

Всероссийская олимпиада школьников 2023/2024 учебного года

Школьный этап

Астрономия

Разбор заданий

---

10 классы

---

Особенности комплекта задач:

1. Комплект содержит 10 поставленных задач.
  2. На решение задач школьного этапа школьникам отводится 50 минут.
  3. Задачи оцениваются 5-26 баллами.
  4. Максимально возможный балл в данной параллели – 100.
- 
-

## Блок заданий №1. «Качественные задачи начального уровня»

### Задание №1.К.1. «Яркая звезда и примечательное созвездие (11 баллов)»

**Общее условие:** На рис. 1 представлен фрагмент звездной карты, содержащий одно созвездие.

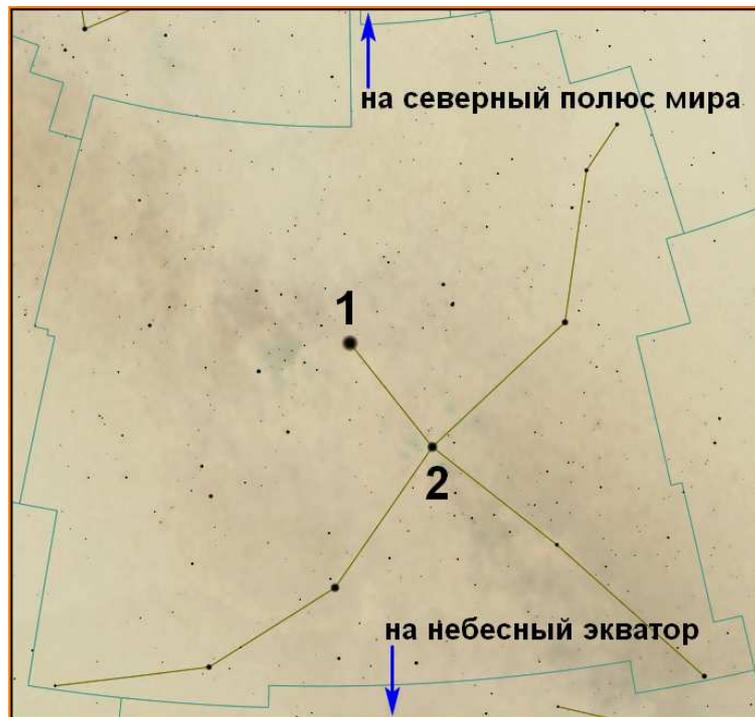


Рис. 1. Фрагмент звездной карты.

#### 1. Выбор одного из списка

**Условие:** Как называется это созвездие?

**Варианты ответов:**

1. Телец,
2. Пегас,
3. Волопас,
4. Орел,
5. Большая Медведица,
6. Андромеда,
7. Лира,
8. Орион,
9. Цефей,
10. Лебедь

**Правильный ответ:** Лебедь.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

#### 2. Выбор одного из списка

**Условие:** К какой группе созвездий его можно отнести?

**Варианты ответов:**

1. Созвездия Северной полушеры небосвода,
2. Созвездия Южной полушеры небосвода,
3. Экваториальные созвездия

**Правильный ответ:** Созвездия Северной полушеры небосвода.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** Как называется звезда, обозначенная цифрой «1» на рис. 1?

**Варианты ответов:**

1. Альферац,
2. Аламак,
3. Ригель,
4. Капелла,
5. Вега,
6. Арктур,
7. Денеб,
8. Альгаир,
9. Альдебаран,
10. Антарес

**Правильный ответ:** Денеб.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

### 4. Выбор одного из списка

**Условие:** Что вы можете сказать о значениях склонений ( $\delta_1$  и  $\delta_2$ ) звезд «1» и «2»?

**Варианты ответов:**

1.  $\delta_1 > 0$  и  $\delta_2 > 0$ ,
2.  $\delta_1 > 0$  и  $\delta_2 = 0$ ,
3.  $\delta_1 > 0$  и  $\delta_2 < 0$ ,
4.  $\delta_1 = 0$  и  $\delta_2 > 0$ ,
5.  $\delta_1 = 0$  и  $\delta_2 = 0$ ,
6.  $\delta_1 = 0$  и  $\delta_2 < 0$ ,
7.  $\delta_1 < 0$  и  $\delta_2 > 0$ ,
8.  $\delta_1 < 0$  и  $\delta_2 = 0$ ,
9.  $\delta_1 < 0$  и  $\delta_2 < 0$

**Правильный ответ:**  $\delta_1 > 0$  и  $\delta_2 > 0$ .

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**Возможное Решение.**

1. Можно легко заметить, что главный астеризм созвездия напоминает "христианский крест". Именно такой астеризм принадлежит созвездию Лебедя.

2. Из рисунка видно, что данное созвездие полностью располагается выше небесного экватора, но ниже Северного полюса мира, значит можно утверждать что это созвездие располагается в Северной полусфере небосвода. Т.о., созвездие Лебедя относится к созвездиям Северной полусферы небосвода.

3. Очевидно, цифрой "1" отмечена самая яркая звезда созвездия (она отмечена на рисунке самой жирной точкой). Самой яркой звездой созвездия Лебедя является Денеб.

4. Склонение звезды – это координата, отсчитываемая от небесного экватора вдоль круга склонения звезды и являющаяся положительной величиной, если направление ее отсчета совпадает с направлением на Северный полюс мира, в противном случае – отрицательной величиной. Поскольку созвездие Лебедя лежит полностью в Северной полусфере небосвода, то склонения всех его звезд являются положительными величинами. **Правильный ответ:**  $\delta_1 > 0$  и  $\delta_2 > 0$ .

В достоверности приведенных известных фактов можно легко убедиться самому, воспользовавшись современной картой звездного неба или виртуальным компьютерным планетарием.

**Для клона №2 решение строится аналогично.**

**Задание №1.К.2. «Яркая звезда и примечательное созвездие (11 баллов)»**

**Общее условие:** На рис. 2 представлен фрагмент звездной карты, содержащий одно созвездие.

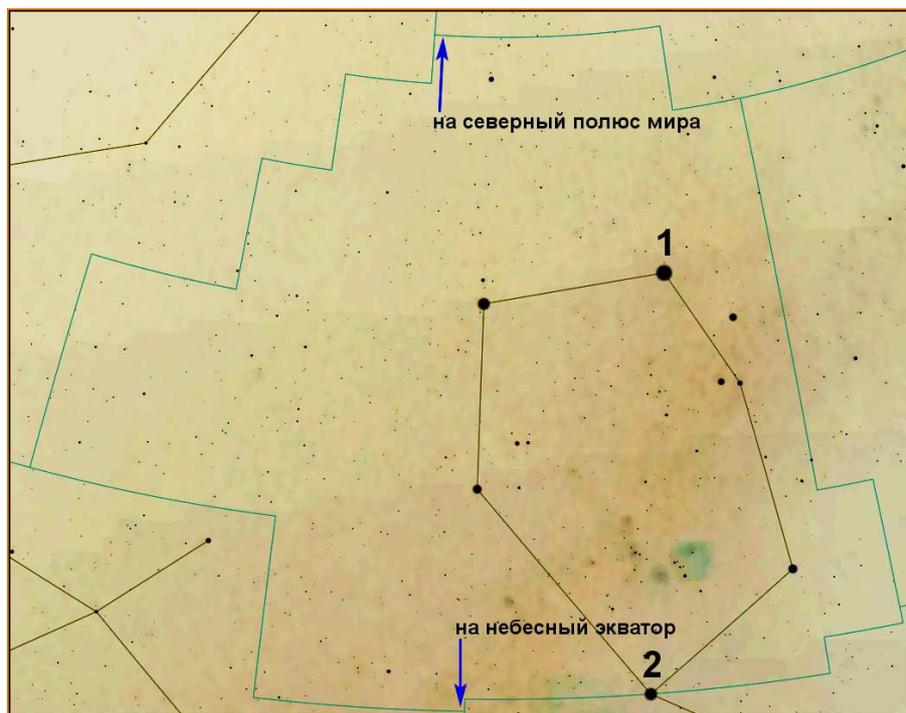


Рис. 2. Фрагмент звездной карты.

**1. Выбор одного из списка**

**Условие:** Как называется это созвездие?

**Варианты ответов:**

1. Телец,
2. Пегас,
3. Волопас,
4. Орел,
5. Большая Медведица,
6. Андромеда,
7. Лира,
8. Возничий,
9. Цефей,
10. Лебедь

**Правильный ответ:** Возничий.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**2. Выбор одного из списка**

**Условие:** К какой группе созвездий его можно отнести?

**Варианты ответов:**

1. Созвездия Северной полушеры небосвода,
2. Созвездия Южной полушеры небосвода,
3. Экваториальные созвездия

**Правильный ответ:** Созвездия Северной полушеры небосвода.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**3. Выбор одного из списка**

**Условие:** Как называется звезда, обозначенная цифрой «1» на рис. 2?

**Варианты ответов:**

1. Альферац,
2. Аламак,
3. Ригель,
4. Капелла,
5. Вега,
6. Арктур,
7. Денеб,
8. Бетельгейзе,
9. Альдебаран,
10. Антарес

**Правильный ответ:** Капелла.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**4. Выбор одного из списка**

**Условие:** Что вы можете сказать о значениях склонений ( $\delta_1$  и  $\delta_2$ ) звезд «1» и «2»?

**Варианты ответов:**

1.  $\delta_1 > 0$  и  $\delta_2 > 0$ ,
2.  $\delta_1 > 0$  и  $\delta_2 = 0$ ,
3.  $\delta_1 > 0$  и  $\delta_2 < 0$ ,
4.  $\delta_1 = 0$  и  $\delta_2 > 0$ ,
5.  $\delta_1 = 0$  и  $\delta_2 = 0$ ,
6.  $\delta_1 = 0$  и  $\delta_2 < 0$ ,
7.  $\delta_1 < 0$  и  $\delta_2 > 0$ ,
8.  $\delta_1 < 0$  и  $\delta_2 = 0$ ,
9.  $\delta_1 < 0$  и  $\delta_2 < 0$

**Правильный ответ:**  $\delta_1 > 0$  и  $\delta_2 > 0$ .

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**Задание №2.К.1. «Дневные пути Солнца по небосводу в течение года (10 баллов)»**

**Общее условие:** На рис. 3 представлены пограничные суточные параллели (А и С), которые описывает Солнце лишь один раз в течение года, и срединная параллель В, для жителя средних северных широт. Буквами *V* обозначены его точки восхода, а буквами *Z* – точки заката.

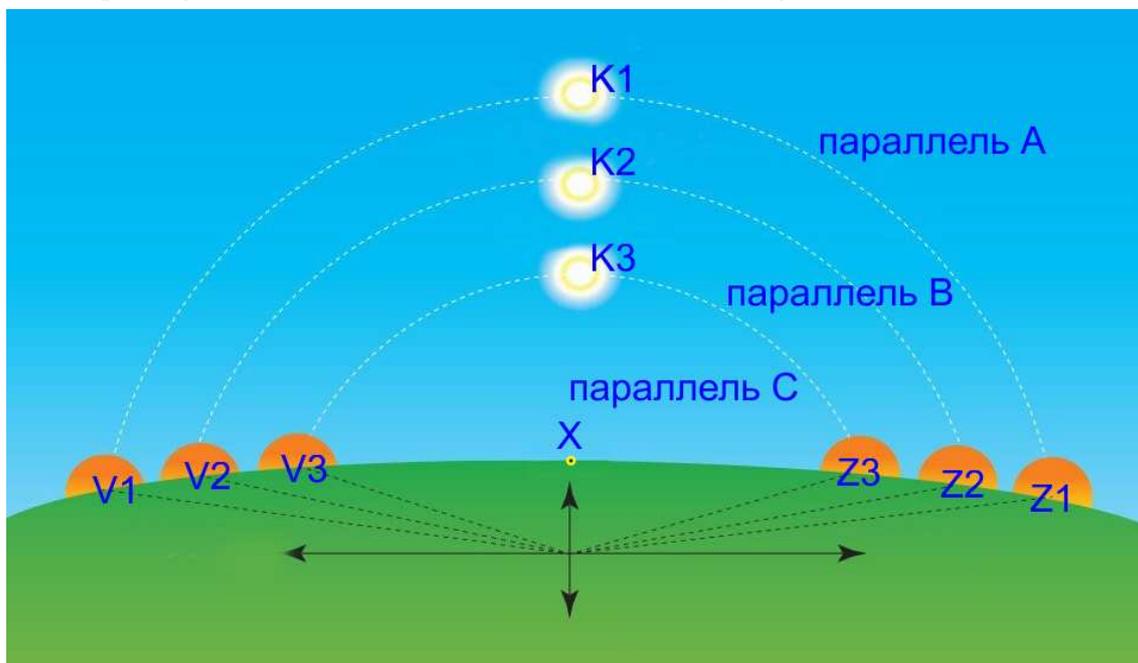


Рис. 3. Суточные параллели (А, В, С), которые описывает Солнце в течение года.

**1. Выбор одного из списка**

**Условие:** По какой суточной параллели совершает свое дневное движение Солнце в сутки весеннего равноденствия (20-21 марта)?

**Варианты ответов:**

1. Параллель А,
2. Параллель В,
3. Параллель С,
4. Невозможно однозначно определить

**Правильный ответ:** Параллель В.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**2. Выбор одного из списка**

**Условие:** С каким большим кругом можно отождествить суточную параллель В?

**Варианты ответов:**

1. Математический горизонт,
2. Небесный экватор,
3. Эклиптика,
4. Небесный меридиан,
5. Первый вертикал,
6. Вертикал светила

**Правильный ответ:** Небесный экватор.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**3. Выбор одного из списка**

**Условие:** Как называется точка  $V_2$  математического горизонта?

**Варианты ответов:**

1. Точка севера,
2. Точка юга,
3. Точка востока,
4. Точка запада,
5. Невозможно однозначно определить

**Правильный ответ:** Точка востока.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

#### 4. Выбор одного из списка

**Условие:** Чему равна продолжительность дня ( $\tau_d$ ) в сутки, когда Солнце движется по параллели А?

**Варианты ответов:**

1.  $6 \leq \tau_d < 8$  часов,
2.  $8 \leq \tau_d < 10$  часов,
3.  $10 \leq \tau_d < 12$  часов,
4.  $12 < \tau_d < 24$  часов,
5.  $\tau_d \geq 24$  часов,
6. Невозможно определить одним интервалом

**Правильный ответ:**  $12 < \tau_d < 24$  часов.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**Возможное Решение.**

**1-2.** Согласно условию задачи, суточные параллели А и С являются пограничными, по которым Солнце совершает свое суточное движение лишь один раз в год. Суточная параллель В является срединной и расположена на одинаковом расстоянии от пограничных параллелей. Значит ее можно отождествить с небесным экватором. В день весеннего равноденствия Солнце совершает свое суточное движение вдоль небесного экватора. Следовательно, Солнце совершает свое дневное движение в сутки весеннего равноденствия по параллели В.

**3.** Согласно условию задачи, данный рисунок соответствует наблюдаемому жителем средних северных широт. Для него левая половинка рисунка соответствует преимущественно восточной стороне небосвода, а правая – преимущественно западной стороне. Точка пересечения небесного экватора и математического горизонта в восточной стороне небосвода называется точкой востока.

**4.** Согласно рисунку, параллель А является самой высокой среди представленных. Очевидно, Солнце описывает ее в день летнего солнцестояния. В эти сутки для жителей северного географического полушария продолжительность дня является максимальной и очевидно больше 12 часов. Поскольку суточная параллель А пересекается с горизонтом, значит в указанные сутки солнце является восходящим и заходящим светилом. Значит его время пребывания над горизонтом должно быть меньше 24 часов. **Правильный ответ:**  $12 < \tau_d < 24$  часов.

**Для клона №2 решение строится аналогично.**

**Задание №2.К.2. «Дневные пути Солнца по небосводу в течение года (10 баллов)»**

**Общее условие:** На рис. 4 представлены пограничные суточные параллели (А и С), которые описывает Солнце лишь один раз в течение года, и срединная параллель В, для жителя средних северных широт. Буквами *V* обозначены его точки восхода, а буквами *Z* – точки заката.

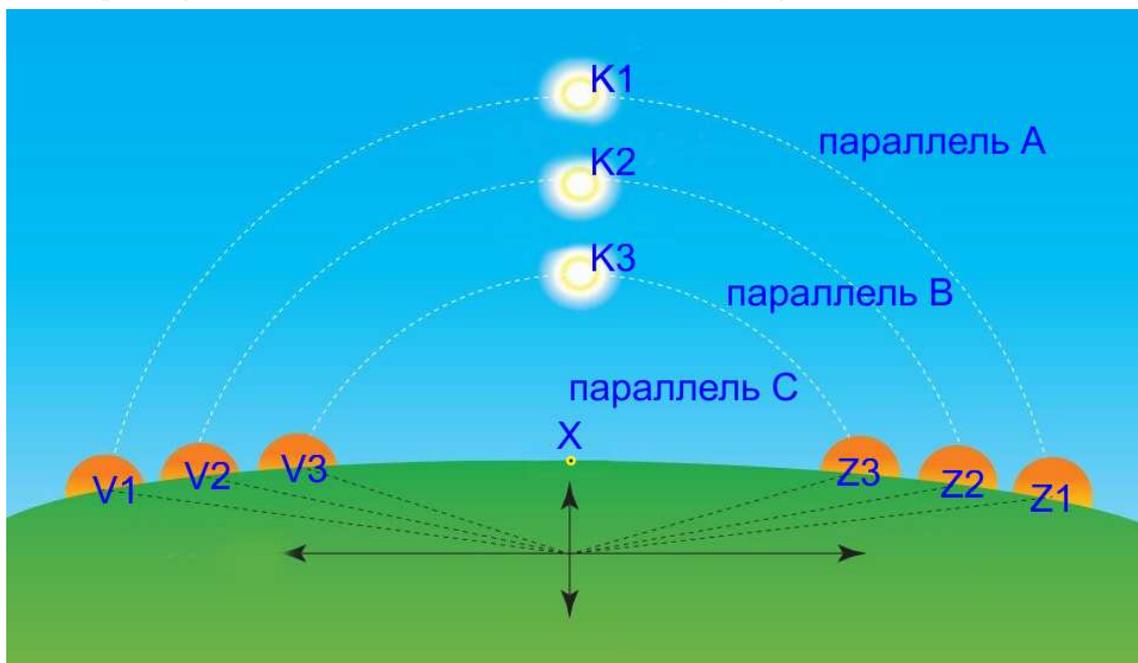


Рис. 4. Суточные параллели (А, В, С), которые описывает Солнце в течение года.

**1. Выбор одного из списка**

**Условие:** По какой суточной параллели совершает свое дневное движение Солнце в сутки осеннего равноденствия (22-23 сентября)?

**Варианты ответов:**

1. Параллель А,
2. Параллель В,
3. Параллель С,
4. Невозможно однозначно определить

**Правильный ответ:** Параллель В.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**2. Выбор одного из списка**

**Условие:** С каким большим кругом можно отождествить суточную параллель В?

**Варианты ответов:**

1. Математический горизонт,
2. Небесный экватор,
3. Эклиптика,
4. Небесный меридиан,
5. Первый вертикал,
6. Вертикал светила

**Правильный ответ:** Небесный экватор.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**3. Выбор одного из списка**

**Условие:** Как называется точка  $Z_2$  математического горизонта?

**Варианты ответов:**

1. Точка севера,
2. Точка юга,
3. Точка востока,
4. Точка запада,
5. Невозможно однозначно определить

**Правильный ответ:** Точка запада.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

#### 4. Выбор одного из списка

**Условие:** Чему равна продолжительность дня ( $\tau_d$ ) в сутки, когда Солнце движется по параллели С?

**Варианты ответов:**

1.  $\tau_d \geq 24$  часов,
2.  $20 \leq \tau_d < 24$  часов,
3.  $16 \leq \tau_d < 20$  часов,
4.  $12 \leq \tau_d < 16$  часов,
5.  $0 < \tau_d < 12$  часов,
6. Невозможно определить одним интервалом

**Правильный ответ:**  $0 < \tau_d < 12$  часов.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**Задание №3.К.1. «Наблюдая затмение с Каролинских островов (12 баллов)»**

**Общее условие:** На рис. 5 представлена серия фотографий затмения, наблюдавшегося с территории Каролинских островов в 2016 году, полученных с помощью телескопа с фильтром, ослабляющим исходный световой поток в 100 тысяч раз!

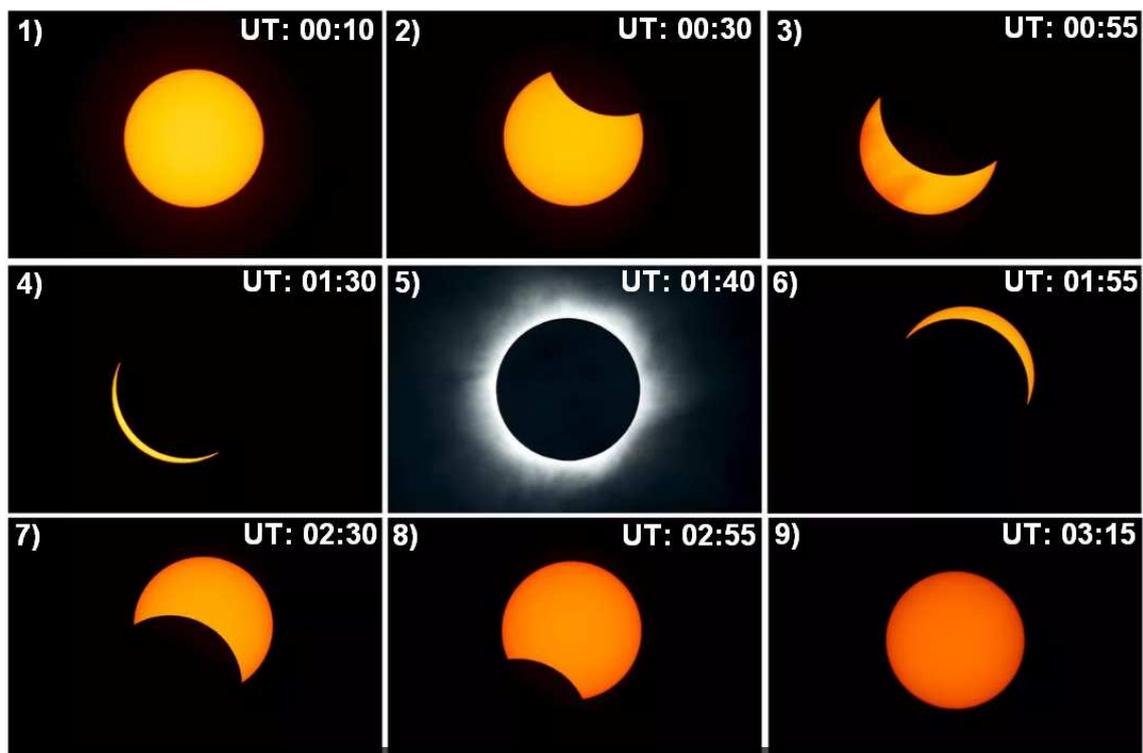


Рис. 5. Кадры и время их получения (по Всемирному времени – UT) для затмения 2016 года.

**1. Выбор одного из списка**

**Условие:** Какой тип затмения наблюдали авторы фотографии?

**Варианты ответов:**

1. Солнечное,
2. Лунное,
3. Невозможно однозначно определить

**Правильный ответ:** Солнечное.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**2. Выбор одного из списка**

**Условие:** Какой вид затмения наблюдали авторы фотографии?

**Варианты ответов:**

1. Частное,
2. Полное,
3. Кольцеобразное,
4. Полутеневое,
5. Невозможно однозначно определить

**Правильный ответ:** Полное.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**3. Выбор одного из списка**

**Условие:** В какой фазе пребывала Луна во время данного затмения?

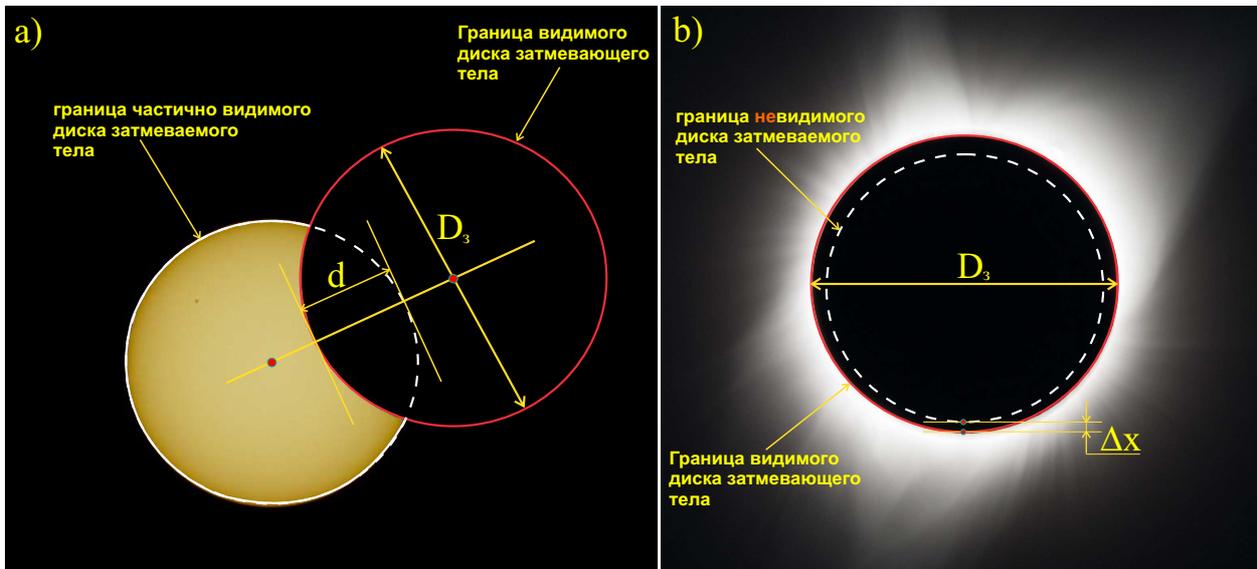


Рис. 6. К определению фазы затмения.

**Варианты ответов:**

1. Новолуние,
2. Первая четверть,
3. Полнолуние,
4. Последняя четверть,
5. Не поддается определению

**Правильный ответ:** Новолуние.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**4. Выбор нескольких из списка/на изображении**

**Условие:** Кадры с каким номером отвечают фазе ( $\Phi$ ) затмения, удовлетворяющей условию:

$$0 \leq \Phi < 0.4.$$

**Пояснение:** *фазой затмения* ( $\Phi$ ) называется скалярная геометрическая величина, определяемая выражением:

$$\Phi = \left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{D}, \quad \text{в случае частного затмения,} \\ 1 + \frac{\Delta x}{D}, \quad \text{в случае полного затмения} \end{array} \right\}, \quad (1)$$

здесь  $d$  – длина части диаметра видимого диска затмеваемого тела, закрытой затмевающим телом (см. рис. 6.а); этот диаметр должен проходить через центр затмевающего тела;  $D$  – диаметр затмеваемого тела;  $\Delta x$  – минимальное расстояние между краями дисков затмевающего и затмеваемого тел, в случае полного затмения (см. рис. 6.б).

**Варианты ответов:**

1. 1,
2. 2,
3. 3,
4. 4,
5. 5,
6. 6,
7. 7,
8. 8,
9. 9

**Правильный ответ:** 1, 2, 8, 9.

**Точное совпадение ответа:** 1 балл за каждый правильно названный кадр (всего – 4 балла).

**Возможное Решение.**

1. Согласно условию задачи, данная серия фотографий получена с помощью телескопа с фильтром, ослабляющим исходный световой поток в 100000 раз! Фильтры такого типа применяются для наблюдения лишь Солнца, в силу его исключительной яркости, как самосветящегося тела, значит одно из тел является Солнцем. Очевидно, оно имеет оранжевый диск. Значит затмеваемым телом было Солнце, а затмевающим – Луна, поскольку лишь у последней угловые размеры сопоставимы с угловыми размерами Солнца, что мы и видим на фотографиях. Поскольку на фотографиях тело Луны скрывает Солнце от земного наблюдателя, значит авторы фотографии наблюдали солнечное затмение.

2. Вид солнечного затмения всегда определяется максимальной фазой этого затмения. Очевидно, на рис. 5.5) запечатлена фаза полного затмения, когда Луна своим телом полностью закрыла Солнце. Значит авторы фотографий наблюдали полное солнечное затмение.

3. Необходимым условием для реализации полного солнечного затмения является положение Луны на прямой, соединяющей центры Солнца и Земли, располагаясь между ними. Такому положению Луны соответствует фаза новолуния.

4. По сути необходимо выбрать все изображения, на которых диск Луны частично закрывает Солнце и при этом его граница "не дотягивается" не менее чем на 0.1 от диаметра видимого диска Солнца до центра последнего. Этому условию соответствуют кадры с номерами: 1, 2, 8, 9.

**Для клона №2 решение строится аналогично.**

**Задание №3.К.2. «Наблюдая затмение с Каролинских островов (12 баллов)»**

**Общее условие:** На рис. 7 представлена серия фотографий затмения, наблюдавшегося с территории Каролинских островов в 2016 году, полученных с помощью телескопа с фильтром, ослабляющим исходный световой поток в 100 тысяч раз!

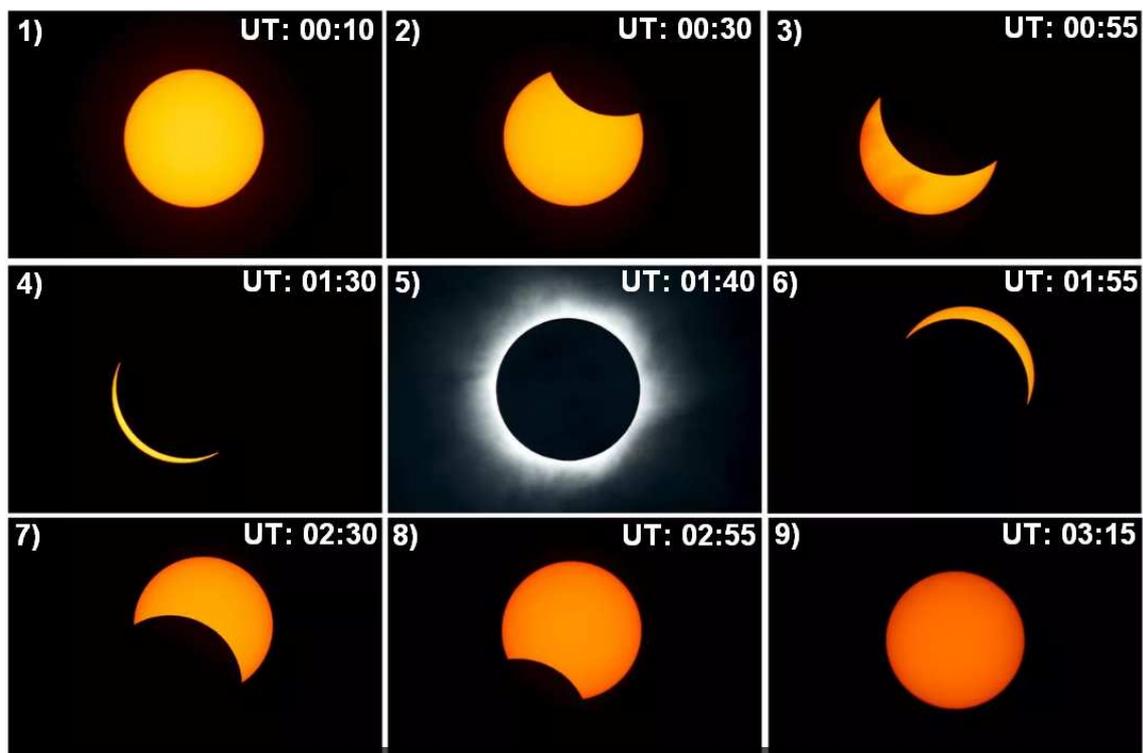


Рис. 7. Кадры и время их получения (по Всемирному времени – UT) для затмения 2016 года.

**1. Выбор одного из списка**

**Условие:** Какой тип затмения наблюдали авторы фотографии?

**Варианты ответов:**

1. Солнечное,
2. Лунное,
3. Невозможно однозначно определить

**Правильный ответ:** Солнечное.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**2. Выбор одного из списка**

**Условие:** Какой вид затмения наблюдали авторы фотографии?

**Варианты ответов:**

1. Частное,
2. Полное,
3. Кольцеобразное,
4. Полутеневое,
5. Невозможно однозначно определить

**Правильный ответ:** Полное.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**3. Выбор одного из списка**

**Условие:** В какой точке орбиты располагалась Луна во время данного затмения?

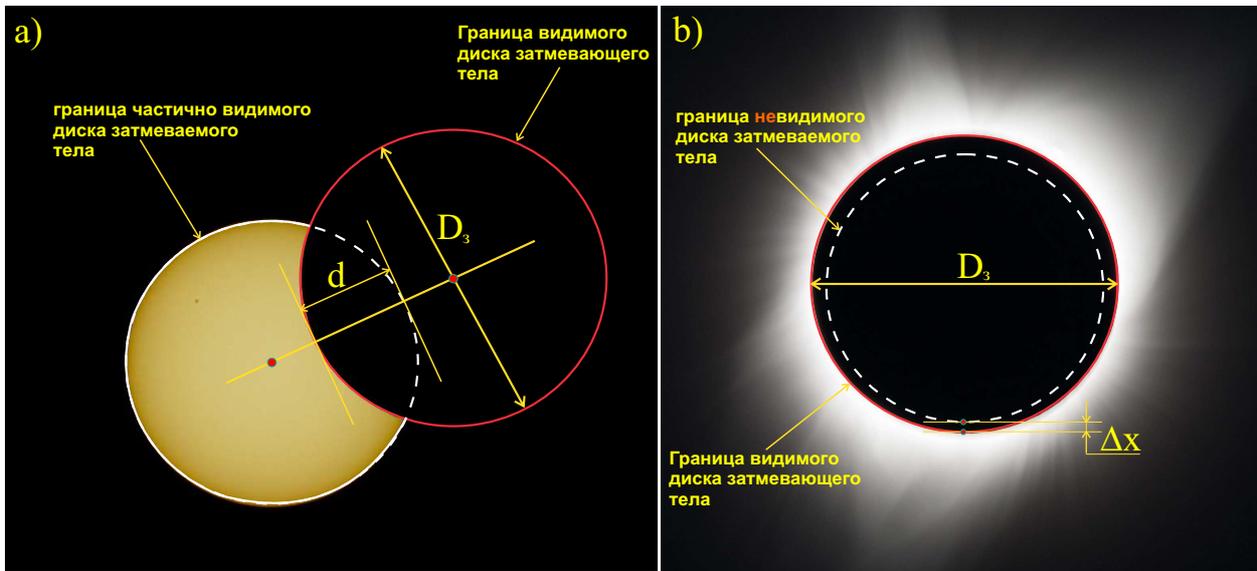


Рис. 8. К определению фазы затмения.

**Варианты ответов:**

1. Наиболее близкой к Солнцу точке своей орбиты,
2. Наиболее далекой от Солнца точке своей орбиты,
3. В точке орбиты, расположенной на таком же расстоянии от Солнца, что и Земля, к востоку от центрального светила,
4. В точке орбиты, расположенной на таком же расстоянии от Солнца, что и Земля, к западу от центрального светила,
5. Не поддается определению

**Правильный ответ:** в наиболее близкой к Солнцу точке своей орбиты.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**4. Выбор нескольких из списка/на изображении**

**Условие:** Кадры с каким номером отвечают фазе ( $\Phi$ ) затмения, удовлетворяющей условию:

$$0.6 < \Phi \leq 1.1.$$

**Пояснение:** *фазой затмения* ( $\Phi$ ) называется скалярная геометрическая величина, определяемая выражением:

$$\Phi = \left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{D}, \quad \text{в случае частного затмения,} \\ 1 + \frac{\Delta x}{D}, \quad \text{в случае полного затмения} \end{array} \right\}, \quad (2)$$

здесь  $d$  – длина части диаметра видимого диска затмеваемого тела, закрытой затмевающим телом (см. рис. 8.а); этот диаметр должен проходить через центр затмевающего тела;  $D$  – диаметр затмеваемого тела;  $\Delta x$  – минимальное расстояние между краями дисков затмевающего и затмеваемого тел, в случае полного затмения (см. рис. 8.б).

**Варианты ответов:**

1. 1,
2. 2,
3. 3,
4. 4,
5. 5,
6. 6,
7. 7,
8. 8,

9. 9

**Правильный ответ:** 3, 4, 5, 6.

**Точное совпадение ответа:** 1 балл за каждый правильно названный кадр (всего – 4 балла).

## Блок заданий №2. «Качественно-количественные задачи среднего уровня»

### Задание №4.К.1. «Великие открытия в астрономии и их авторы (24 балла)»

#### 1. Соответствие один к одному (из списка)

**Условие:** Установите соответствие между известными, важными открытиями/достижениями в астрономии и их авторами.

#### Варианты ответов:

1-й столбец

1. Определение угла наклона экватора к эклиптике,
2. Первая гелиоцентрическая модель Вселенной, первые оценки расстояний до Солнца и Луны,
3. Открытие атмосферы Венеры,
4. Первое прямое измерение годичного параллакса звезды,
5. Открытие давления света

2-й столбец

- A. Чу Конг,
- B. Аристарх Самосский,
- C. Михаил Ломоносов,
- D. Василий Струве,
- E. Петр Лебедев

**Правильный ответ:** (1,A); (2,B); (3,C); (4,D); (5,E).

**Точное совпадение ответа:** 2 балла за каждую правильно определенную пару (всего – 10 баллов).

#### 2. Соответствие один к одному (из списка)

**Условие:** Установите соответствие между известными фактами/законами в астрономии и датами их открытия.

#### Варианты ответов:

1-й столбец

1. Определение размеров земного шара,
2. Открытие планеты Уран,
3. Начало эпохи телескопических наблюдений,
4. Открытие закона всемирного тяготения

2-й столбец

- A. 240 г. до н. э.,
- B. 1781 г. н. э.,
- C. 1609 г. н. э.,
- D. 1666 г. н. э.

**Правильный ответ:** (1,A); (2,B); (3,C); (4,D).

**Точное совпадение ответа:** 2 балла за каждую правильно определенную пару (всего – 8 баллов).

#### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** Закончите формулировку следующего известного закона: «Сила гравитационного притяжения, действующая между двумя материальными точками с известными массами  $m_1$  и  $m_2$ , разделенными расстоянием  $r$ , вдоль соединяющей их  $X$ , пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна  $N$ -й степени этого расстояния».

### Варианты ответов:

Для вакантного места  $X$ :

1. Прямая,
2. Парабола,
3. Гипербола,
4. Окружность,
5. Эллипс,
6. Циклоида,
7. Кардиоида,
8. Спираль Архимеда

Для вакантного места  $N$ :

1. 1,
2. 2,
3. 3,
4. 4,
5. 5,
6. 6

**Правильный ответ:**  $X$  =прямая;  $N$  = 2.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла за каждое правильно названный термин/число (всего – 6 баллов).

### Возможное Решение.

1. Определение угла наклона экватора к эклиптике было впервые выполнено китайским астрономом Чу Конгом в 1100 году до н. э.

Дана формулировка первой гелиоцентрической модели Вселенной, а также получены первые оценки расстояний до Солнца и Луны древнегреческим астрономом, Аристархом Самосским около 265 года до н. э.

Открытие атмосферы у Венеры сделал великий русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов в 1761 году во время транзита планеты по диску Солнца.

Первое прямое измерение годичного параллакса звезды было сделано известным русским ученым Василием Яковлевичем Струве в 1837 году.

Открытие давления света было сделано известным русским ученым Петром Николаевичем Лебедевым в 1899 году.

Т.о. имеем следующие пары: (1,A); (2,B); (3,C); (4,D); (5,E).

2. Определение размеров земного шара (точнее длины земного меридиана) было впервые выполнено древнегреческим астрономом Эратосфеном Киренским около 240 г. до н. э.

Открытие планеты Уран в наблюдениях было сделано известным английским астроном XVIII века, Уильямом Гершелем в 1781 году.

Начало эпохи телескопических наблюдений в истории астрономии традиционно отождествляется с моментом времени, когда Галилео Галилей впервые применил свою самодельную зрительную линзовую трубу для целенаправленного наблюдения небосвода в 1609 году.

Открытие закона всемирного тяготения было сделано известным английским ученым, сэром Исааком Ньютоном в 1666 году. Т.о. имеем следующие пары: (1,A); (2,B); (3,C); (4,D).

3. Очевидно, здесь дана формулировка закона всемирного тяготения Ньютона, которая правильно звучит так: «Сила гравитационного притяжения, действующая между двумя материальными точками с известными массами  $m_1$  и  $m_2$ , разделенными расстоянием  $r$ , вдоль соединяющей их прямой, пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна 2-й степени этого расстояния». Ответ:  $X$  =прямая;  $N$  = 2.

Для клона №2 решение строится аналогично.

## Задание №4.К.2. «Великие открытия в астрономии и их авторы (24 балла)»

### 1. Соответствие один к одному (из списка)

**Условие:** Установите соответствие между известными, важными открытиями/достижениями в астрономии и их авторами.

#### Варианты ответов:

1-й столбец

1. Определение размеров земного шара,
2. Открытие планеты Уран,
3. Начало эпохи телескопических наблюдений,
4. Открытие закона всемирного тяготения,
5. Открытие давления света

2-й столбец

- A. Эратосфен Киренский,
- B. Уильям Гершель,
- C. Галилео Галилей,
- D. Исаак Ньютон,
- E. Петр Лебедев

**Правильный ответ:** (1,A); (2,B); (3,C); (4,D); (5,E).

**Точное совпадение ответа:** 2 балла за каждую правильно определенную пару (всего – 10 баллов).

### 2. Соответствие один к одному (из списка)

**Условие:** Установите соответствие между известными фактами/законами в астрономии и датами их открытия.

#### Варианты ответов:

1-й столбец

1. Определение угла наклона экватора к эклиптике,
2. Первая гелиоцентрическая модель Вселенной, первые оценки расстояний до Солнца и Луны,
3. Открытие атмосферы Венеры,
4. Первое прямое измерение годичного параллакса звезды

2-й столбец

- A. 1100 г. до н. э.,
- B. 265 г. до н. э.,
- C. 1761 г. н. э.,
- D. 1837 г. н. э.

**Правильный ответ:** (1,A); (2,B); (3,C); (4,D).

**Точное совпадение ответа:** 2 балла за каждую правильно определенную пару (всего – 8 баллов).

### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** Закончите формулировку следующего известного закона: «Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр  $X$ , причем за равные промежутки времени ее гелиоцентрический радиус-вектор, описывает собой равные  $Y$ ».

#### Варианты ответов:

Для вакантного места  $X$ :

1. Солнце,

2. Планета,
3. Комета,
4. Шаровое звездное скопление,
5. Галактика,
6. Скопление галактик,
7. Великая стена Слоуна,
8. Вселенная

Для вакантного места  $Y$ :

1. Площадь,
2. Объем,
3. Траектория,
4. Дуга,
5. Расстояние,
6. Узор

**Правильный ответ:**  $X$  =Солнце;  $Y$  =площадь.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла за каждое правильно названный объект/термин (всего – 6 баллов).



Рис. 9. Фазы Марса (с указанием углового диаметра, изображения прямые) с марта 2020 года по март 2021 года.

### Задание №5.К.1. «Эволюция образа Марса (12 баллов)»

**Общее условие:** На рис. 9 представлен коллаж фотографий Марса в различных фазах (с указанием углового диаметра, изображения прямые), полученных с марта 2020 года по март 2021 года, где-то на средних широтах северного полушария Земли. С использованием диаграммы основных конфигураций планет, с точки зрения земного наблюдателя, представленной на рис. 10, ответьте на следующие вопросы.

#### 1. Выбор одного из списка

**Условие:** Какого числа Марс был наиболее близок к конфигурации противостояния?

**Варианты ответов:**

1. 19 марта,
2. 9 мая,
3. 12 июня,
4. 7 июля,
5. 6 октября,
6. 18 декабря,
7. 5 января,
8. 29 января,
9. 10 марта

**Правильный ответ:** 6 октября.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

#### 2. Выбор одного из списка

**Условие:** Какого числа (лишь среди дат, представленных на рисунке) Марс имел минимальный угловой диаметр и в тот же момент его расстояние до Земли уменьшалось?

**Варианты ответов:**

1. 19 марта,
2. 9 мая,
3. 12 июня,
4. 7 июля,
5. 6 октября,
6. 18 декабря,
7. 5 января,
8. 29 января,
9. 10 марта

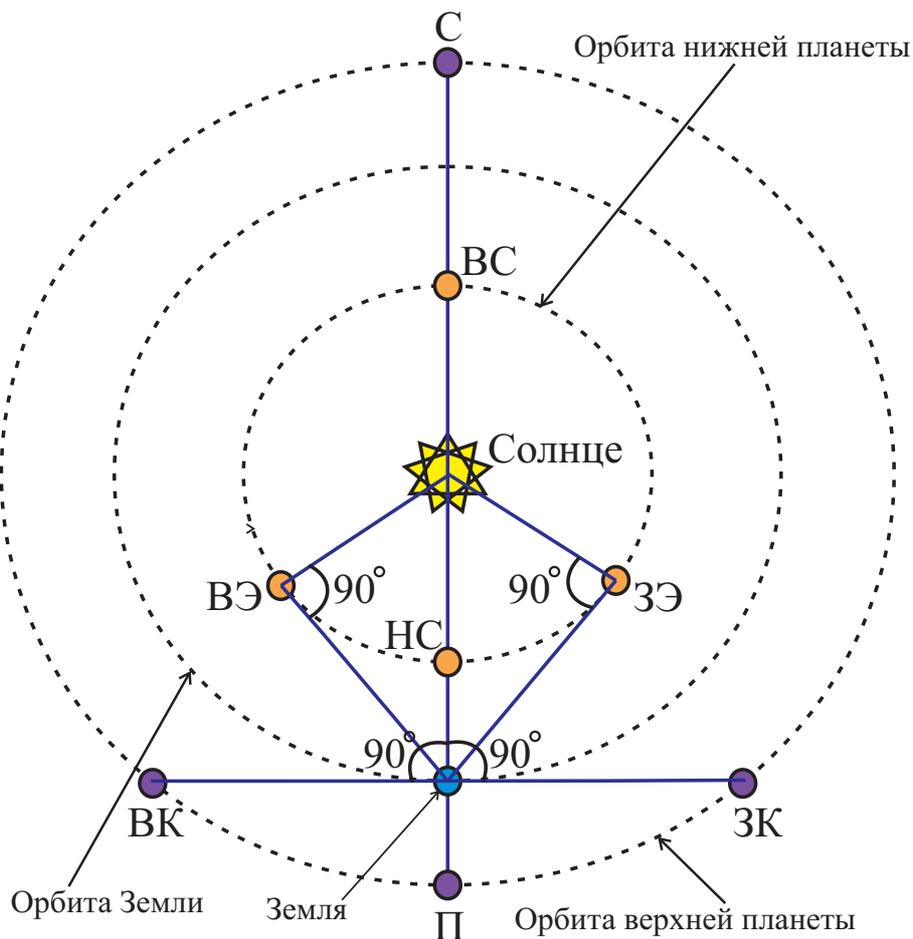


Рис. 10. К определению основных конфигураций нижних и верхних планет с точки зрения земного наблюдателя. Здесь в случае нижней планеты: ВС – верхнее соединение, НС – нижнее соединение, ВЭ – наибольшая восточная элонгация, ЗЭ – наибольшая западная элонгация; в случае верхней планеты: С – соединение, П – противостояние, ВК – восточная квадратура, ЗК – западная квадратура.

**Правильный ответ:** 19 марта.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** В какое время суток и в какой стороне небосвода можно было наблюдать Марс в западной квадратуре (наиболее близкая фаза к которой, соответствует дате 12.06)?

**Варианты ответов:**

1. С полуночи и до утра, в западной стороне небосвода,
2. С полуночи и до утра, в восточной стороне небосвода,
3. После заката и до полуночи, в западной стороне небосвода,
4. После заката и до полуночи, в восточной стороне небосвода

**Правильный ответ:** С полуночи и до утра, в восточной стороне небосвода.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

### 4. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число из интервала)

**Условие:** По рис. 9 оцените промежуток времени между моментами наблюдения Марса с одинаковыми значениями его углового диаметра ( $10''$ ). Ответ представить в сутках, округлив до целого числа.

**Правильный ответ:** [205, 210].

**Точное совпадение ответа:** 4 балла.

### **Возможное Решение.**

1. Согласно рис. 10, в момент противостояния верхней планеты (Марса), расстояние от Земли до нее становится минимальным, а ее угловой диаметр и видимая яркость достигают максимальных значений. Поскольку на рис. 9 все образы получены в одном масштабе, значит образ, полученный наиболее близко к моменту его противостояния, соответствует дате 6 октября.

2. На рис. 9 представлены два образа с минимальным угловым размером, отвечающие 19 и 10 марта. Если расстояние от Земли до Марса в этот момент сокращалось, то последующие образы Марса должны были быть получены на меньшем геоцентрическом расстоянии, значит их угловые размеры должны быть больше предыдущих. Следовательно искомая дата – 19 марта.

3. С использованием рис. 10 легко убедиться в том, что Марс в западной квадратуре можно наблюдать с полуночи и до утра, в восточной стороне небосвода.

4. Марс имел указанный угловой диаметр 12 июня и 5 января. Вычислим промежуток времени между указанными датами:

$$18 \text{ сут. июня} + 31 \text{ сут. июля} + 31 \text{ сут. августа} + 30 \text{ сут. сентября} + 31 \text{ сут. октября} + 30 \text{ сут. ноября} + \\ 31 \text{ сут. декабря} + 5 \text{ сут. января} = 207 \text{ сут.}$$

В качестве ответа допускается число из интервала:  $[205, 210]$  сут.

**Для клона №2 решение строится аналогично.**



Рис. 11. Фазы Марса (с указанием углового диаметра, изображения прямые) с марта 2020 года по март 2021 года.

**Задание №5.К.2. «Эволюция образа Марса (12 баллов)»**

**Общее условие:** На рис. 11 представлен коллаж фотографий Марса в различных фазах (с указанием углового диаметра, изображения прямые), полученных с марта 2020 года по март 2021 года, где-то на средних широтах северного полушария Земли. С использованием диаграммы основных конфигураций планет, с точки зрения земного наблюдателя, представленной на рис. 12, ответьте на следующие вопросы.

**1. Выбор одного из списка**

**Условие:** Какого числа Марс был наиболее близок к конфигурации противостояния?

**Варианты ответов:**

1. 19 марта,
2. 9 мая,
3. 12 июня,
4. 7 июля,
5. 6 октября,
6. 18 декабря,
7. 5 января,
8. 29 января,
9. 10 марта

**Правильный ответ:** 6 октября.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**2. Выбор одного из списка**

**Условие:** Какого числа (лишь среди представленных дат) Марс имел минимальный угловой диаметр и в тот же момент его расстояние до Земли увеличивалось?

**Варианты ответов:**

1. 19 марта,
2. 9 мая,
3. 12 июня,
4. 7 июля,
5. 6 октября,
6. 18 декабря,
7. 5 января,
8. 29 января,
9. 10 марта

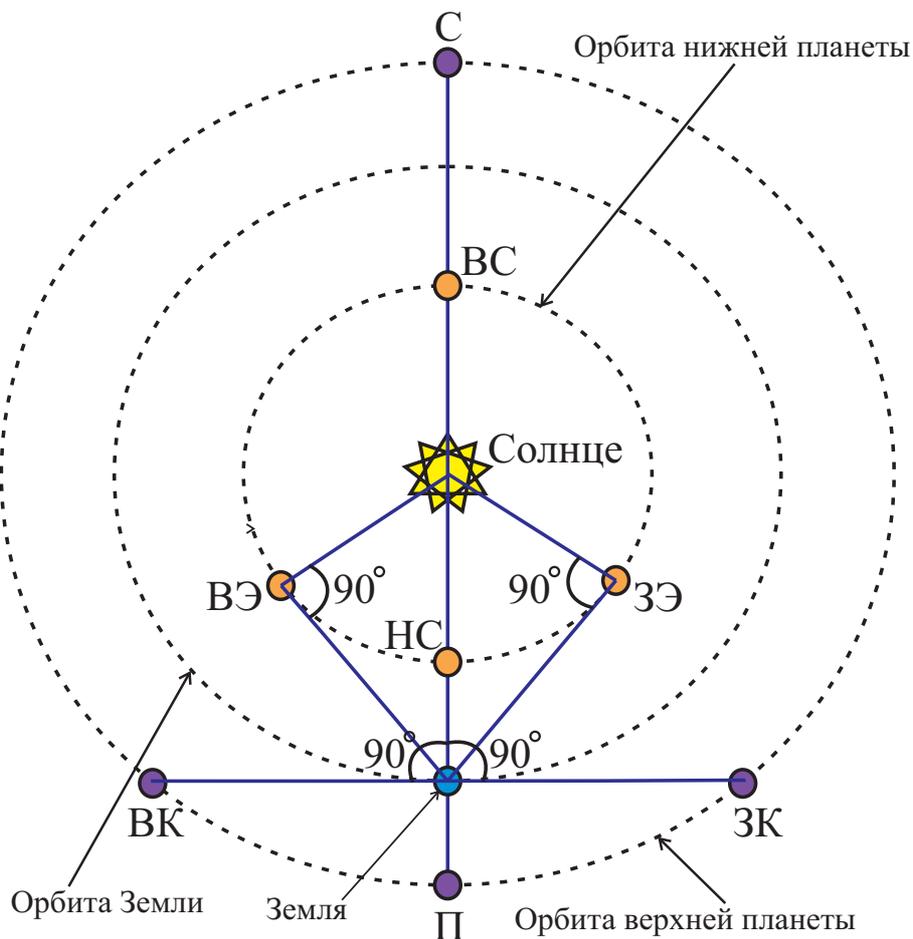


Рис. 12. К определению основных конфигураций нижних и верхних планет с точки зрения земного наблюдателя. Здесь в случае нижней планеты: ВС – верхнее соединение, НС – нижнее соединение, ВЭ – наибольшая восточная элонгация, ЗЭ – наибольшая западная элонгация; в случае верхней планеты: С – соединение, П – противостояние, ВК – восточная квадратура, ЗК – западная квадратура.

**Правильный ответ:** 10 марта.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** В какое время суток и в какой стороне небосвода можно было наблюдать Марс в восточной квадратуре (наиболее близкая фаза к которой, соответствует дате 29.01)?

**Варианты ответов:**

1. С полуночи и до утра, в западной стороне небосвода,
2. С полуночи и до утра, в восточной стороне небосвода,
3. После заката и до полуночи, в западной стороне небосвода,
4. После заката и до полуночи, в восточной стороне небосвода

**Правильный ответ:** После заката и до полуночи, в западной стороне небосвода.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

### 4. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число из интервала)

**Условие:** По рис. 11 оцените промежуток времени между моментами наблюдения Марса с одинаковыми значениями его углового диаметра ( $8''$ ). Ответ представить в сутках, округлив до целого числа.

**Правильный ответ:** [260, 270].

**Точное совпадение ответа:** 4 балла.



Рис. 13. К определению образа Земли, полученного с поверхности Луны.

**Задание №6.К.1. «Узкий серп Земли (8 баллов)»**

**Общее условие:** На рис. 13 представлена фотография Земли, полученная с поверхности Луны. Вам может оказаться полезной схема определения основных фаз Луны и ее положений в пространстве, с точки зрения земного наблюдателя, расположенного в северном географическом полушарии, представленная на рис. 14.

**1. Выбор одного из списка**

**Условие:** Аналогом какой фазы Луны (с точки зрения жителя северного географического полушария) является фаза Земли, представленная на рис. 13?

**Варианты ответов:**

1. Новолуние,
2. Молодой месяц,
3. Первая четверть,
4. Растущая выпуклая Луна,
5. Полнолуние,
6. Убывающая выпуклая Луна,
7. Последняя четверть,
8. Старый месяц

**Правильный ответ:** Молодой месяц.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**2. Выбор одного из списка**



Рис. 14. Схема определения основных фаз Луны (с точки зрения земного наблюдателя, расположенного в северном географическом полушарии) и ее положений на орбите.

**Условие:** В какой фазе пребывала Луна в момент получения данной фотографии, если полагать, что светлый серп Земли в этот момент плавно увеличивал свои размеры?

**Варианты ответов:**

1. Новолуние,
2. Молодой месяц,
3. Первая четверть,
4. Растущая выпуклая Луна,
5. Полнолуние,
6. Убывающая выпуклая Луна,
7. Последняя четверть,
8. Старый месяц

**Правильный ответ:** Убывающая выпуклая Луна.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** Чему равен звездный (сидерический) период обращения Земли вокруг Луны с точки зрения гипотетического обитателя Луны?

**Варианты ответов:**

1. 3.7 сут,
2. 7.4 сут,
3. 11.1 сут,
4. 14.8 сут,
5. 18.5 сут,
6. 22.2 сут,
7. 25.9 сут,
8. 27.3 сут

**Правильный ответ:** 27.3 сут.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**Возможное Решение.**

1. На рис. 13 виден узкий серп Земли, который своей выпуклой освещенной стороной ориентирован преимущественно вправо. Согласно рис. 14, такой образ Земли, соответствует фазе молодого месяца.

2. Поскольку Земля с поверхности Луны в момент съемки наблюдалась в фазе, аналогичной молодому месяцу, то Луна располагаясь в диаметрально противоположной точке небосвода (относительно Земли) с точки зрения земного наблюдателя и должна быть в "диаметрально противоположной фазе". Согласно рис. 14 такой является убывающая выпуклая Луна.

3. Луна и Земля двигаются вокруг одного общего центра масс, с одним общим сидерическим периодом. Значит Земля движется вокруг Луны (с точки зрения гипотетического обитателя Луны) с тем же периодом обращения, равным 27.3 сут.

**Для клона №2 решение строится аналогично.**



Рис. 15. К определению образа Земли, полученного с поверхности Луны.

**Задание №6.К.2. «Узкий серп Земли (8 баллов)»**

**Общее условие:** На рис. 15 представлена фотография Земли, полученная с поверхности Луны. Вам может оказаться полезной схема определения основных фаз Луны и ее положений в пространстве, с точки зрения земного наблюдателя, расположенного в северном географическом полушарии, представленная на рис. 16.

**1. Выбор одного из списка**

**Условие:** Аналогом какой фазы Луны (с точки зрения жителя северного географического полушария) является фаза Земли, представленная на рис. 15?

**Варианты ответов:**

1. Новолуние,
2. Молодой месяц,
3. Первая четверть,
4. Растущая выпуклая Луна,
5. Полнолуние,
6. Убывающая выпуклая Луна,
7. Последняя четверть,
8. Старый месяц

**Правильный ответ:** Старый месяц.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**2. Выбор одного из списка**



Рис. 16. Схема определения основных фаз Луны (с точки зрения земного наблюдателя, расположенного в северном географическом полушарии) и ее положений на орбите.

**Условие:** В какой фазе пребывала Луна в момент получения данной фотографии, если полагать, что светлый серп Земли в этот момент плавно уменьшал свои размеры?

**Варианты ответов:**

1. Новолуние,
2. Молодой месяц,
3. Первая четверть,
4. Растущая выпуклая Луна,
5. Полнолуние,
6. Убывающая выпуклая Луна,
7. Последняя четверть,
8. Старый месяц

**Правильный ответ:** Растущая выпуклая Луна.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** Чему равен звездный (сидерический) период обращения Земли вокруг Луны с точки зрения гипотетического обитателя Луны?

**Варианты ответов:**

1. 3.7 сут,
2. 7.4 сут,
3. 11.1 сут,
4. 14.8 сут,
5. 18.5 сут,
6. 22.2 сут,
7. 25.9 сут,
8. 27.3 сут

**Правильный ответ:** 27.3 сут.

Точное совпадение ответа: 3 балла.

### Задание №7.К.1. «Лунные приливы Земли (8 баллов)»

**Общее условие:** Выберите верные ответы на поставленные ниже вопросы.

#### 1. Выбор одного из списка

**Условие:** Какое количество приливных горбов формирует Луна на поверхности Земли?

**Варианты ответов:**

- 1,
- 2,
- 3,
- 4

**Правильный ответ:** 2.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

#### 2. Выбор одного из списка

**Условие:** Чему равен период лунных приливов на Земле?

**Варианты ответов:**

- 12 часов 00 минут,
- 12 часов 25 минут,
- 23 часа 56 минут,
- 24 часа 00 минут,
- 27.32 суток,
- 29.54 суток

**Правильный ответ:** 12 часов 25 минут.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

#### 3. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число из интервала)

**Условие:** Как известно, сила приливного действия обратно пропорциональна кубу расстояния между телами. Орбита Луны не круговая, в апогее (самой далекой точке орбиты относительно Земли) Луна расположена на 11% дальше, чем в перигее (ближайшей к Земле точке орбиты). Определите, насколько процентов приливно-сила в перигее больше, чем в апогее. Ответ округлить до целых.

**Правильный ответ:** [32, 42].

**Точное совпадение ответа:** 4 балла.

**Возможное Решение.**

1. Луна формирует на поверхности Земли два приливных горба, поскольку из курса механики известно, что приливообразующие силы носят квадрупольный характер, т.е. на поверхности тела воздействия создают два горба и две впадины.

2. Под периодом приливов понимается промежуток времени между двумя последовательным прохождением двух приливных горбов в данной точке поверхности Земли. Данный промежуток времени по сути –  $1/2$  синодического периода, определяемого сидерическим периодом вращения Земли вокруг своей оси ( $T_{\oplus} = 23$  часа 56 мин 04 с) и сидерическим периодом обращения Луны относительно Земли ( $T_{\zeta} = 27.32$  сут). Используя уравнение для синодического периода, легко вычислить синодический период  $S_1$  для одного горба:

$$\frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{\zeta}} = \frac{1}{S_1}, \Rightarrow S_1 = \frac{T_{\oplus} T_{\zeta}}{T_{\zeta} - T_{\oplus}} = 24 \text{ часа } 50 \text{ мин.}$$

В случае двух горбов искомый период будет в два раза меньше:  $S_2 = \frac{1}{2} S_1 = 12$  часов 25 мин.

**3.** Очевидно, искомая величина может быть представлена в виде:

$$\eta = \frac{F_p - F_a}{F_a} \cdot 100\% = \left( \frac{F_p}{F_a} - 1 \right) \cdot 100\% = \left( \left( \frac{r_a}{r_p} \right)^3 - 1 \right) \cdot 100\% = \left( \left( \frac{1.11 r_p}{r_p} \right)^3 - 1 \right) \cdot 100\% = 36.7\%.$$

В качестве ответа допускается число из интервала:  $[32, 42]$  %.

**Для клона №2 решение строится аналогично.**

### Задание №7.К.2. «Солнечные приливы Земли (8 баллов)»

**Общее условие:** Выберите верные ответы на поставленные ниже вопросы.

#### 1. Выбор одного из списка

**Условие:** Какое количество приливных горбов формирует Солнце на поверхности Земли?

**Варианты ответов:**

1. 1,
2. 2,
3. 3,
4. 4

**Правильный ответ:** 2.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

#### 2. Выбор одного из списка

**Условие:** Чему равен период солнечных приливов на Земле?

**Варианты ответов:**

1. 12 часов 00 минут,
2. 12 часов 25 минут,
3. 23 часа 56 минут,
4. 24 часа 00 минут,
5. 27.32 суток,
6. 29.54 суток

**Правильный ответ:** 12 часов 00 минут.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

#### 3. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число из интервала)

**Условие:** Как известно, сила приливного действия обратно пропорциональна кубу расстояния между телами. Орбита Земли не круговая. В афелии (самой далекой точке орбиты Земли относительно Солнца) Земля расположена на 3.34%, дальше, чем в перигелии (ближайшей к Солнцу точке орбиты). Определите, насколько процентов приливная сила Солнца в перигелии больше, чем в афелии. Ответ округлить до целых.

**Правильный ответ:** [10, 11].

**Точное совпадение ответа:** 4 балла.

Планета/ Спутник	Земля (1)	Луна (2)	Ганимед (3)
Масса, кг	$5.97 \cdot 10^{24}$	$7.35 \cdot 10^{22}$	$1.48 \cdot 10^{23}$
Радиус, км	?	?	?
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	5500	?	?

Таблица 1. Матрица исходных данных для Земли, Луны и Ганимеда.



Рис. 17. Коллаж фотографий Земли (1), Ганимеда (2) и Луны (3).

### Блок заданий №3. «Количественные задачи»

#### Задание №8.К.1. «Средняя массовая плотность небесного тела (5 баллов)»

Ввод числа в текстовое поле, ответ в диапазоне

**Условие:** Вашему вниманию в табл. 1 представлены данные для масс и плотностей трех небесных тел: Земли (1), Ганимеда (2, спутник Юпитера) и Луны (3), изображенных в масштабе на рис. 17. С использованием лишь этих данных и линейки, определите среднюю массовую плотность Луны (3). Ответ представить в кг/м<sup>3</sup>, округлив до целых.

Примечание: Вам может оказаться полезной формула для объема шара:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3,$$

где  $R$  – радиус шара.

**Правильный ответ:** [3300, 3900].

**Точное совпадение ответа:** 5 баллов.

**Возможное Решение.**

Согласно определению, средняя массовая плотность Луны определяется выражением:

$$\rho_{\text{л}} = \frac{M_{\text{л}}}{\frac{4}{3}\pi R_{\text{л}}^3}, \quad (3)$$

здесь  $M_{\text{л}}$ ,  $R_{\text{л}}$  – масса и радиус Луны соответственно. Среднюю массовую плотность Земли определим аналогично:

$$\rho_{\oplus} = \frac{M_{\oplus}}{\frac{4}{3}\pi R_{\oplus}^3}, \quad (4)$$

Разделим выражение (3) на (4):

$$\frac{\rho_{\zeta}}{\rho_{\oplus}} = \frac{\mathfrak{M}_{\zeta}}{\mathfrak{M}_{\oplus}} \left( \frac{\mathfrak{R}_{\oplus}}{\mathfrak{R}_{\zeta}} \right)^3, \Rightarrow \rho_{\zeta} = \rho_{\oplus} \frac{\mathfrak{M}_{\zeta}}{\mathfrak{M}_{\oplus}} \left( \frac{\mathfrak{R}_{\oplus}}{\mathfrak{R}_{\zeta}} \right)^3 = 67.7 \cdot x^3 \text{ кг/м}^3. \quad (5)$$

здесь  $x = \mathfrak{R}_{\oplus}/\mathfrak{R}_{\zeta}$ . Для определения последнего воспользуемся рис. 17. Измерим на картинке диаметры Земли ( $D_{\oplus} = 141$  мм) и Луны ( $D_{\zeta} = 38$  мм). Поскольку рассматриваемые небесные тела представлены на рисунке в масштабе, то отношение их действительных линейных размеров равно отношению их линейных размеров на рисунке, т.е.

$$x = \frac{D_{\oplus}}{D_{\zeta}} = \frac{\mathfrak{R}_{\oplus}}{\mathfrak{R}_{\zeta}} = 3.71.$$

В итоге, формула (5) дает численное значение:  $3459 \text{ кг/м}^3$ .

В качестве ответа принимается значение из интервала:  $[3300, 3900]$ .

**Для клона №2 решение строится аналогично.**

Планета/ Спутник	Земля (1)	Луна (3)	Ганимед (2)
Масса, кг	$5.97 \cdot 10^{24}$	$7.35 \cdot 10^{22}$	$1.48 \cdot 10^{23}$
Радиус, км	?	?	?
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	5500	?	?

Таблица 2. Матрица исходных данных для Земли, Луны и Ганимеда.



Рис. 18. Коллаж фотографий Земли (1), Ганимеда (2) и Луны (3).

**Задание №8.К.2. «Средняя массовая плотность небесного тела (5 баллов)»**

**Ввод числа в текстовое поле, ответ в диапазоне**

**Условие:** Вашему вниманию в табл. 2 представлены данные для масс и плотностей трех небесных тел: Земли (1), Ганимеда (2, спутник Юпитера) и Луны (3), изображенных в масштабе на рис. 18. С использованием лишь этих данных и линейки, определите среднюю массовую плотность Ганимеда (2). Ответ представить в кг/м<sup>3</sup>, округлив до целых.

Примечание: Вам может оказаться полезной формула для объема шара:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3,$$

где  $R$  – радиус шара.

**Правильный ответ:** [1600, 2000].

**Точное совпадение ответа:** 5 баллов.

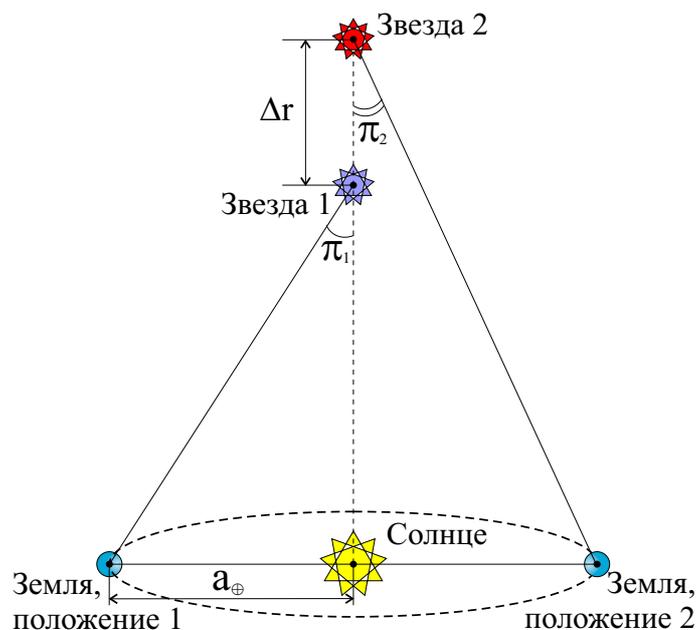


Рис. 19. К определению расстояния между звездами 1 и 2.

### Задание №9.К.1. «Расстояния между звездами 1 и 2»

**Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)**

**Условие:** Две звезды, расположенные в окрестности северного полюса эклиптики, наблюдаются на одном луче зрения. Параллаксы данных звезд равны соответственно  $0.012''$  и  $0.015''$ . Оцените расстояние ( $\Delta r$ ) между этими звездами. Ответ представьте в парсеках, округлив до десятых.

**Примечание:** *годовой параллакс* ( $\pi$ ) – изменение направления на объект (например, звезду), связанное с движением Земли вокруг Солнца. Величина параллакса ( $\pi$ ) равна углу, под которым со звезды виден радиус  $a_{\oplus}$  земной орбиты, перпендикулярный лучу зрения (см. рис. 19). Зная параллакс, можно легко определить расстояние до звезды по формуле:

$$r = \frac{1}{\pi}, \text{ здесь } [\pi] = \text{ в угловых секундах, } [r] = \text{ в парсеках.}$$

**Правильный ответ:** [16, 17].

**Точное совпадение ответа:** 5 баллов.

**Возможное Решение.**

С использованием данной выше формулы определим расстояния до звезд:

$$r_1 = \frac{1}{\pi_1} = 83.3 \text{ пк, } r_2 = \frac{1}{\pi_2} = 66.7 \text{ пк.}$$

Поскольку данные звезды лежат на одном луче зрения, то расстояние между ними будет

$$\Delta r = r_1 - r_2 = 16.6 \text{ пк.}$$

В качестве ответа принимается значение из интервала: [16, 17] пк.

**Для клона №2 решение строится аналогично.**

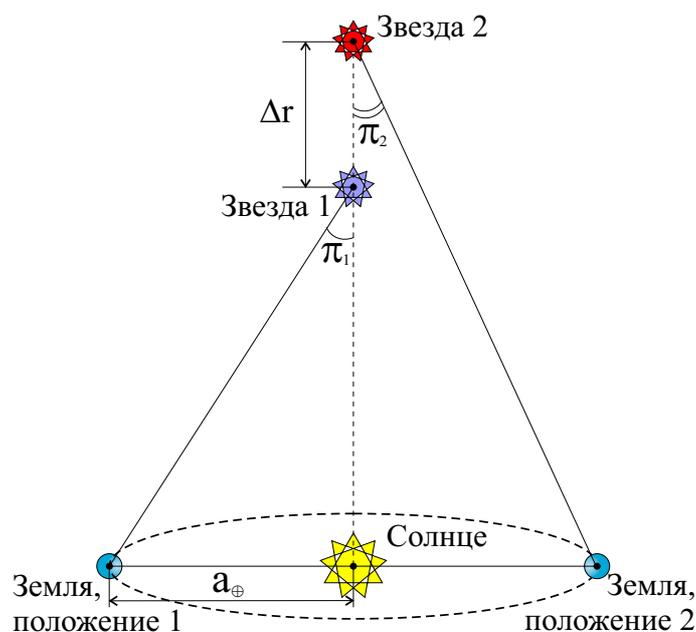


Рис. 20. К определению расстояния между звездами 1 и 2.

### Задание №9.К.2. «Расстояния между звездами 1 и 2»

Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

**Условие:** Две звезды, расположенные в окрестности северного полюса эклиптики, наблюдаются на одном луче зрения. Параллаксы данных звезд равны соответственно  $0.12''$  и  $0.15''$ . Оцените расстояние ( $\Delta r$ ) между этими звездами. Ответ представьте в парсеках, округлив до десятых.

*Примечание:* **годовой параллакс** ( $\pi$ ) – изменение направления на объект (например, звезду), связанное с движением Земли вокруг Солнца. Величина параллакса ( $\pi$ ) равна углу, под которым со звезды виден радиус  $a_{\oplus}$  земной орбиты, перпендикулярный лучу зрения (см. рис. 20). Зная параллакс, можно легко определить расстояние до звезды по формуле:

$$r = \frac{1}{\pi}, \text{ здесь } [\pi] = \text{ в угловых секундах, } [r] = \text{ в парсеках.}$$

**Правильный ответ:** [1.6, 1.7].

**Точное совпадение ответа:** 5 баллов.

### Задание №10.К.1. «Радиус орбиты геостационарного спутника»

#### 1. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)

**Условие:** Луна – единственный естественный спутник Земли, движущийся вокруг последней по круговой орбите, радиус которой равен 384400 км, а период обращения – 27.32 суток. С использованием третьего закона Кеплера, определите радиус круговой орбиты искусственного спутника Земли, движущегося вокруг последней с периодом, равным звездам суткам Земли (23 часа 56 минут 4 секунды). Ответ представить в километрах, округлив до целых.

**Правильный ответ:** [42100, 42500].

**Точное совпадение ответа:** 5 баллов.

#### Возможное Решение.

Прежде всего, выразим сидерический период обращения такого спутника в сутках:  $T_s = 23$  часа 56 минут 4 секунды = 86164 с / 86400 с = 0.997 сут. С использованием третьего закона Кеплера определим радиус круговой орбиты такого спутника:

$$\left(\frac{T_s}{T_\zeta}\right)^2 = \left(\frac{a_s}{a_\zeta}\right)^3, \Rightarrow a_s = a_\zeta \left(\frac{T_s}{T_\zeta}\right)^{2/3} = 42292 \text{ км.}$$

В качестве ответа принимается значение из интервала: [42100, 42500] сут.

**Для клона №2 решение строится аналогично.**

**Задание №10.К.2. «Период обращения МКС»**

**1. Ввод числа в текстовое поле (ответ – целое число или дробь)**

**Условие:** Луна – единственный естественный спутник Земли, движущийся вокруг последней по круговой орбите, радиус которой равен 384400 км, а период обращения – 27.32 суток. С использованием третьего закона Кеплера, определите сидерический период обращения Международной космической станции вокруг Земли, движущейся вокруг последней по круговой орбите, на высоте 418 км над ее поверхностью. Радиус Земли равен 6371 км. Ответ представьте в секундах, округлив до целых.

**Правильный ответ:** [5450, 5650].

**Точное совпадение ответа:** 5 баллов.

---

---