

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по астрономии для 10 класса

(группа № 4)

2021/22 учебный год

Максимальное количество баллов — 48

Задание № 1

Общее условие:

В представленном ниже списке отметьте те созвездия небосвода Земли, названия которых означают созданные человеком инструменты, устройства, составляющие более крупных сооружений, не являющиеся непосредственно измерительными приборами (у них отсутствует шкала измеряемой величины):

Варианты ответов:

- Андромеда
- Киль
- Волосы Вероники
- Лира
- Кассиопея
- Орел
- Печь
- Скульптор
- Циркуль
- Лебедь
- Телескоп
- Овен
- Октант
- Муха
- Секстант

Правильный ответ:

- Киль
- Лира
- Печь
- Циркуль
- Телескоп

Каждый правильный выбор — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

Очевидно, названия созвездий Киль, Лира, Печь, Циркуль, Телескоп определяют инструменты, устройства, составляющие более крупных сооружений, созданные человеком, не являющиеся непосредственно измерительными приборами.

Условие:

Какие созданные человеком приборы, лежащие в названии данных созвездий, вы можете использовать непосредственно при проведении астрономических наблюдений (измерений)?

Варианты ответов:

- Андромеда
- Киль
- Волосы Вероники
- Лира
- Кассиопея
- Орел
- Печь
- Скульптор
- Циркуль
- Лебедь
- Телескоп
- Овен
- Октант
- Муха
- Секстант

Правильный ответ:

- Телескоп
- Октант
- Секстант

Каждый правильный выбор — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

Очевидно, можно использовать непосредственно при проведении астрономических наблюдений телескоп, октант, секстант.

Задание № 2.1

Условие:

В какой конфигурации внутренней планеты ее видимый диск освещен солнечным светом ровно наполовину?

Варианты ответов:

- Верхнее соединение
- Нижнее соединение
- Восточная элонгация
- Западная элонгация

Правильный ответ:

- Восточная элонгация
- Западная элонгация

Каждый правильный выбор — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Чтобы видимый диск внутренней планеты был освещен ровно наполовину, необходимо, чтобы фазовый угол этой планеты был $\varphi = 90^\circ$. В этом случае, согласно формуле:

$$\Phi = \frac{1 + \cos\varphi}{2},$$

фаза этой планеты $\Phi = 0.5$. Данная ситуация, очевидно, достигается в восточной (ВЭ) и западной (ЗЭ) элонгациях (см. рис. 1).

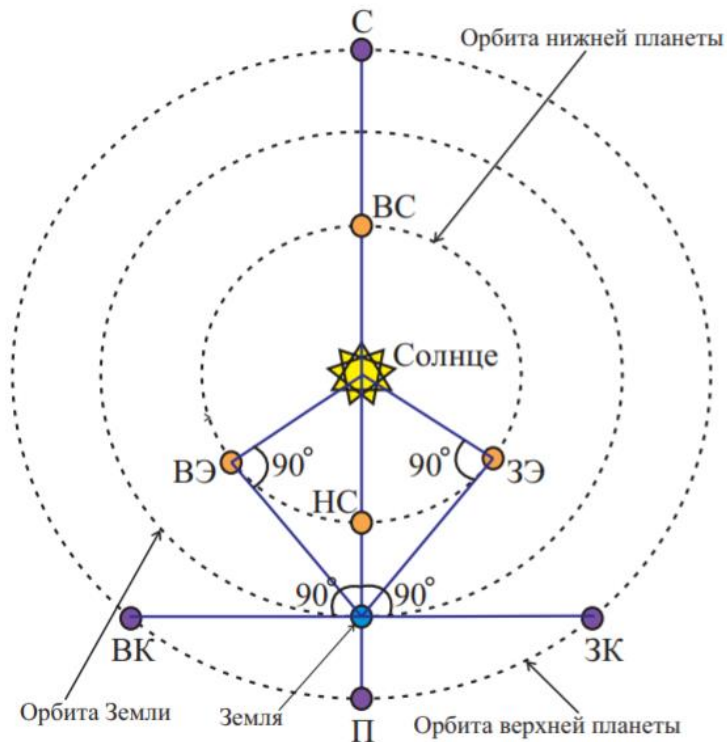


Рис. 1. К определению основных конфигураций нижних и верхних планет

Условие:

В какой конфигурации внешней планеты ее фаза достигает минимального значения?

Варианты ответов:

- Соединение
- Восточная квадратура
- Западная квадратура
- Противостояние

Правильный ответ:

- Восточная квадратура
- Западная квадратура

Каждый правильный выбор — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение:

Чтобы фаза внешней планеты была минимальной, необходимо, согласно формуле

$$\Phi = \frac{1 + \cos\varphi}{2},$$

чтобы минимального значения достигла функция косинус. Как известно, функция косинус является монотонно убывающей с увеличением значения аргумента. Из рисунка видно, что наибольшее значение фазовый угол верхней планеты достигаются в конфигурациях западной (ЗК) и восточной (ВК) квадратур. При этом Земля для гипотетического наблюдателя, находящегося в окрестности верхней планеты, будет находиться в наибольшей восточной или западной элонгациях соответственно. Т.е., фаза внешней планеты достигает минимального значения в западной (ЗК) и восточной (ВК) квадратурах.

Задание № 2.2

Условие:

В какой конфигурации внутренней планеты ее видимый диск освещен солнечным светом полностью?

Варианты ответов:

- Верхнее соединение
- Нижнее соединение
- Восточная элонгация
- Западная элонгация

Правильный ответ:

- Верхнее соединение

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Если диск внутренней планеты полностью освещен солнечным светом, то ее фаза, определяемая формулой

$$\Phi = \frac{1 + \cos\varphi}{2},$$

должна быть равна единице. Чтобы данный параметр был равен единице, необходимо, чтобы ее фазовый угол был равен нулю, что очевидно достигается лишь в верхнем соединении (см. рис. 1).

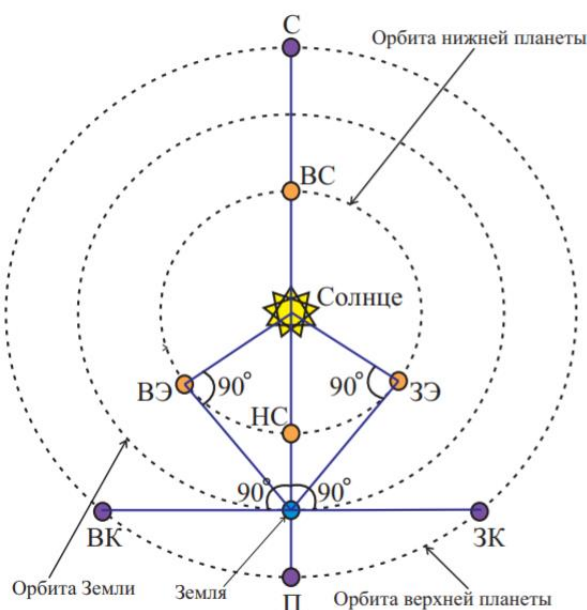


Рис. 1. К определению основных конфигураций нижних и верхних планет

Условие:

В какой конфигурации внутренней планеты возможно ее прохождение по диску Солнца?

Варианты ответов:

- Верхнее соединение
- Нижнее соединение
- Восточная элонгация
- Западная элонгация

Правильный ответ:

- Нижнее соединение

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение:

Чтобы внутренняя планета могла пройти по диску Солнца, необходимо, чтобы последняя находилась строго между Солнцем и Землей, вблизи прямой, соединяющей их центры. Очевидно, это возможно лишь в конфигурации нижнего соединения

Условие:

В какой конфигурации внешней планеты ее фаза и угловой диаметр одновременно достигают максимальных значений?

Варианты ответов:

- Соединение
- Восточная квадратура
- Западная квадратура
- Противостояние

Правильный ответ:

- Противостояние

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение:

Очевидно, фаза внешней планеты не может быть больше единицы. Данного значения фаза достигает при нулевом значении фазового угла ($\Phi = \frac{1+\cos\varphi}{2}$). Эти значения данный параметр принимает сразу в двух конфигурациях: соединении и противостоянии.

Как известно, угловой диаметр классической планеты может быть определен посредством формулы вида:

$$D_p^n = k \cdot \left(\frac{2R_p}{\Delta} \right),$$

здесь k – коэффициент пропорциональности, позволяющий представить итоговый результат в удобных единицах измерения угла (градусах, угловых минутах или секундах), R_p – линейный радиус планеты, Δ – геоцентрическое расстояние до небесного тела. Из последнего результата следует, что угловой диаметр внешней планеты будет достигать максимального значения в случае, когда ее геоцентрическое расстояние принимает минимальное значение. Из рисунка выше следует, что такая ситуация реализуется лишь в случае противостояния (II).

Условие:

В какой конфигурации внешней планеты ее угловой диаметр достигает минимального значения?

Варианты ответов:

- Соединение
- Восточная квадратура
- Западная квадратура
- Противостояние

Правильный ответ:

- Соединение

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Из формулы $D_p^n = k \cdot \left(\frac{2R_p}{\Delta} \right)$, следует, что угловой диаметр внешней планеты будет достигать минимального значения в случае, когда ее геоцентрическое расстояние принимает максимальное значение. Из рисунка, что такая ситуация реализуется в случае соединения (C).

Задание № 3

Условие:

На поверхности какого из представленных спутников Юпитера обнаружено большое количество действующих вулканов?

Варианты ответов:

- Адрастея
- Амальтея
- Ананке
- Гемалия
- Ганимед
- Европа
- Ио
- Карме
- Метида
- Леда
- Пасифе
- Синопе

Правильный ответ:

- Ио

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Данные наблюдений пролетных и орбитальных космических станций указывают на существование большого количества действующих вулканов на поверхности Ио, одного из четырех галилеевых спутников

Условие:

Какой из ниже представленных факторов является главной причиной вулканической активности этого спутника?

Варианты ответов:

- Близость к Юпитеру и, как следствие, получение от центрального тела большого количества тепловой энергии, затрачиваемого на разогрев и расширение внутренних областей спутника
- Близость к Юпитеру и, как следствие, регулярное действие больших приливных сил на его кору
- Спутник расположен в центральной части магнитосферы Юпитера и, как следствие, действие магнитного поля центральной планеты разогревает внутренние области тела спутника
- Близость центральной планеты и спутника к Солнцу приводит к интенсивному нагреву его внутренних областей.

Правильный ответ:

- Близость к Юпитеру и, как следствие, регулярное действие больших приливных сил на его кору

Точное совпадение ответа — 2 балла

Решение.

Как показывают многочисленные теоретические исследования, главной причиной вулканической активности спутника Ио является близость спутника к Юпитеру и как следствие регулярное действие больших приливных сил на его кору.

Условие:

Определите ускорение свободного падения у поверхности данного спутника, если его некоторые вулканические выбросы имеют скорость выхода 1 км/с, и поднимаются на высоту 300 км, составляющую долю 1:6 от его радиуса. Ответ представить в м/с², округлив до десятых.

Правильный ответ: принимается значение в диапазоне [1,6; 2,1]

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Применим закон сохранения энергии для порции вещества вулканического выброса:

$$\Delta m \frac{V^2}{2} - \frac{G\Delta m M_{Io}}{R_{Io}} = -\frac{G\Delta m M_{Io}}{R_{Io}+h}, \Rightarrow \frac{V^2}{2} = \frac{GM_{Io}}{R_{Io}} \left(1 - \frac{1}{\frac{7}{6}}\right), \Rightarrow \frac{7}{2} V^2 = \frac{GM_{Io}}{R_{Io}}. \quad (1)$$

Учитывая также, что ускорение свободного падения на поверхности шарообразного спутника можно представить в виде:

$$g_0 = \frac{GM_{I_0}}{R_{I_0}^2} \quad (2)$$

тогда из выражений (1) и (2) следует, что

$$g_0 = \frac{7V^2}{2R_{I_0}} = \frac{7V^2}{12h} = 1,94 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Допускается также получение более грубой оценки для g_0 , используя закон сохранения энергии в виде:

$$\Delta m \frac{V^2}{2} = \Delta m g_0 h, \Rightarrow g_0 = \frac{V^2}{2h} = \mathbf{1,67} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

С учетом возможной погрешности округления итогового результата и получения несколько отличающихся значений g_0 , в качестве ответа допускается значение, принадлежащее интервалу $[1.6, 2.1] \text{ м/с}^2$

Задание № 4

Общее условие:

Некоторая звезда прошла верхнюю кульминацию дважды в одни средние солнечные сутки.

В какое время могла произойти ее первая верхняя кульминация?

Ответ представьте в виде временного интервала, округлив до целых минут и вписывая часы в левую графу, а минуты — в правую.

Условие:

Начало интервала:

Правильный ответ: 00:00

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Конец интервала:

Правильный ответ: 00:04

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какое количество раз эта звезда пересекла небесный меридиан в эти сутки?

Правильный ответ: 3

Точное совпадение ответа — 4 баллов

Решение.

Как известно, продолжительность средних солнечных суток составляет ровно 24 часа. Период вращения небесной сферы (и всех звезд) равен звездным суткам, продолжительность которых составляет 23 часа 56 минут (с точностью до минуты). Чтобы в одни средние солнечные сутки звезда могла дважды пройти верхнюю кульминацию, очевидно, необходимо, чтобы первое прохождение было во временном интервале – 00 часов 00 мин ÷ 00 часов 04 мин, тогда вторая кульминация также произойдет в те же сутки.

Очевидно, в эти сутки звезда должна пересечь меридиан трижды: два раза в верхней кульминации и один раз – в нижней.

Задание № 5.1

Общее условие:

Два астероида движутся по круговым орбитам вокруг Солнца, так что их синодические периоды отличаются на 0.5 года от звездного года Земли и на 1 год друг от друга.

Условие:

Чему равен сидерический период обращения (в годах) наиболее близкого к Солнцу астероида? Ответ округлите до сотых.

Правильный ответ: 0,33

Точное совпадение ответа — 4 балла

Условие:

Чему равен сидерический период обращения (в годах) наиболее далекого от Солнца астероида? Ответ округлите до целых.

Правильный ответ: 3

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Пусть синодический период первого астероида (наиболее близкого к Солнцу) есть S_1 , а сидерический период – T_1 . Указанные величины в случае второго астероида есть S_2 и T_2 . Воспользуемся уравнением синодического периода для нижней и верхней планеты (астероида):

$$\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_{\oplus}} = \frac{1}{S_1}, \Rightarrow T_1 = \frac{S_1 T_{\oplus}}{T_{\oplus} + S_1}, \quad \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_2} = \frac{1}{S_2}, \Rightarrow T_2 = \frac{S_2 T_{\oplus}}{S_2 - T_{\oplus}}$$

здесь $T_{\oplus} = 1$ год – сидерический период обращения Земли вокруг Солнца. Согласно условию задачи $S_2 - S_1 = 1$ год, $S_1 = T_{\oplus} - \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$ года, $S_2 = T_{\oplus} + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$ года.

Из этого следует, что

1. $T_1 = 1/3$ года = 0.33 года.
2. $T_2 = 3$ года.

Задание № 5.2

Общее условие:

Два астероида движутся по круговым орбитам вокруг Солнца, так что их синодические периоды отличаются на 0.3 года от звездного года Земли и на 0.6 года друг от друга.

Условие:

Чему равен сидерический период обращения (в годах) наиболее близкого к Солнцу астероида? Ответ округлить до сотых.

Правильный ответ: 0,41

Точное совпадение ответа — 4 балла

Условие:

Чему равен сидерический период обращения (в годах) наиболее далекого от Солнца астероида? Ответ округлить до сотых.

Правильный ответ: 4,33

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

Пусть синодический период первого астероида (наиболее близкого к Солнцу) есть S_1 , а сидерический период – T_1 . Указанные величины в случае второго астероида есть S_2 и T_2 . Воспользуемся уравнением синодического периода для нижней и верхней планеты (астероида):

$$\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_{\oplus}} = \frac{1}{S_1}, \Rightarrow T_1 = \frac{S_1 T_{\oplus}}{T_{\oplus} + S_1}, \quad \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_2} = \frac{1}{S_2}, \Rightarrow T_2 = \frac{S_2 T_{\oplus}}{S_2 - T_{\oplus}}$$

здесь $T_{\oplus} = 1$ год – сидерический период обращения Земли вокруг Солнца. Согласно условию задачи $S_2 - S_1 = 0,6$ года, $S_1 = T_{\oplus} - 0,3 = 0,7$ года, $S_2 = T_{\oplus} + 0,3 = 1,3$ года.

Из этого следует, что

1. $T_1 = 0,41$ года.

2. $T_2 = 4,33$ года.

Задание № 6.

Общее условие:

В июне 2015 года американские астрономы объявили об открытии самой легкой экзопланеты, известной на тот момент, Kepler-138b. Масса экзопланеты равна 0.066 массы Земли, а ее радиус – 0.45 радиуса Земли. Масса Земли составляет $5.97 \cdot 10^{24}$ кг, а ее радиус – 6371 км.

Условие:

Определите среднюю массовую плотность планеты (в $\text{кг}/\text{м}^3$). Ответ округлите до целых.

Правильный ответ: принимается значение в диапазоне [3800; 4200]

Точное совпадение ответа. 4 балла

Решение.

Средняя массовая плотность планеты определяется по формуле:

$$\rho = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{0,066m_{\oplus}}{\frac{4}{3}\pi(0,45R_{\oplus})^3} = \mathbf{3992} \text{ кг}/\text{м}^3$$

С учетом погрешности округления в вычислениях итогового результата, в качестве итогового значения принимается число из интервала [3800, 4200]

Условие:

Определите ускорение свободного падения (в $\text{м}/\text{с}^2$). Ответ округлите до сотых.

Правильный ответ: принимается значение в диапазоне [2,9; 3,4]

Точное совпадение ответа. 4 балла

Решение.

Ускорение свободного падения у поверхности планеты можно определить так

$$g_0 = \frac{Gm}{R^2} = \frac{G(0,066m_{\oplus})}{(0,45R_{\oplus})^2} = \mathbf{3,20} \text{ м}/\text{с}^2$$

С учетом погрешности округления в вычислениях итогового результата, в качестве итогового значения принимается число из интервала [2.90, 3.40].