

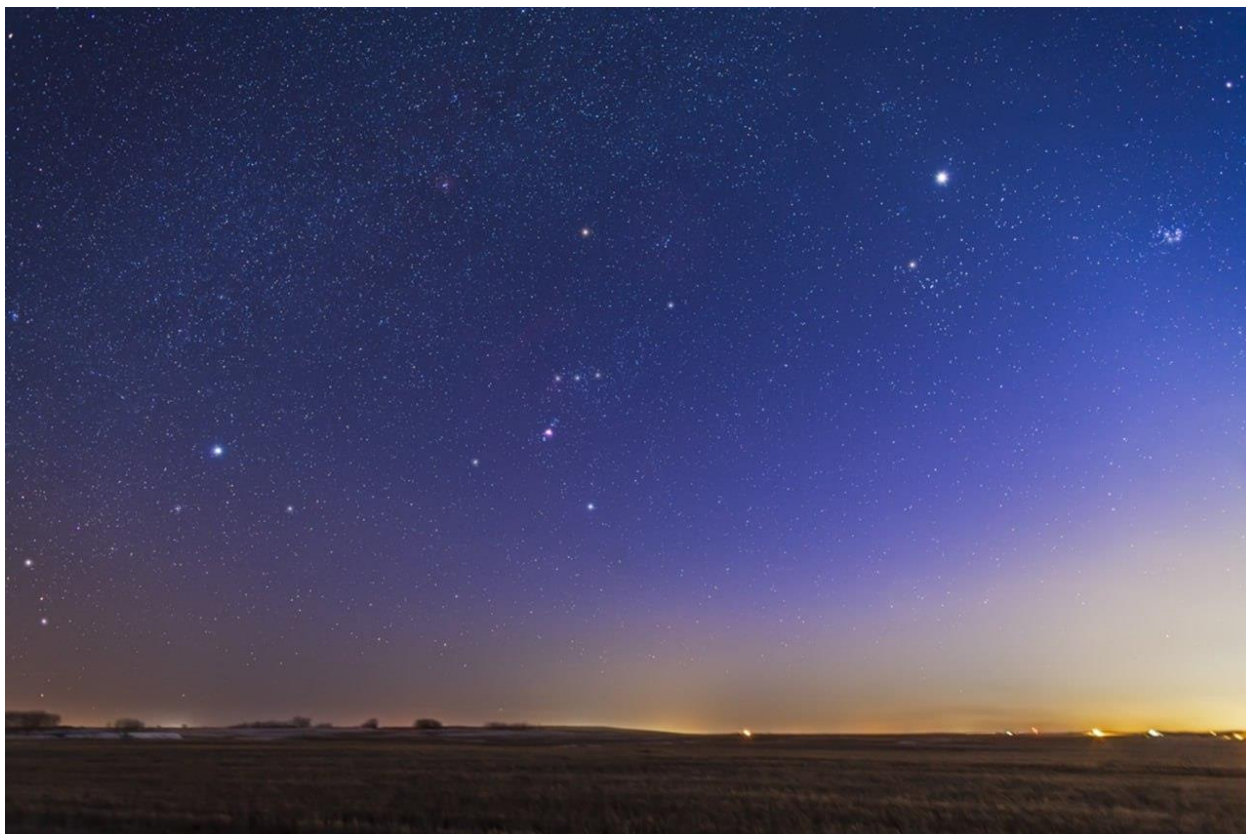
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
АСТРОНОМИЯ. 2024–2025 УЧ. Г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 8–9 КЛАССЫ

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальный балл за работу – 110.

Задачи 1-5

На фотографии представлен участок звёздного неба.



Автор фото Alan Dyer

1. Выберите из списка названия созвездий, которые можно найти на фотографии целиком или частично.

- Орион
- Телец
- Большой Пёс
- Лира
- Орёл
- Большая Медведица
- Дева

Критерии оценивания: +2 балла за каждый верный выбор, –2 балла за каждый ошибочный выбор (сумма баллов не может быть отрицательной).

2. Какие из перечисленных звёзд можно увидеть на фотографии?

- Белатрикс
- Спика
- Сириус
- Вега
- Регул
- Бетельгейзе
- Альдебаран

Критерии оценивания: +2 балла за каждый верный выбор, –2 балла за каждый ошибочный выбор (сумма баллов не может быть отрицательной).

3. Какие из указанных объектов можно найти на фотографии?

- Плеяды
- Гиады
- Туманность Ориона
- Туманность Андромеды
- Туманность Кольцо в Лире
- Туманность Гантель

Критерии оценивания: +2 балла за каждый верный выбор, –2 балла за каждый ошибочный выбор (сумма баллов не может быть отрицательной).

4. Чему равна угловая высота пояса Ориона над горизонтом на снимке?
Для справки: длина пояса Ориона примерно 3° .

- Примерно $0,5^\circ$
- Примерно $0,72^\circ$
- Примерно 5°
- Примерно 20°
- Примерно 45°
- Примерно 50°

Критерии оценивания: +4 балла за верный выбор.

5. Укажите Сириус на фотографии.

Ответ:



Критерии оценивания: +4 балла за правильный ответ. Всего 28 баллов.

Задача 6

На рисунке приведена карта России с делением по часовым зонам. Нумерация на рисунке начинается с I. Часовые зоны – области различной протяжённости. У двух зон с последовательными номерами (например, I и II) время отличается на час. Известно, что от всемирного времени (UT) Московское время отличается на +3 часа.



6.1. Какая дата будет в Петропавловске-Камчатском в момент, когда в Москве 16ч 18м 15 сентября? Ответ дайте в формате ДД.ММ (например, ответ «8 сентября» записывается в виде 08.09).

Ответ: 16.09

Критерии оценивания: +4 балла за совпадение с ответом.

6.2. Какое время покажут часы в Петропавловске-Камчатском в момент, когда в Москве 16ч 18м 15 сентября? Ответ дайте в формате ЧЧ.ММ (например, ответ «5 часов 3 минуты» записывается в виде 05.03).

Ответ: 01.18

Критерии оценивания: +4 балла за совпадение с ответом.

6.3. Чему равно всемирное время в момент, когда в Петропавловске-Камчатском 20ч 20м 31 декабря? Ответ дайте в формате ЧЧ.ММ (например, ответ «5 часов 3 минуты» записывается в виде 05.03)

Ответ: 08.20

Критерии оценивания: +4 балла за совпадение с ответом. Всего 12 баллов.

Задачи 7-8

На фотографии представлена одна из самых высоких статуй Христа в момент близкого прохождения лунного месяца и Венеры.



Автор фото Josselin Desmars, Rio de Janeiro, Brazil.

7. Определите расстояние, с которого велась съёмка, если известно, что размах рук статуи 25 метров. Ответ выразите в километрах и округлите до целых. Считать, что Луна имеет радиус 1740 км и вращается вокруг Земли по круговой орбите радиусом 384400 км.

Ответ: 4

Критерии оценивания: +8 баллов за совпадение ответа.

8. Выберите все верные утверждения.

- Мы видим Венеру после того, как она появилась из-за диска Луны (т.е. уже наблюдалось покрытие Венеры Луной).
- Мы видим Венеру перед тем, как она исчезла за диском Луны (т.е. скоро произойдёт покрытие Венеры Луной).
- В этот день в этом месте не будет наблюдаться покрытие Венеры Луной.
- В этот день где-то на Земле можно наблюдать покрытие Венеры Луной.

Критерии оценивания: +2 балла за каждый верный выбор, –2 балла за каждый ошибочный выбор (оценка за этот пункт не может быть отрицательной).

Решение:

7. Используя диск Луны в качестве линейки, определим угловые размеры статуи от левой до правой руки. Получится, что размеры диска Луны примерно в полтора раза больше, чем размах рук. Вычислить угловые размеры статуи можно разными методами (через тригонометрические функции или с использованием приближения для малых углов). Найдём угловой диаметр Луны: $\rho_L = 2 \cdot 1740 / 384400 \approx 0,00905$ рад. Отсюда угловой размер статуи $\rho_C = \rho_L / 1,5 = 0,00905 / 1,5 \approx 0,006$ рад.

Угловой размер равен отношению линейного размера к расстоянию до предмета $\rho_C = L / D$. Отсюда можно найти ответ на задачу:

$$D = L / \rho_C = 25 / 0,006 \approx 4170 \text{ м} \approx 4 \text{ км.}$$

Решить задачу можно и через пропорцию: $L / D = 2R_L / 1,5 / D_L$.

8. Венеру на рассматриваемом коротком промежутке времени можно считать неподвижной относительно звёзд, а Луна в такой фазе будет двигаться по небу в направлении Солнца. Это направление задаётся перпендикуляром к отрезку, соединяющему концы рогов месяца. Видно, что при таком движении диск Луны не затронет Венеру, а значит, покрытия в этот день в этой местности не будет.

Горизонтальный параллакс Луны (т.е. максимальный угол, на который Луна может сместиться на небе при наблюдении её из разных мест Земли) примерно равен 1° . Угловое расстояние между центрами небесных тел на фотографии меньше углового диаметра диска Луны. Это значит, что

из достаточно удалённого места на Земле можно будет увидеть Луну, закрывающую диск Венеры.

Всего 12 баллов.

Задача 9

9. Какие звёзды поднимаются выше всего над горизонтом в Северном полушарии Земли?

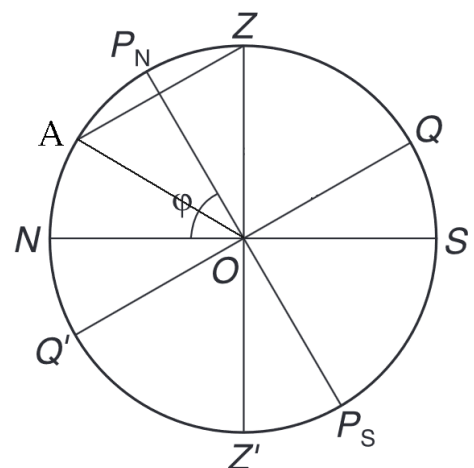
- В любой точке полушария незаходящие
- В любой точке полушария невосходящие
- В любой точке полушария восходящие и заходящие
- **На широтах $>45^\circ$ незаходящие, а на широтах $<45^\circ$ восходящие и заходящие**
- На широтах $<45^\circ$ незаходящие, а на широтах $>45^\circ$ восходящие и заходящие
- На широтах $>30^\circ$ незаходящие, а на широтах $<30^\circ$ восходящие и заходящие
- На широтах $<30^\circ$ незаходящие, а на широтах $>30^\circ$ восходящие и заходящие
- На широтах $>60^\circ$ незаходящие, а на широтах $<60^\circ$ восходящие и заходящие
- На широтах $<60^\circ$ незаходящие, а на широтах $>60^\circ$ восходящие и заходящие

Критерии оценивания: +7 баллов за верный выбор.

Решение:

Выше всего над горизонтом оказываются те звёзды, которые в ходе суточного движения проходят через зенит в данном месте Земли. Их высота в этот момент равна 90° . Рассмотрим положение такой звезды относительно горизонта в момент нижней кульминации (верхняя кульминация, напомним, происходит в зените).

Суточное движение происходит вокруг оси мира ($P_N P_S$), то есть угол между направлением на звезду и на северный полюс мира остаётся одним и тем же, как в верхней кульминации (угол ZOP_N), так и в нижней (угол AOP_N). Высота северного полюса мира над горизонтом равна широте места наблюдения φ , тогда угол ZOP_N равен $90^\circ - \varphi$. Значит, если широта больше 45° , то угол между осью мира и направлением на звезду в верхней кульминации (угол



ZOP_N) меньше 45° . Тогда для нижней кульминации угол AOP_N , равный углу ZOP_N , будет тоже меньше 45° , значит, звезда и в нижней кульминации будет располагаться выше плоскости горизонта. Звезда будет незаходящей.

В случае, если широта места наблюдения меньше 45° , угол ZOP_N и равный ему угол AOP_N больше 45° , а значит, нижняя кульминация звезды будет происходить под горизонтом. Раз верхняя кульминация происходит над горизонтом (в зените), а нижняя кульминация – под горизонтом, то звезда восходящая и заходящая.

Всего 7 баллов.

Задачи 10-12

Бывалый путешественник совершил большое путешествие, проведя по году в каждом из следующих городов:

- Москва (55° с.ш., 37° в.д.);
- столица Испании Мадрид (40.5° с.ш., 4° з.д.);
- столица Экваториальной Гвинеи Малабо (4° с.ш., 9° в.д.);
- столица Эквадора Кито (0° с.ш., 78° з.д.);
- столица Новой Зеландии Окленд (37° ю.ш., 175° в.д.).

10. После этого путешественник рассказывал, что наблюдая каждый день, в некоторых городах можно за год два раза увидеть Солнце ровно в зените. Прав ли он? В каких городах из этого списка можно за год два раза наблюдать Солнце в зените?

- Москва
- Мадрид
- Малабо
- Кито
- Окленд
- Ни в одном

Критерии оценивания: +2 балла за каждый верный выбор, –2 балла за каждый ошибочный выбор (оценка за пункт не может быть отрицательной).

11. В каких городах из списка можно было 4 раза за год наблюдать Солнце в зените?

- Москва
- Мадрид
- Малабо
- Кито
- Окленд
- Ни в одном

Критерии оценивания: +2 балла за каждый верный выбор, –2 балла за каждый ошибочный выбор (оценка за пункт не может быть отрицательной).

12. В каких городах из списка путешественник мог в принципе хоть раз увидеть Солнце в зените?

- Москва
- Мадрид
- Малабо
- Кито
- Окленд
- Ни в одном

Критерии оценивания: +2 балла за каждый верный выбор, –2 балла за каждый ошибочный выбор (оценка за пункт не может быть отрицательной).

Решение:

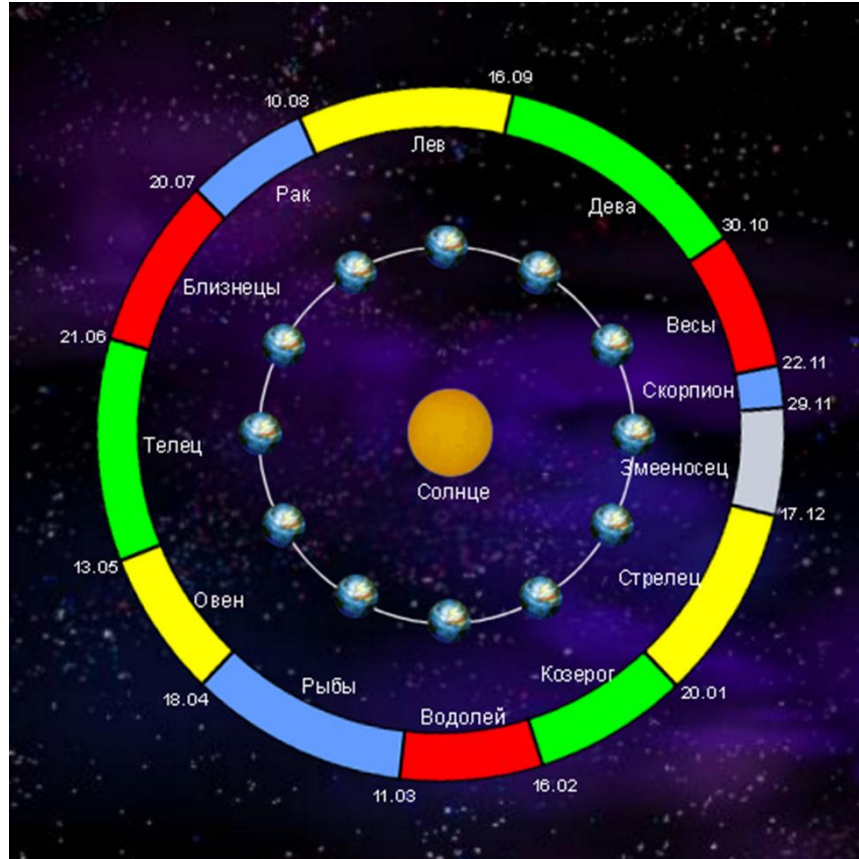
Так как эклиптика наклонена по отношению к экватору примерно на 23.5° градуса, то склонение Солнца в течение года меняется от -23.5° до $+23.5^\circ$ и обратно. Для того чтобы небесный объект был в зените, его склонение должно быть равно широте места наблюдения. Значит, Солнце в принципе бывает в зените только в местах, чья широта лежит в пределах от 23.5° ю. ш. до 23.5° с. ш. Значит, в Москве, Мадриде и Окленде Солнце в зените увидеть невозможно.

За год склонение Солнца проходит все значения от -23.5° до $+23.5^\circ$ и потом ещё раз в обратную сторону. Значит, для городов, широта которых лежит внутри указанных пределов, склонение Солнца два раза за год будет равно широте места наблюдения, и, значит Солнце два раза за год будет в зените. 4 раза в зените Солнце не бывает нигде, а 1 раз в зените оно видно и в тех городах, в которых его видно два раза в зените.

Всего 10 баллов.

Задачи 13-15

На рисунке в виде разноцветного кольца показано положение Солнца на эклиптике в зависимости от даты наблюдения. Вдоль кольца подписаны названия соответствующих зодиакальных созвездий.



13. 3 июля наблюдалось полнолуние. В каком созвездии в это время находилась Луна?

- Рыбы
- Овен
- Телец
- Близнецы
- Рак
- Лев
- Дева
- Весы
- Скорпион
- Змееносец
- **Стрелец**
- Козерог
- Водолей

Критерии оценивания: +3 балла за верный выбор.

14. 3 июля наблюдалось полнолуние. В каком созвездии окажется Луна во время следующего после него новолуния?

- Рыбы
- Овен
- Телец
- **Близнецы**
- Рак
- Лев
- Дева
- Весы
- Скорпион
- Змееносец
- Стрелец
- Козерог
- Водолей

Критерии оценивания: +3 балла за верный выбор.

15. Какое угловое расстояние пройдёт Солнце по эклиптике за 15 суток? Ответ приведите в градусах и округлите до целых.

Ответ: 15

Критерии оценивания: +5 баллов за верный ответ.

Решение:

В соответствии с рисунком, Солнце 3 июля находится в созвездии Близнецов. Значит, Луна в полнолуние будет находиться в противоположном ему созвездии – созвездии Стрельца. Длительность месяца – примерно 29.5 суток. Значит, между полнолунием и новолунием пройдёт примерно $29.5/2 \approx 15$ дней. Т.е. оно может наступить 18 июля. В это время Луна будет находиться на небе рядом с Солнцем, т.е. в том же созвездии. В соответствии с рисунком, это будет созвездие Близнецов.

Солнце за сутки проходит по эклиптике примерно $360/365,25$ градусов. Значит, за 15 суток оно пройдёт $15 \cdot 360/365,25 \approx 15^\circ$.

Всего 11 баллов.

Задачи 16-17

По круговой орбите радиусом ровно 2 млн км вокруг Юпитера летает спутник с установленной на нём фотокамерой, постоянно направленной на планету. Орбита спутника лежит в плоскости орбиты Ганимеда, спутник и Ганимед обращаются вокруг Юпитера в одном направлении.

16. Чему равен период обращения спутника, если период обращения Ганимеда равен 7,2 дня, а радиус его круговой орбиты равен 1,07 млн км? Ответ приведите в сутках и округлите до десятых.

Ответ: 18,4

Критерии оценивания: +8 баллов за совпадение с ответом.

17. Сколько дней проходит между двумя последовательными прохождениями Ганимеда по диску Юпитера для наблюдателя, работающего с фотокамерой? Ответ приведите в сутках и округлите до десятых.

Ответ: 11,8

Критерии оценивания: +8 баллов за совпадение с ответом.

Решение:

16. Для сравнения движения спутника и Ганимеда вокруг Юпитера можно использовать 3-й закон Кеплера, записанный в упрощённой форме:

$$\left(\frac{P_C}{P_J}\right)^2 = \left(\frac{a_C}{a_J}\right)^3.$$

Искомый период будет равен

$$P_C = P_J \left(\frac{a_C}{a_J}\right)^{3/2} = 7,2 \left(\frac{2}{1,07}\right)^{3/2} = 18,4.$$

17. Воспользуемся формулой для связи синодического и сидерического периодов и вычислим синодический период обращения Ганимеда относительно спутника:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P_J} - \frac{1}{P_C},$$
$$S = \frac{P_J P_C}{P_C - P_J} = \frac{7,2 \cdot 18,4}{18,4 - 7,2} = 11,8.$$

Всего 16 баллов.

Задачи 18-19

В далёком будущем альпинист, находясь на неизвестной планете, похожей по рельефу на Землю и имеющей радиус 10 000 км, поднялся на гору высотой 5400 м.

18. На каком расстоянии от него находится линия горизонта, если он смотрит в сторону местного моря? Ответ выразите в километрах и округлите до целого.

Ответ: 329

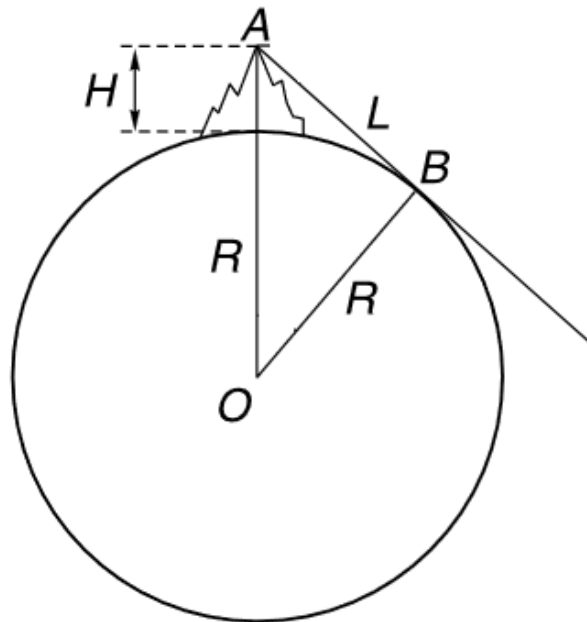
Критерии оценивания: +8 баллов за совпадение с ответом.

19. На какой высоте над уровнем моря должен находиться наблюдатель на Земле, чтобы видеть горизонт на таком же расстоянии? Радиус Земли равен 6380 км. Ответ выразите в километрах и округлите до целого.

Ответ: 8

Критерии оценивания: +6 баллов за совпадение с ответом.

Решение:



18. Проведём отрезок AO , соединяющий центр неизвестной планеты и вершину горы, на которой находится альпинист. Также из вершины горы проведём касательную к поверхности планеты OB . Соединив точку касания и центр планеты, получим прямоугольный треугольник ABO , в котором нам известны две стороны, а значит, из теоремы Пифагора мы можем найти третью сторону: $L^2 + R^2 = (R + H)^2$, где R —это радиус неизвестной нам планеты, H —высота горы, L —расстояние до горизонта. Получаем:

$$L = \sqrt{(R + H)^2 - R^2} = \sqrt{(10000\text{км} + 5.4\text{км})^2 - (10000\text{км})^2} = 328.7 \approx 329 \text{ км}$$

19. Для Земли мы теперь знаем L , и требуется найти H . Зная радиус Земли $R_3 = 6380$ км, из выражения $L^2 + R^2 = (R + H)^2$ запишем:

$$H = \sqrt{L^2 + R_3^2} - R_3 = \sqrt{(329 \text{ км})^2 + (6380\text{км})^2} - 6380\text{км} = 8460\text{м} \approx 8 \text{ км}$$

Всего 14 баллов.

Максимальный балл за работу – 110.