

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
АСТРОНОМИЯ. 2024–2025 УЧ. Г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

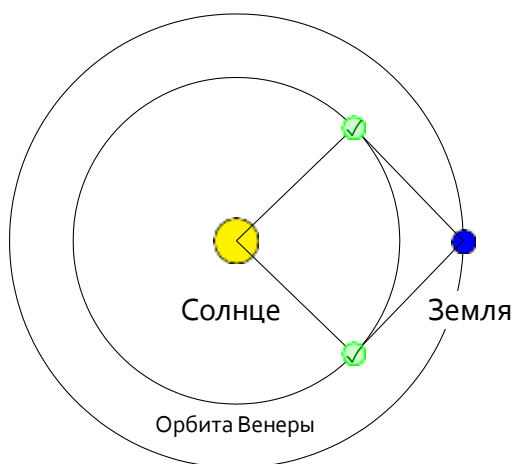
Максимальный балл за работу – 100.

Утренняя звезда – 1

Планета Венера находится ближе к Солнцу чем Земля, и наблюдается сравнительно недалеко от Солнца на земном небе. Обычно Венера видна незадолго до восхода или через некоторое время после захода Солнца.

1. Отметьте все возможные положения Венеры на её орбите в момент, когда она кажется земному наблюдателю максимально удалённой от Солнца:

Ответ:



Точное совпадение ответа – 3 балла.

2. Как называется такая конфигурация Венеры?

Ответ:

- **Наибольшая элонгация**
- Соединение
- Противостояние
- Максимум
- Эквinox
- Альмукуантарат

Точное совпадение ответа – 2 балла.

Комментарий. Наибольший угол Солнце–Земля–Венера достигается, когда угол Солнце–Венера–Земля прямой: луч Земля–Венера касается орбиты Венеры. Название такой конфигурации соответствует её смыслу.

3. Определите расстояние между Венерой и Землёй в этот момент, если радиус орбиты Венеры равен 0.72 а. е. Ответ выразите в астрономических единицах, округлите до десятых.

Решение. Расстояние между Венерой и Землёй в момент наибольшей элонгации вычислим по теореме Пифагора:

$$BZ = \sqrt{CZ^2 - CB^2} = \sqrt{1.00^2 - 0.72^2} \approx 0.7 \text{ а. е.}$$

Точное совпадение ответа – 3 балла.

4. Выразите полученное расстояние в миллионах километров.

Решение. Расстояние между Солнцем и Землёй – 1 астрономическая единица или 150 млн км. Тогда вычисленное ранее расстояние Венера–Земля равно

$$150 \text{ млн км} \times 0.7 = 105 \text{ млн км.}$$

Точное совпадение ответа – 2 балла.

Утренняя звезда – 2

Посмотрите внимательно на «групповой портрет» Солнечной системы. В одну цепочку на снимке выстроились планеты Венера, Марс и Юпитер, а также звезда Регул (α Льва).



Планеты Венера, Марс и Юпитер на утреннем небе¹

5. Как называется большой круг небесной сферы, вблизи которого находятся перечисленные планеты Солнечной системы?

Ответ:

- Эклиптика
- Небесный экватор
- Горизонт
- Галактический экватор
- Альмуkantарат
- Вертикал

¹ Изображение: Astronet / Юрий Белецкий – <https://www.astronet.ru/db/msg/1349278>

Комментарий. Плоскости орбит планет практически совпадают, поэтому планеты движутся практически вдоль эклиптики – большого круга, образованного плоскостью орбиты Земли, вдоль которого проходит видимое годичное движение Солнца.

Точное совпадение ответа – 3 балла.

6. Снимок сделан перед рассветом. В каком направлении будут смещаться небесные тела на запечатлённом участке неба?

Ответ:

- **Вверх и влево**
- Вверх и вправо
- Вниз и влево
- Вниз и вправо
- Невозможно определить

Точное совпадение ответа – 3 балла.

7. В каком полушарии сделана эта фотография?

Ответ:

- **В Южном полушарии**
- В Северном полушарии
- В точности на экваторе
- Невозможно определить

Точное совпадение ответа – 4 балла.

Решение. Наблюдаемое вблизи горизонта свечение означает, что снимают восточную часть горизонта. Солнце скоро взойдёт, а планеты уже взошли. Эклиптика составляет небольшой угол с небесным экватором, так что можно ожидать, что небесный экватор в точке востока уходит *влево*, к точке севера. Это возможно в Южном полушарии. Светила восходят вверх и влево.

Круговерть

Самолёт летит вдоль экватора Земли. Длина окружности земного экватора – около 40 тысяч километров.



Шутка по теме задачи²

8. С какой скоростью происходит это движение самолёта, если диск Солнца словно застыл на небе для пассажиров? Ответ выразите в км/ч, округлите до целых.

Решение. Самолёт должен компенсировать вращение Земли вокруг своей оси. Скорость вращения Земли на экваторе составляет

$$v_r = v_p = \frac{40\,000 \text{ км}}{24 \text{ ч}} \approx 1\,667 \text{ км/ч.}$$

Точное совпадение ответа – 4 балла.

9. В каком направлении движется самолёт?

Ответ:

- С востока на запад
- С запада на восток
- С севера на юг
- С юга на север
- Невозможно определить

Решение. Направление движения самолёта противоположно направлению суточного вращения Земли. Земля вращается против часовой стрелки, если смотреть с Северного полюса, то есть с запада на восток.

Точное совпадение ответа – 3 балла.

10. С какой периодичностью пассажиры могли бы наблюдать восходы Солнца, если бы самолёт продолжил движение с той же скоростью и в том же направлении, но на широте Санкт-Петербурга (60° с. ш.)? Длина 60-й параллели вдвое меньше длины экватора. Выразите ответ в часах, округлите до целых.

² Изображение: XKCD / yulka_mi – <https://xkcd.ru/1557/>

Решение. На широте 60° длина параллели вдвое меньше длины экватора ($\cos 60^\circ = 0.5$). Следовательно, скорость суточного движения точек поверхности тоже вдвое меньше экваториальной:

$$v_r' = \frac{1}{2} v_r,$$

а результирующая скорость самолёта ¹окажется равной по величине скорости вращения на этой параллели:

$$v_r' - v_p = -\frac{1}{2} v_r = -v_r'.$$

Сделаем вывод, что восходы Солнца на самолёте наблюдались бы с той же периодичностью, что и на поверхности, то есть каждые **24 часа**. Однако для пассажиров самолёта Солнце восходило бы на западе и заходило бы на востоке.

Точное совпадение ответа – 3 балла.

Потеря массы

Хитрый инопланетянин *увеличил* радиусы орбит планет Солнечной системы на 10 %, оставив их круговыми.

11. Как изменилась продолжительность земного года?

Ответ:

- Увеличилась
- Уменьшилась
- Не изменилась
- Невозможно определить

Решение. С ростом радиуса орбиты при неизменной массе центрального тела период обращения планеты возрастает. К такому выводу можно прийти, например, вспомнив третий закон Кеплера: квадрат периода обращения планеты пропорционален кубу радиуса её орбиты. Также можно вспомнить параметры орбит планет Солнечной системы: чем дальше планета от Солнца, тем дольше длится год на ней.

Точное совпадение ответа – 4 балла.

12. Как изменился видимый с Земли блеск планет?

Ответ:

- Планеты стали выглядеть ярче
- Планеты стали выглядеть тусклее
- Блеск планет не изменился
- Невозможно определить

Решение. Вначале вспомним, как возникает и приходит к наблюдателю видимый свет планеты: планета освещается Солнцем, затем часть света

отражается в сторону наблюдателя. Чем дальше планета от Солнца, тем меньше солнечного света на неё попадает. А поскольку возрастают радиусы орбит всех планет, то и расстояние от планеты до земного наблюдателя также возрастёт. Тогда и до земного наблюдателя дойдёт меньшее количество света от планеты. В итоге планеты будут выглядеть тусклее.

Точное совпадение ответа – 3 балла.

13. Как изменилась средняя орбитальная скорость Венеры?

Ответ:

- Скорость Венеры увеличилась
- **Скорость Венеры уменьшилась**
- Скорость не изменилась
- Невозможно определить

Решение. С ростом радиуса орбиты скорость движения планеты убывает. К такому выводу можно прийти, например, рассчитав по радиусу орбиты и длительности орбитального периода скорость движения пары планет Солнечной системы, взяв, например, Землю и Марс или Венеру. Или же можно вспомнить более строгую зависимость между орбитальной скоростью и радиусом орбиты: $V \propto 1/\sqrt{r}$ что также показывает уменьшение скорости с ростом радиуса орбиты.

Точное совпадение ответа – 3 балла.

Примечание. Если бы инопланетянин *уменьшил* радиусы орбит планет,

- продолжительность земного года **уменьшилась бы**;
- планеты стали бы **выглядеть ярче** для земного наблюдателя;
- средняя орбитальная скорость Венеры **увеличилась бы**.

Сумерки. Почти полнолуние

23 марта в средних широтах России Луна взошла во время вечерних сумерек.



Сумерки как «цветок»³

³ Изображение: Astronet / Дарио Джаннобиле – <http://www.astronet.ru/db/msg/1897282>

14. В какой фазе наблюдалась Луна? Выберите наиболее близкий ответ.

Ответ:

- **Полнолуние**
- Новолуние
- Первая четверть
- Последняя четверть

Комментарий. Восход Луны произошёл примерно одновременно с заходом Солнца. Значит, Луна на небе противостоит Солнцу, что соответствует полнолунию.

Точное совпадение ответа – 3 балла.

15. Когда можно ожидать восход Луны 24 марта?

Ответ:

- В то же время, что и 23 марта
- **Примерно на час позже, чем 23 марта**
- Примерно на час раньше, чем 23 марта
- Зависит от долготы места наблюдения

Решение. Луна, помимо суточного движения, обусловленного вращением Земли, совершает «месячное» движение, поскольку обращается вокруг Земли, совершая оборот примерно за месяц. Эти два движения противоположны (как и в случае суточного и годового движения Солнца). За сутки Луна сдвигается примерно на $1/27 \approx 1/24$ часть своей орбиты, а потому каждый день восходит примерно на час позже, чем в предыдущий, и возвращается к прежнему расписанию (и к Солнцу) через месяц. Сколь-нибудь опытному наблюдателю этот факт попросту известен.

Точное совпадение ответа – 4 балла.

16. Выберите верное утверждение.

Ответ:

- **Продолжительность сумерек тем больше, чем севернее находится наблюдатель.**
- Продолжительность сумерек тем больше, чем южнее находится наблюдатель.
- Продолжительность сумерек тем больше, чем восточнее находится наблюдатель.
- Продолжительность сумерек тем больше, чем западнее находится наблюдатель.
- Продолжительность сумерек для всех наблюдателей на поверхности Земли одинакова.

Решение. Согласно условию задачи наблюдатель находится в средних широтах России. Чем ближе к полюсу, тем под меньшим углом происходит

восход и заход светил (на полюсе светила движутся вовсе параллельно горизонту) и тем больше времени необходимо, чтобы Солнце сместилось на заданное расстояние под горизонт. Значит, чем севернее наблюдатель, тем дольше длятся сумерки.

Точное совпадение ответа – 3 балла.

Межвременье

12 марта в некоторой точке с координатами 45° с. ш., 80° в. д. наступил местный полдень.

17. Определите долготу любой точки, в которой в этот же момент наступила местная полночь.

Решение. Местное время LT связано со всемирным временем UT и долготой пункта λ выражением

$$LT = UT + \lambda.$$

Для вычислений необходимо привести величины к одним единицам, считая, что $360^\circ = 24^h$, то есть $1^h = 15^\circ$. Восточные долготы считаются положительными, западные – отрицательными.

В рассматриваемом случае для полуденного меридиана имеем:

$$12^h = UT + 80^\circ,$$

Откуда

$$UT = 12^h - 80^\circ = 180^\circ - 80^\circ = 100^\circ.$$

Для меридиана, на котором наступила полночь, имеем

$$0^h = UT + \lambda = 100^\circ + \lambda,$$

откуда $\lambda = -100^\circ$, то есть **100° з. д.**

Проще говоря, необходимо было найти долготу меридиана, противоположного меридиану 80° в. д.

Точное совпадение ответа – 4 балла.

18. Определите местное время в этот же момент в точке с координатами 30° ю. ш., 80° в. д.

Решение. Местное время одинаково для всех точек данного меридиана. Известно, что на меридиане 80° в. д. наступил местный полдень. Местное время – **12 час 00 мин.**

Точное совпадение ответа – 2 балла.

19. Определите местное время и дату в этот же момент в точке с координатами 0° ш., 130° з. д.

Решение. Непосредственным вычислением:

$$LT = UT + \lambda = 100^\circ - 130^\circ = -30^\circ = -2^h.$$

Результат можно интерпретировать как **22 часа 00 минут** предыдущих суток, то есть **11 марта**.

Альтернативно: заметим, что данный меридиан на $30^\circ = 2^h$ западнее, чем меридиан 100° з. д., на котором, как было показано ранее, наступила местная полночь. На данном меридиане местное время отстаёт на 2 часа, то есть составляет 2 часа до полуночи – 22 часа предыдущих суток.

Точное совпадение ответа – 4 балла.

Угломер

В таблице представлены экваториальные координаты некоторых светил:

Светило	Прямое восхождение	Склонение
<i>A</i>	0^h	0°
<i>B</i>	12^h	0°
<i>C</i>	13^h	0°
<i>D</i>	12^h	60°
<i>E</i>	13^h	60°

20. Определите угловые расстояния между указанными светилами в парах. Ответы выразите в градусах, округлите до целых.

Ответ:

- *A* и *B*: 180°
- *B* и *C*: 15°
- *B* и *D*: 60°
- *A* и *D*: 120°
- *D* и *E*: 8°

Решение. Светила *A* и *B* имеют одинаковое склонение, равное нулю, то есть находятся на небесном экваторе. Их прямые восхождения различаются на 12^h , что соответствует половине большого круга – 180° . Светило *C* также находится на небесном экваторе, в $1^h = 15^\circ$ от *B*. Светила *B* и *D* имеют одинаковое прямое восхождение. Их склонения различаются на 60° . В данном случае склонения выступают аналогом «широты»; расстояние $BD = 60^\circ$. Светила *A* и *D* имеют противоположные прямые восхождения (0^h и 12^h), то есть располагаются на одном большом круге. Кратчайшая дуга *AD* проходит через Северный полюс мира, её длина $AD = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$. Светила *D* и *E* имеют одинаковые склонения, равные 60° . Малый круг $\delta = 60^\circ$ короче большого круга – экватора: $\cos \delta = 0.5$. Разность прямых восхождений *D* и *E* составляет 1^h , что соответствует $15^\circ/2 = 7.5^\circ \approx 8^\circ$.

Точное совпадение ответа – по 2 балла за каждый правильный ответ.

Сортируй

21. Расположите перечисленные объекты в порядке увеличения их массы.

Ответ:

1. Хвост кометы
2. Ядро кометы
3. Луна
4. Земля
5. Юпитер
6. Солнце
7. Бетельгейзе
8. Гигантское молекулярное облако
9. Млечный Путь
10. Местная группа галактик

Комментарий. Целое массивнее своих частей, главный объект массивнее своих спутников.

Хвост кометы состоит из частиц, которые вылетают из её ядра, а следовательно, масса хвоста составляет малую долю массы ядра. Размер ядер комет – это единицы или десятки километров, что значительно меньше диаметра Луны. Луна – спутник Земли. Юпитер – планета-гигант и самая массивная планета Солнечной системы. Бетельгейзе – звезда-сверхгигант. Гигантское молекулярное облако – типичный представитель дисковой компоненты Млечного Пути, «звёздная колыбель»: из газа гигантских молекулярных облаков образуются звёздные скопления. Млечный Путь входит в состав Местной группы галактик.

Точное совпадение ответа – 10 баллов.



Изображение сгенерировано моделью Kandinsky 3.1

1001 ночь

На Северном полюсе Земли в некоторый день восходит Солнце.



Арктический пейзаж⁴

22. Выберите все верные утверждения.

Ответ:

- **На Южном полюсе Земли заканчивается полярный день.**
- На Северном полярном круге начинается полярная ночь.
- На Северном тропике Солнце наблюдается в зените.
- **Это день весеннего равноденствия.**
- Это день летнего солнцестояния.
- Это день осеннего равноденствия.

Решение. На Северном полюсе заканчивается полярная ночь. Это день весеннего равноденствия. На Южном полюсе в это время полярная ночь начинается, а полярный день – заканчивается.

Полярная ночь на Северном полярном круге наблюдалась бы около дня зимнего солнцестояния, а на Северном тропике Солнце выше всего около дня летнего солнцестояния.

Точное совпадение ответа – 3 балла.

23. Определите угол между терминатором (линией, отделяющей освещённую дневную часть от неосвещённой ночной части) и экватором Земли в этот день. Ответ выразите в градусах, округлите до целых.

Решение. В этот день терминатор проходит через полюсы Земли, где Солнце наблюдается на горизонте. Значит, плоскость терминатора перпендикулярна плоскости экватора, а соответствующий угол равен **90°**.

Точное совпадение ответа – 2 балла.

⁴ Изображение: РИА Новости / Анна Юдина – <https://ria.ru/20150402/1056080787.html>

24. Определите высоту Солнца на Северном полюсе через четверть года.

Ответ:

- 23°
- 15°
- 45°
- 90°
- 0°

Решение. Через четверть года, в день летнего солнцестояния, высота Солнца на Северном полюсе окажется равна углу наклона эклиптики к плоскости экватора Земли – около 23 градусов.

Точное совпадение ответа – 3 балла.

25. Определите высоту Солнца на Северном полюсе через полгода:

Ответ:

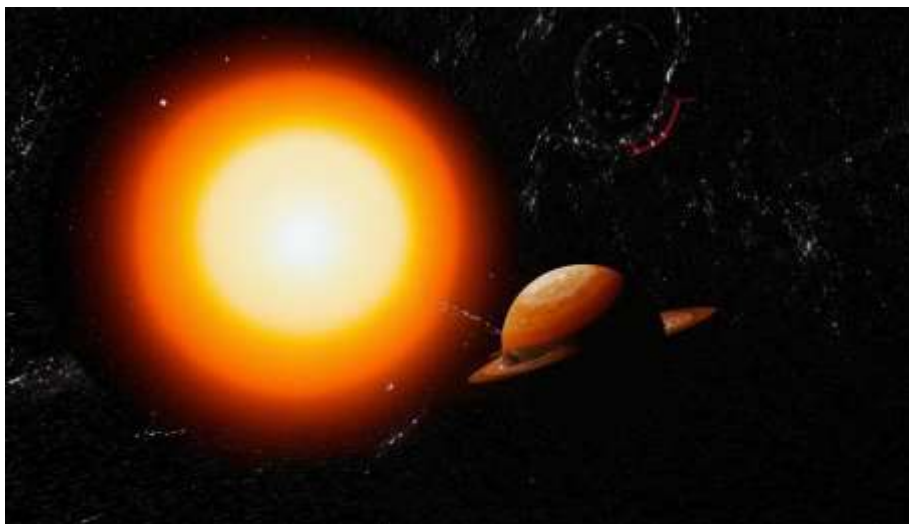
- 23°
- 15°
- 45°
- 90°
- 0°

Решение. Через полгода, в день осеннего равноденствия, высота Солнца на Северном полюсе окажется околонулевой: Солнце будет заходить.

Точное совпадение ответа – 2 балла.

Противостояния

Планеты А и Б обращаются вокруг общего светила по круговым орбитам в одной плоскости и в одном направлении. Периоды обращения планет равны 1 земному году и 2 земным годам соответственно.



Изображение сгенерировано моделью Kandinsky 3.1

26. Как часто будут наблюдаться противостояния планеты Б при наблюдении с планеты А? Выразите ответ в годах, округлите до целых.

Решение. Планета Б совершает один оборот за 2 года, в то время как планета А совершает один оборот за 1 год. Пусть в некоторый момент Б находится в противостоянии при наблюдении с А: планеты находятся на одном луче при наблюдении с местного Солнца. Следующее противостояние наступит, когда планеты вновь «выстроятся» в такую конфигурацию, что произойдёт, когда планета Б «провернётся» на угол ψ , а планета А – на угол $(\psi + 360^\circ)$ – ровно на оборот больше:

$$\frac{\psi}{360^\circ} \times 2 \text{ года} = \frac{\psi + 360^\circ}{360^\circ} \times 1 \text{ год},$$

откуда $\psi = 360^\circ$, что очевидно: за оборот планеты Б планета А как раз успеваает совершить 2 оборота. В таком случае противостояния происходят каждые **2 года**.

Точное совпадение ответа – 5 баллов.

27. Выберите верные утверждения.

Ответ:

- **Противостояния планеты Б наблюдаются с планеты А в один и тот же сезон года.**
- Противостояния планеты Б наблюдаются с планеты А два раза в год.
- **Противостояния планеты Б наблюдаются с планеты А раз в 2 года.**
- Противостояния планеты Б наблюдаются с планеты А два раза в полгода.
- Противостояния планеты Б наблюдаются с планеты А раз в 4 года.
- Противостояния планеты Б наблюдаются с планеты А в разные сезоны года.
- Противостояния планеты Б наблюдаются с планеты А раз в 8 лет.

Решение. Напомним, что периодичность противостояний совпадает с орбитальным периодом планеты Б. Это означает, что противостояния наступают, когда А и Б возвращаются к одним и тем же точкам своих орбит. Значит, противостояния наблюдаются в один и тот же сезон года (даже в одни и те же даты). Конкретную периодичность необходимо выбрать с учётом ответа на предыдущий вопрос задачи, проверив, что среди вариантов есть верный и отсутствуют эквивалентные ему.

Точное совпадение ответа – 5 баллов.