрачным кругом. Реальный размер диска Солнца обозначен белой окружностью.

4) Объект какого типа запечатлён в правом верхнем углу кадра?

Ответ:

- Ракета
- Астероид
- ✓ Комета
- Галактика
- Планета

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

5) Во сколько раз видимый угловой размер непрозрачного круга больше углового размера диска Солнца? Ответ округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [3.5; 5.0]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

6) Диаметр Солнца — 1.4 млн км. Оцените примерное расстояние от центра Солнца до внешней границы выброса вещества:

Ответ:

- 130 тыс. км
- 1.4 млн км
- 6 млн км
- ✓ 13.5 млн км
- 50 млн км
- 150 млн км

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

7) Во время какого астрономического явления можно наблюдать подобную картину с Земли?

Ответ:

- Частное солнечное затмение
- ✓ Полное солнечное затмение
- Парад планет
- Лунная оккультация
- Солнечная коронация

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

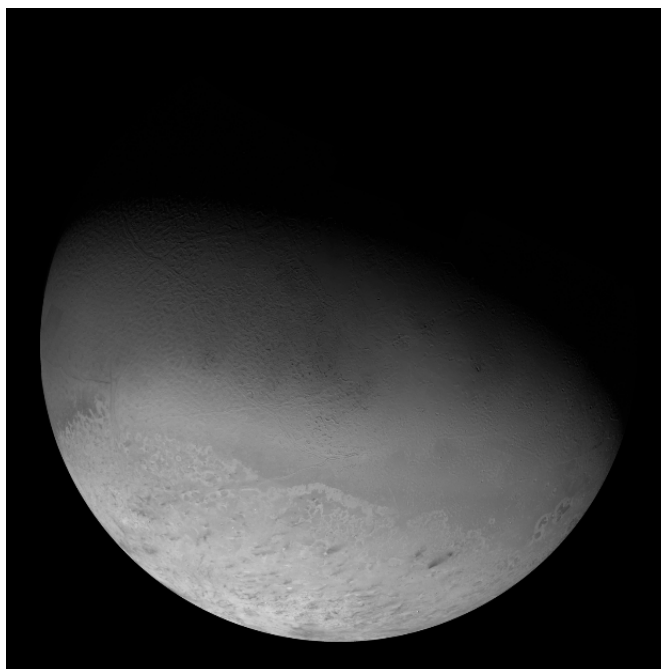
4) Яркий вытянутый хвост выдаёт в этом объекте комету.

5) Вычисление производится непосредственно из измерений соответствующих диаметров. Глазомер использовать опасно: размер яркой окружности на тёмном фоне легко недооценить.

6) Угловое расстояние от центра Солнца до внешней границы выброса составляет около 2 диаметров непрозрачного круга, то есть около $4.2 \cdot 2 = 8.4$ диаметров Солнца, что составляет $8.4 \cdot 1.4 = 12$ млн км. Необходимо выбрать самый близкий вариант ответа. С учётом эффекта проекции реальное расстояние больше вычисленного.

7) Схожую картину можно наблюдать, когда диск Солнца полностью закрыт, то есть при полном солнечном затмении. Во время такого затмения порой возможно наблюдать корональные выбросы массы, а также яркие объекты, располагающиеся на небе вблизи Солнца.

Задание 8. Тритон — крупнейший спутник Нептуна — был открыт в 1846 году. Радиус Тритона равен 1353 км.



Предполагается, что от 15 до 35 % массы Тритона составляет водяной лёд.

Тритон имеет разрежённую атмосферу, преимущественно азотную. Атмосферное давление у поверхности составляет около 0.01 мм ртутного столба.

а) Стандартное земное атмосферное давление на уровне моря составляет 760 мм рт. ст., или 101325 паскалей. Выразите атмосферное давление у поверхности Тритона в земных атмосферах. Ответ округлите до миллионных.

Ответ: 0.000013

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Выразите атмосферное давление у поверхности Тритона в паскалях. Ответ округлите до десятых.

Ответ: 1.3

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) У Тритона довольно слабое гравитационное поле, что объясняет постоянную утечку его атмосферы, восполняемую испарением льда с его поверхности. Темп потерь составляет порядка $1 \cdot 10^{25}$ молекул азота в секунду, то есть около 0.3 кг/с. Сколько тонн азота Тритон теряет за неделю? Ответ округлите до целых.

Ответ: 181

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

г) Характерная высота атмосферы Тритона составляет около 800 км. Сколько процентов от радиуса Тритона составляет характерная высота его атмосферы? Ответ округлите до целых.

Ответ: 59

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а-б) Атмосферное давление на Тритоне составляет $\frac{0.01}{760} = 0.000013$ от земного, то есть $\frac{0.01}{760} \cdot 101325 = 1.3$ Па.

в) В 1 неделе $60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 7 = 604\,800$ секунд, что соответствует потере массы $0.3 \cdot 604\,800 = 181\,440$ кг, то есть около 181 тонны.

г) $\frac{800}{1353} \cdot 100\% = 59\%$.

Задания 9-11. Звезда LHS 1903 — красный карлик на расстоянии около 116 световых лет от Земли в созвездии Рыси. У этой звезды обнаружена интересная экзопланетная система. В этой задаче мы выясним, чем же она так интересна.



Используя данные таблицы, ответьте на вопросы.

Планета	Масса (в массах Земли)	Радиус орбиты (в астрономических единицах)	Радиус планеты (в радиусах Земли)
<i>b</i>	3.3	0.027	1.38
<i>c</i>	4.6	0.054	2.05
<i>d</i>	6.0	0.086	2.50
<i>e</i>	5.8	0.151	1.73

9) Средняя плотность Земли составляет 5.5 г/см^3 . Определите среднюю плотность каждой из планет системы. Ответ выразите в г/см^3 , округлите до десятых.

Ответ:

<i>b</i>	6.9
<i>c</i>	2.9
<i>d</i>	2.1
<i>e</i>	6.2

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

10) Средняя плотность каких планет системы LHS 1903 больше плотности Земли?

Ответ:

- ✓ *b*
- *c*
- *d*
- ✓ *e*

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

За каждую ошибку снимается 2 балла

11) В чём заключается особенность этой планетной системы?

Ответ:

- Температуры планет системы растут по мере удаления от материнской звезды
- ✓ Плотные каменные планеты находятся внутри и на окраине системы, в то время как менее плотные — в середине
- Размеры планет растут по мере удаления от материнской звезды, а их плотности — монотонно убывают
- В этой планетной системе нет планеты *a*, поскольку её поглотила материнская звезда

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

9) Средняя плотность планеты есть масса планеты, делённая на её объём. Удобно провести вычисление, сравнивая планеты с Землёй: массы и радиусы планет уже выражены в «земных» единицах. Объём прямо пропорционален кубу линейного размера. Следовательно, плотность планеты $\rho = 5.5 \text{ г/см}^3 \cdot \frac{M}{R^3}$, где M — масса планеты в массах Земли, R — радиус планеты в радиусах Земли.

$\rho_b, \text{ г/см}^3$	$\rho_c, \text{ г/см}^3$	$\rho_d, \text{ г/см}^3$	$\rho_e, \text{ г/см}^3$	Средняя плотность больше у планет...
6.9	2.9	2.1	6.2	<i>b</i> и <i>e</i>

10) Достаточно использовать ранее полученные результаты.

11) Также соответствует ранее полученным результатам. Сравните данную систему с Солнечной системой: в нашей системе плотные планеты земной группы расположены во внутренней части, малоплотные газовые и ледяные — во внешней области.

Задание 12 Будем считать, что планеты обращаются вокруг звезды LHS 1903 по орбитам, расположенным в одной плоскости. Используя данные таблицы, ответьте на вопросы.

Планета	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
Масса (в массах Земли)	3.3	4.6	6.0	5.8
Радиус орбиты (в астрономических единицах)	0.027	0.054	0.086	0.151
Радиус планеты (в радиусах Земли)	1.38	2.05	2.50	1.73

а) На какое минимальное расстояние могут сблизиться две планеты в этой системе? Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до тысячных.

Ответ: 0.027

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

б) Солнечный свет долетает до Земли за 499 секунд. Сколько световых секунд разделяет звезду LHS 1903 и планету *b*? Ответ округлите до целых.

Ответ: 13

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

в) Скорость движения Земли по орбите составляет 30 км/с. Планета *b* обращается вокруг своей звезды за 2.15 суток. Определите скорость её орбитального движения. Ответ выразите в км/с, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [130; 145]

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Ответ получается непосредственным вычислением. Достаточно вычислить попарные разности радиусов орбит планет.

б) Расстояние Земля — Солнце составляет 1 а. е. Радиус орбиты планеты *b* составляет 0.027 а. е., следовательно, свету материнской звезды нужно $0.027 \cdot 499 = 13$ секунд, чтобы её достичь.

в) Удобно сравнивать движение планеты с земным. С одной стороны, радиус орбиты планеты *b* меньше радиуса орбиты Земли. С другой стороны, период обращения планеты *b* меньше земного.

Орбитальная скорость v прямо пропорциональна радиусу орбиты и обратно пропорциональна периоду обращения.

Следовательно, орбитальная скорость:

$$b = 30 \text{ км/с} \cdot \frac{\frac{0.027}{2.15}}{365.25} = 138 \text{ км/с}.$$

Задание 13. На этой фотографии, сделанной на севере Италии, можно наблюдать красивый лунный серп.



а) Оцените примерный возраст Луны на этой фотографии:

Ответ:

- ✓ 3 дня
- 7 дней
- 15 дней
- 21 день
- 27 дней

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

б) В какое время суток сделана фотография?

Ответ:

- Около полудня
- ✓ Сразу после захода Солнца
- Около полуночи
- Незадолго до восхода Солнца
- Сразу после восхода Солнца

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

в) Через сколько дней могло произойти лунное затмение?

Ответ:

- 3
- 7
- ✓ 12
- 19
- 26

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10

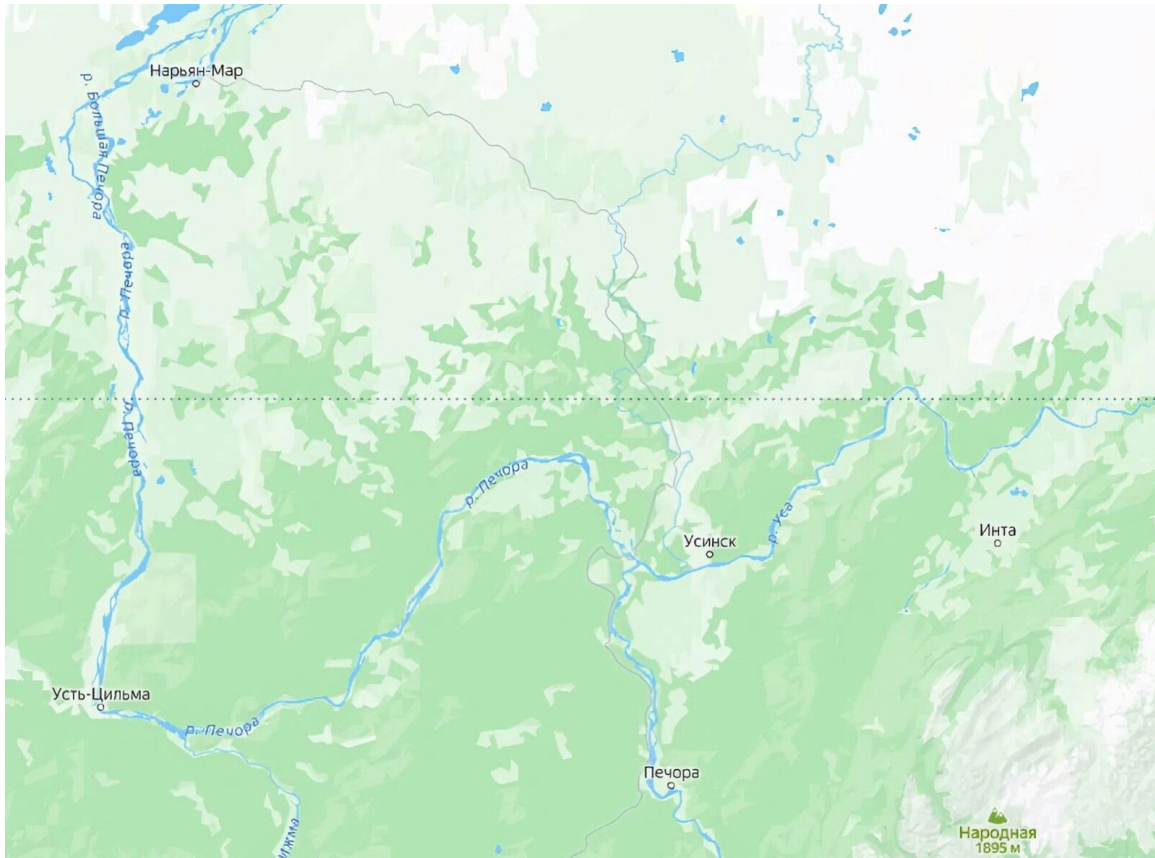
Решение.

а) На снимке запечатлён узкий серп молодой Луны. Луна ещё не дошла до первой четверти (четверть месяца — около 7 дней). Значит, наиболее близкий к разумному ответ — 3 дня.

б) Такая молодая Луна заходит спустя некоторое время после захода Солнца, так что на тёмном небе её можно наблюдать совсем недолго.

в) Лунное затмение может наступить, когда Луна погрузится в тень Земли. Это возможно в полнолуние, до которого нужно подождать чуть меньше половины месяца.

Задания 14-16. На карте показана часть территории России. Пунктирной линией отмечен полярный круг.



14) Известно, что в Инте полярная ночь не наблюдается. Выберите верные утверждения:

Ответ:

- ✓ В Печоре полярная ночь не наблюдается
- В Печоре Солнце в полночь всегда выше горизонта
- ✓ В Нарьян-Маре может наблюдаться полярный день
- В Усть-Цильме наблюдается полярная ночь

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

За каждую ошибку снимается 2 балл

15) Предположим, в Печоре в настоящий момент Солнце находится на наибольшей высоте над горизонтом. Установите соответствие между названиями населённых пунктов и местным временем.

В этом задании некоторым вариантам из правого столбца соответствует несколько вариантов из левого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

Усть-Цильма	До полудня
Инта	После полудня
Усинск	После полудня
Нарьян-Мар	До полудня
Печора	Полдень

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

16) Река Печора впадает в Печорское море (Северный Ледовитый океан). Расположите населённые пункты по высоте над уровнем моря в порядке убывания.

Ответ:

- ✓ Печора
- ✓ Усть-Цильма
- ✓ Нарьян-Мар

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

14) Печора и Усть-Цильма находятся южнее полярного круга и Инты; полярные дни и ночи там не наблюдаются (в частности, Солнце в полночь всегда под горизонтом). В Нарьян-Маре, располагающемся севернее полярного круга, может наблюдаться полярный день.

15) В Печоре полдень. Инта и Усинск находятся восточнее Печоры, значит, местный полдень в этих пунктах уже наступил. Усть-Цильма и Нарьян-Мар находятся западнее — местный полдень в них ещё не наступил.

16) Река Печора течёт в общем направлении на север. Поскольку поток движется в сторону области с меньшей высотой, достаточно упорядочить пункты в порядке их расположения по течению.

Задание 17. Дан коллаж из нескольких фотографий Луны, сделанных последовательно из одной точки Земли.



а) Как называется это астрономическое явление?

Ответ:

- Окисление поверхности Луны
- Эквinox
- ✓ Полное лунное затмение
- Полное солнечное затмение
- Полутеневое солнечное затмение

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Чему равна характерная продолжительность этого явления?

Ответ:

- Несколько секунд
- Несколько минут
- ✓ Несколько часов
- Несколько суток
- Несколько лет

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Как часто в среднем можно наблюдать такое явление в том же пункте на Земле?

Ответ:

- Раз в несколько дней
- ✓ Раз в несколько лет
- Раз в несколько десятилетий
- Раз в несколько веков

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

г) В какое время суток можно наблюдать такое явление?

Ответ:

- Утром
- Днём
- Вечером
- ✓ Ночью

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

д) В каком созвездии находилась Луна во время съёмки, если один из кадров сделан 7 сентября?

Ответ:

- В Деве
- Во Льве
- ✓ В Водолее
- В Волопасе
- В Тельце

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10

Решение.

а) Луна погрузилась в тень Земли. Это лунное затмение, причём в максимальной фазе — полное.

б) Это известно любому человеку, наблюдавшему лунное затмение. Возможна и оценка по порядку величины: тень Земли больше радиуса Луны в несколько раз, то есть порядка 5 тыс. км; орбитальная скорость Луны — порядка 1 км/с. Следовательно, характерная продолжительность составляет порядка 5 тыс. с — несколько часов.

в) Лунные затмения происходят не чаще раза в месяц (в полнолуние), причём не более 2 раз в год, и наблюдаются примерно с половины поверхности Земли (ночная сторона). При этом далеко не каждое лунное затмение оказывается полным. Например, в 2026 году 3 марта наблюдалось полное лунное затмение в азиатской части России (все фазы увидели жители Дальнего Востока). 28 августа 2026 г. состоится частное лунное затмение, но его, причём лишь частично, смогут наблюдать лишь в европейской части страны.

г) В полнолуние Луна находится напротив Солнца, поэтому лунное затмение возможно наблюдать ночью.

д) В полнолуние Луна находится напротив Солнца, то есть примерно в той точке, где Солнце было за полгода до даты наблюдений (7 марта). Этой дате соответствует созвездие Водолея (середина февраля — первая декада марта).