

Всероссийская олимпиада школьников 2023/2024 учебного года

Школьный этап

Астрономия

Разбор заданий

---

11 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 (10 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. Близнецы,
7. Лира,
8. Орион,
9. Цefей,
10. Лебедь

**Правильный ответ:** Близнецы.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

#### 2. Выбор одного из списка

**Условие:** Какому большому кругу (почти) параллельны вертикальные границы данного созвездия?

1. Математическому горизонту,
2. Первому вертикалу,
3. Небесному экватору,
4. Близлежащему кругу склонения,
5. Эклиптике

**Правильный ответ:** Близлежащему кругу склонения.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

### 3. Выбор одного из списка

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

**Варианты ответов:**

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

**Правильный ответ:** Полукс.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

### 4. Выбор одного из списка

**Условие:** Что Вы можете сказать о соотношении прямых восхождений ( $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ ) звезд «1» и «2»?

**Варианты ответов:**

1.  $\alpha_1 > \alpha_2$ ,
2.  $\alpha_1 = \alpha_2$ ,
3.  $\alpha_1 < \alpha_2$ ,
4. Невозможно определить по данному рисунку

**Правильный ответ:**  $\alpha_1 > \alpha_2$ .

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**Возможное Решение.**

1. Можно легко заметить, что главный астеризм созвездия напоминает "двух человек, держащихся за руки". Именно такой астеризм принадлежит созвездию Близнецы.

2. Согласно общепринятым правилам определения границ созвездий, вертикальные границы всегда (почти) параллельны близлежащим кругам склонений, а горизонтальные – небесному экватору.

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

4. *Прямое восхождение звезды* – это координата, отсчитываемая вдоль небесного экватора от точки весеннего равноденствия до круга склонения светила, против часовой стрелки, если смотреть на данный большой круг с Северного полюса мира.

Данный рисунок визуализирует образ созвездия, каким его видит наблюдатель северного географического полушария. Значит слева на рисунке восток, а справа – запад. Звезда 1 расположена восточнее звезды 2, значит ее прямое восхождение будет больше, чем данная координата для звезды 2, следовательно ответ к задаче:  $\alpha_1 > \alpha_2$ .

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 (10 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. Орион,
9. Цефей,
10. Лебедь

**Правильный ответ:** Волопас.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**2. Выбор одного из списка**

**Условие:** Какому большому кругу (почти) параллельны горизонтальные границы данного созвездия?

1. Математическому горизонту,
2. Первому вертикалу,
3. Небесному экватору,
4. Близлежащему кругу склонения,
5. Эклиптике

**Правильный ответ:** Небесному экватору.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

### 3. Выбор одного из списка

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

**Варианты ответов:**

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

**Правильный ответ:** Арктур.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

### 4. Выбор одного из списка

**Условие:** Что Вы можете сказать о соотношении прямых восхождений ( $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ ) звезд «1» и «2»?

**Варианты ответов:**

1.  $\alpha_1 > \alpha_2$ ,
2.  $\alpha_1 = \alpha_2$ ,
3.  $\alpha_1 < \alpha_2$ ,
4. Невозможно определить по данному рисунку

**Правильный ответ:**  $\alpha_1 < \alpha_2$ .

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**Задание №2.К.1. «Дневные пути Солнца по небосводу в течение года (11 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.

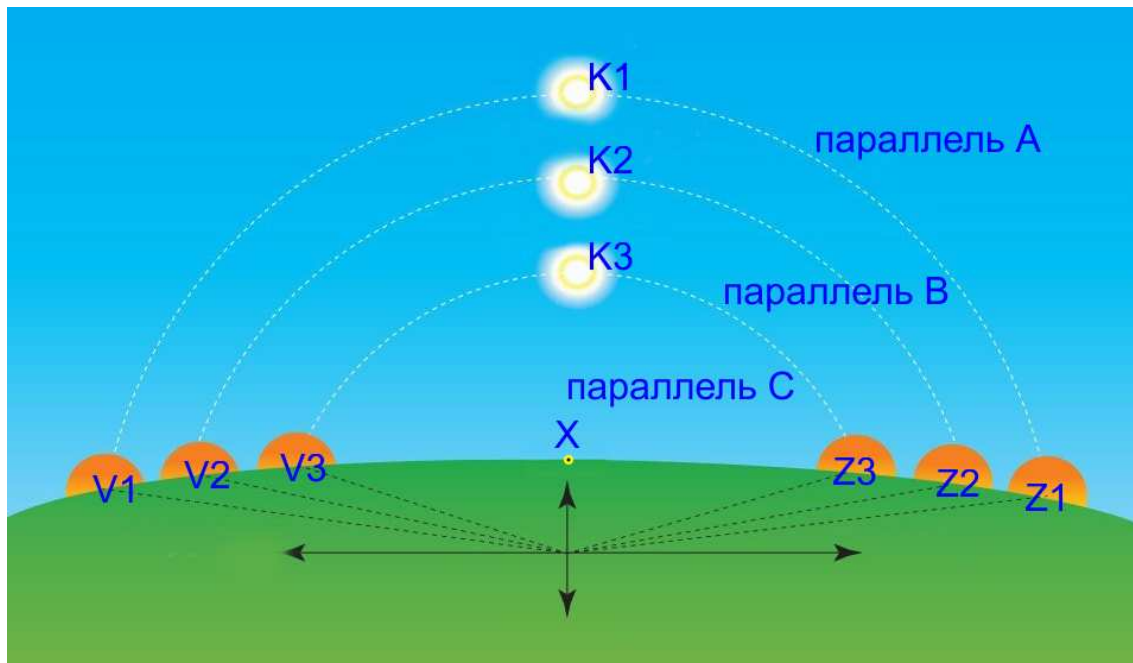


Рис. 3. Суточные параллели (А, В, С), которые описывает Солнце в течение года.

**1. Выбор одного из списка**

**Условие:** Видимая часть какой суточной параллели имеет угловую меру, равную  $180^\circ$ ?

**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 небесной сферы 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:** 3 балла.

**3. Выбор одного из списка**

**Условие:** Чему равна разность азимутов точек  $V_2$  и  $Z_2$ ?

**Варианты ответов:**

1.  $45^\circ$ ,
2.  $90^\circ$ ,
3.  $180^\circ$ ,
4.  $270^\circ$ ,
5.  $360^\circ$ ,
6. Невозможно однозначно определить

**Правильный ответ:**  $180^\circ$ .

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

#### 4. Выбор одного из списка

**Условие:** Чему равна разность высот Солнца в точках его верхней кульминации  $K_1$  и  $K_3$ ? Угол между плоскостями небесного экватора и эклиптики равен  $23.5^\circ$ .

**Варианты ответов:**

1.  $11.8^\circ$ ,
2.  $23.5^\circ$ ,
3.  $47.0^\circ$ ,
4.  $70.5^\circ$ ,
5.  $94.0^\circ$ ,
6. Невозможно определить однозначно

**Правильный ответ:**  $47.0^\circ$ .

**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/осеннего равноденствия Солнце совершает свое суточное движение вдоль небесного экватора. Небесный экватор точно пополам делится плоскостью математического горизонта. Следовательно видимая часть суточной параллели В имеет угловую меру равную  $180^\circ$ .

**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* ( $V_2$ ), а в западной – *точкой запада* ( $Z_2$ ). Угол, отсчитываемый от точки юга в направлении точки запада, вдоль математического горизонта, вплоть до точки пересечения последнего с вертикалом светила называется *азимутом* этого светила. Согласно определению данной координаты, азимут точки запада равен  $90^\circ$ , а точки востока –  $270^\circ$ . Значит разность азимутов данных точек равна  $180^\circ$ .

**4.** Согласно рисунку, небесный экватор является срединной параллелью, т.е. он удален от параллелей А и С на одинаковые угловое расстояние, очевидно равное указанному углу  $\varepsilon = 23.5^\circ$ . Следовательно разность высот Солнца в точках верхних кульминаций  $K_1$  и  $K_3$  равна удвоенному значению угла  $\varepsilon$ , т.е.  $47^\circ$ .

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

**Задание №2.К.2. «Дневные пути Солнца по небосводу в течение года (11 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.

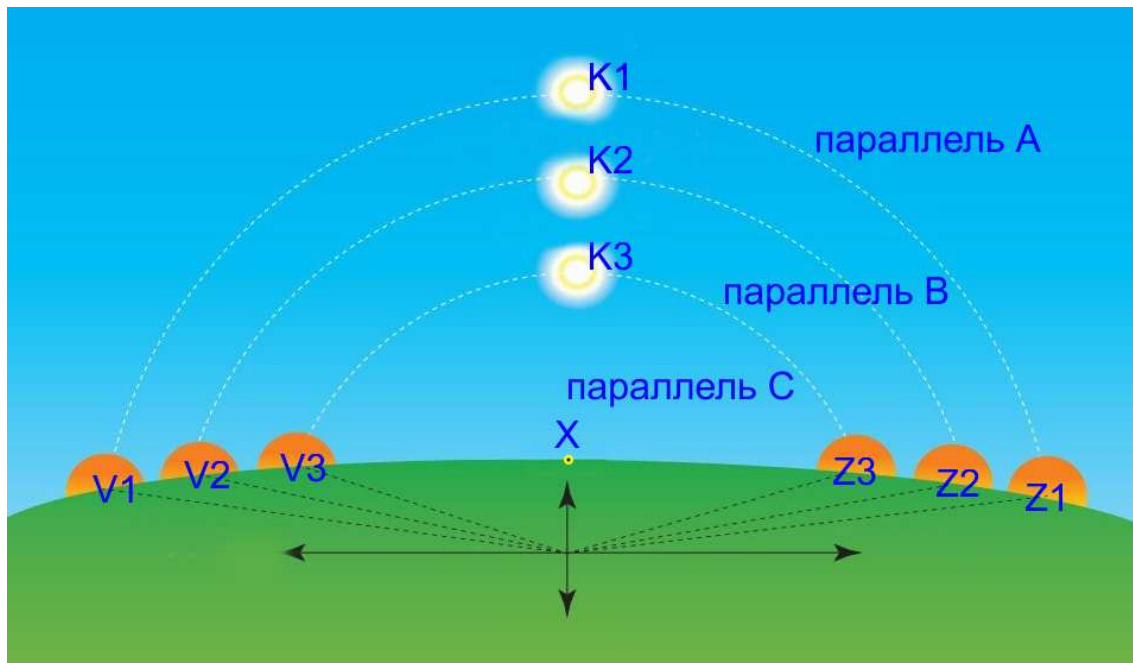


Рис. 4. Суточные параллели (А, В, С), которые описывает Солнце в течение года.

**1. Выбор одного из списка**

**Условие:** Видимая часть какой суточной параллели является точно половиной всей окружности?

**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:** 3 балла.

**3. Выбор одного из списка**

**Условие:** Чему равна разность азимутов точек  $V_2$  и  $Z_2$ ?

**Варианты ответов:**



1.  $45^\circ$ ,
2.  $90^\circ$ ,
3.  $180^\circ$ ,
4.  $270^\circ$ ,
5.  $360^\circ$ ,
6. Невозможно однозначно определить

**Правильный ответ:**  $180^\circ$ .

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

#### 4. Выбор одного из списка

**Условие:** Насколько больше высота Солнца в точке верхней кульминации  $K_1$  относительно точки  $K_3$ ? Угол между плоскостями небесного экватора и эклиптики равен  $23.5^\circ$ .

**Варианты ответов:**

1.  $11.8^\circ$ ,
2.  $23.5^\circ$ ,
3.  $47.0^\circ$ ,
4.  $70.5^\circ$ ,
5.  $94.0^\circ$ ,
6. Невозможно определить однозначно

**Правильный ответ:**  $47.0^\circ$ .

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**Задание №3.К.1. «Наблюдая затмение с Каролинских островов (11 баллов)»**

**Общее условие:** На рис. 5 представлена серия фотографий солнечного затмения, наблюдавшегося с территории Каролинских островов в 2016 году, полученных с помощью телескопа с фильтром.

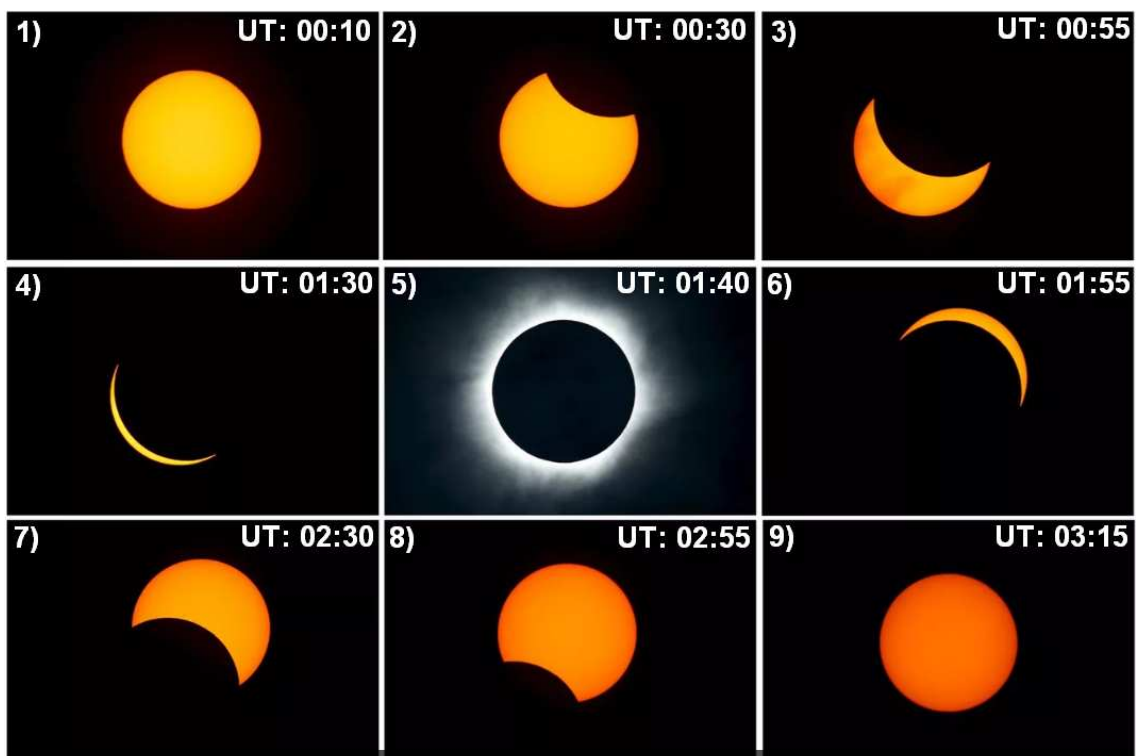


Рис. 5. Кадры и время их получения (по Всемирному времени – UT) для затмения 2016 года.

**1. 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:** 2 балла.

**2. Выбор нескольких из списка**

**Условие:** В какие месяцы года возможно наблюдение солнечного затмения с Северного полюса Земли?

**Варианты ответов:**

1. Январь,
2. Февраль,
3. Март,
4. Май,
5. Июль,
6. Сентябрь,
7. Ноябрь,
8. Декабрь

**Правильный ответ:** Март, Май, Июль, Сентябрь.

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

### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** При каких условиях возможно наблюдение с поверхности Земли солнечного затмения?

**Варианты ответов:**

1. Узлы лунной орбиты должны располагаться на прямой «Земля-Солнце», а Луна должна пребывать в фазе новолуния,
2. Узлы лунной орбиты **не** должны располагаться на прямой «Земля-Солнце», а Луна должна пребывать в фазе новолуния,
3. Узлы лунной орбиты должны располагаться на прямой «Земля-Солнце», а Луна должна пребывать в фазе полнолуния,
4. Узлы лунной орбиты **не** должны располагаться на прямой «Земля-Солнце», а Луна должна пребывать в фазе полнолуния

**Правильный ответ:** Узлы лунной орбиты должны располагаться на прямой «Земля-Солнце», а Луна должна пребывать в фазе новолуния.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

### 4. Выбор одного из списка

**Условие:** В каком временном интервале могла быть заключена максимальная продолжительность фазы, представленной на кадре №5?

**Варианты ответов:**

1. (0, 7.5) мин,
2. (7.5, 10.0) мин,
3. (10.0, 15.0) мин,
4. (15.0, 20.0) мин,
5. (20.0, 25.0) мин,
6. Невозможно однозначно определить

**Правильный ответ:** (0, 7.5) мин.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

**Возможное Решение.**

1. 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.

2. Чтобы на Северном полюсе Земли пронаблюдать солнечное затмение необходимо, чтобы Солнце располагалось над горизонтом. Как известно, здесь наблюдается полярный день (когда солнце находится над горизонтом) с марта по сентябрь. Значит в марте, мае, июле и сентябре здесь можно наблюдать солнечное затмение. В остальные месяцы это сделать невозможно.

3. Для наблюдения с поверхности Земли солнечного затмения, как известно, необходимо одновременное выполнение двух условий: 1) узлы лунной орбиты должны располагаться на прямой «Земля-Солнце»; 2) Луна должна пребывать в фазе новолуния, т.е. на этой прямой, между Солнце и Землей.

4. На кадре №5 запечатлена фаза полного солнечного затмения, максимальная продолжительность которой для любой точки поверхности Земли не превосходит 7.5 мин. Значит ответ: (0, 7.5) мин.

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

**Задание №3.К.2. «Наблюдая затмение с Каролинских островов (11 баллов)»**

**Общее условие:** На рис. 6 представлена серия фотографий солнечного затмения, наблюдавшегося с территории Каролинских островов в 2016 году, полученных с помощью телескопа с фильтром.

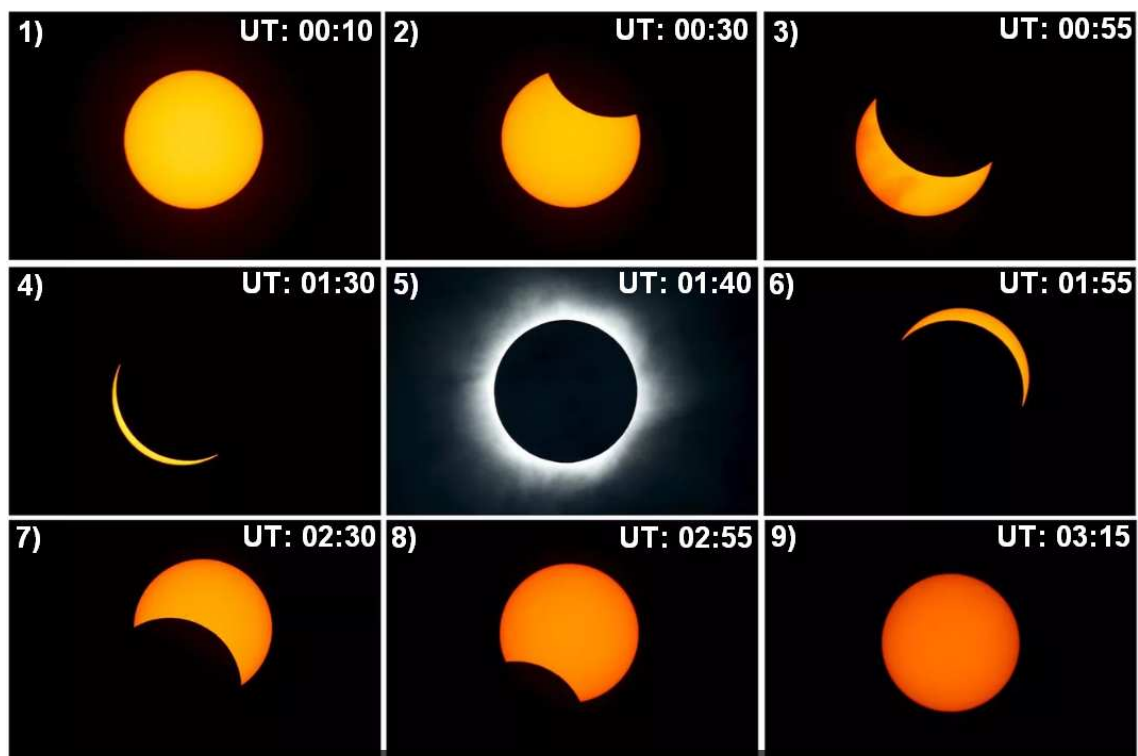


Рис. 6. Кадры и время их получения (по Всемирному времени – UT) для затмения 2016 года.

**1. 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:** 2 балла.

**2. Выбор нескольких из списка**

**Условие:** В какие месяцы года невозможно наблюдение солнечного затмения с Северного полюса Земли?

**Варианты ответов:**

1. Январь,
2. Февраль,
3. Март,
4. Май,
5. Июль,
6. Сентябрь,
7. Ноябрь,
8. Декабрь

**Правильный ответ:** Январь, Февраль, Ноябрь, Декабрь.

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

### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** При каких условиях возможно наблюдение с поверхности Земли солнечного затмения данного вида (при сближении Луны и Солнца на небосводе)?

**Варианты ответов:**

1. Вектор относительной скорости видимого движения Луны должен быть направлен вдоль прямой, соединяющей центры видимых дисков Луны и Солнца, а угловой диаметр Луны должен быть **не** меньше углового диаметра центрального светила,

2. Вектор относительной скорости видимого движения Луны должен быть направлен вдоль прямой, соединяющей центры видимых дисков Луны и Солнца, а угловой диаметр Луны должен быть меньше углового диаметра центрального светила,

3. Вектор относительной скорости видимого движения Луны должен быть направлен перпендикулярно прямой, соединяющей центры видимых дисков Луны и Солнца, а угловой диаметр Луны должен быть **не** меньше углового диаметра центрального светила,

4. Вектор относительной скорости видимого движения Луны должен быть направлен перпендикулярно прямой, соединяющей центры видимых дисков Луны и Солнца, а угловой диаметр Луны должен быть меньше углового диаметра центрального светила

**Правильный ответ:** Вектор относительной скорости видимого движения Луны должен быть направлен вдоль прямой, соединяющей центры видимых дисков Луны и Солнца, а угловой диаметр Луны должен быть **не** меньше углового диаметра центрального светила.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

### 4. Выбор одного из списка

**Условие:** Через какое количество лет в среднем повторяются полные солнечные затмения в данной точке поверхности Земли?

**Варианты ответов:**

1. Через 3 часа,
2. Через 15 суток,
3. Через полгода,
4. Через 1 год,
5. Через 18.6 года,
6. Через 30 лет,
7. Через 50 лет,
8. Через 200-300 лет

**Правильный ответ:** Через 200-300 лет.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

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

### Задание №4.К.1. «Великие ученые и их открытия в астрономии (18 баллов)»

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

**Условие:** Установите соответствие между известными учеными прошлого, сыгравшими важную роль в становлении астрономии как науки, и их великими научными трудами.

#### Варианты ответов:

1-й столбец

1. Гишарх Никейский,
2. Клавдий Птолемей,
3. Галилео Галилей,
4. Исаак Ньютон,
5. Джеймс Клерк Максвелл

2-й столбец

- A. Первый звездный каталог в Европе (134 г. до н. э.),
- B. Альмагест (140 г. н. э.),
- C. Звездный вестник (1610 г. н. э.),
- D. Математические начала натуральной философии (1687 г. н. э.),
- E. Об устойчивости движения колец Сатурна (1859 г. н. э.)

**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/системами мира в астрономии и учеными, открывшими их.

#### Варианты ответов:

1-й столбец

1. Геоцентрическая система мира,
2. Гелиоцентрическая система мира,
3. Шарообразность Земли,
4. Закон площадей для движения планет

2-й столбец

- A. Птолемей,
- B. Коперник,
- C. Аристотель,
- D. Кеплер

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

**Точное совпадение ответа:** 1 балл за каждую правильно определенную пару (всего – 4 балла).

#### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** Закончите формулировку следующего известного закона: «Орбита любой планеты, движущейся вокруг Солнца, есть  $X$ , в одном из фокусов *которого(ой)* находится  $Y$ ».

#### 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  $Y$ :

1. Солнце,
2. Планета Юпитер,
3. Шаровое звездное скопление М13,
4. Галактика М31,
5. Скопление галактик Абеля,
6. Вселенная

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

**Точное совпадение ответа:** 2 балла за каждый правильно названный термин/объект (всего – 4 балла).

### **Возможное Решение.**

Гиппарх Никейский создал первый звездный каталог в Европе в 134 г. до н. э.

«Альмагест» – классический труд Клавдия Птолемея, появившийся около 140 г. н. э. и включающий полный комплекс астрономических знаний Греции и Ближнего Востока того времени.

Галилео Галилей в 1610 г. опубликовал свою работу "Звездный вестник", в которой подробно описал свои небесные открытия, выполненные с помощью собственноручно изготовленной зрительной трубы (телескопа).

«Математические начала натуральной философии» – знаменитый фундаментальный труд Исаака Ньютона, в котором он сформулировал закон всемирного тяготения и три закона движения, ставшие основой классической механики и названные его именем. Работа была опубликована в трех томах в 1687 г.

В 1859 г. Джеймс Клерк Максвелл опубликовал свою работу "Об устойчивости движения колец Сатурна", в которой он излагал свое видение природы колец Сатурна, подкрепленное строгими математическими выкладками и доказательствами. Т.о. имеем следующие пары: (1,А); (2,В); (3,С); (4,Д); (5,Е).

**2.** Отцом Геоцентрической система мира традиционно считается Клавдий Птолемей.

Основателем Гелиоцентрической системы мира является Николай Коперник.

Впервые факт шарообразности Земли попытался строго обосновать Аристотель.

Закон площадей для движения планет установил в результате анализа данных наблюдений за движением Марса Иоганн Кеплер.

**3.** Очевидно, здесь дана формулировка первого закона Кеплера, которая правильно звучит так: «Орбита любой планеты, движущейся вокруг Солнца, есть эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце». Ответ:  $X$  =эллипс;  $Y$  =Солнце.

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

## Задание №4.К.2. «Великие ученые и их открытия в астрономии (18 баллов)»

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

**Условие:** Установите соответствие между известными учеными прошлого, сыгравшими важную роль в становлении астрономии как науки, и их великими научными трудами.

#### Варианты ответов:

1-й столбец

1. Демокрит Абдерский,
2. Николай Коперник,
3. Эдмунд Галлей,
4. Василий Струве,
5. Альберт Эйнштейн

2-й столбец

- A. Великий мирострой (около 400 г. до н. э.),
- B. О вращении небесных сфер (1543 г. н. э.),
- C. Обзор кометной астрономии (1705 г. н. э.),
- D. Этюды звездной астрономии (1847 г. н. э.),
- E. Проект обобщенной теории относительности и теории тяготения (1913 г. н. э.)

**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/системами мира в астрономии и учеными, открывшими их.

#### Варианты ответов:

1-й столбец

1. Прецессия оси вращения Земли,
2. Открытие планеты Уран,
3. Начало эпохи телескопических наблюдений,
4. Закон красного смещения

2-й столбец

- A. Гиппарх Никейский,
- B. Уильям Гершель,
- C. Галилео Галилей,
- D. Эдвин Хаббл

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

**Точное совпадение ответа:** 1 балл за каждую правильно определенную пару (всего – 4 балла).

### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** Закончите формулировку следующего известного закона: «Отношение квадратов  $X$  обращения двух планет вокруг Солнца равно отношению кубов  $Y$  их орбит».

#### Варианты ответов:

Для вакантного места  $X$ :

1. Период,
2. Частота,



3. Линейная орбитальная скорость,
4. Центростремительное ускорение,
5. Масса,
6. Эксцентриситет,
7. Большая полуось,
8. Фокальное расстояние

Для вакантного места  $Y$ :

1. Период,
2. Частота,
3. Линейная орбитальная скорость,
4. Центростремительное ускорение,
5. Масса,
6. Эксцентриситет,
7. Большая полуось,
8. Фокальное расстояние

**Правильный ответ:**  $X$  =Период;  $Y$  =Большая полуось.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла за каждый правильно названный термин/объект (всего – 4 балла).



Рис. 7. Фазы Юпитера (с указанием наибольшего углового диаметра) с июля по декабрь 2022 года.

**Задание №5.К.1. «Эволюция образа Юпитера (11 баллов)»**

**Общее условие:** На рис. 7 представлен коллаж фотографий Юпитера в различных фазах, полученных с июля по декабрь 2022 года. С использованием диаграммы основных конфигураций планет, с точки зрения земного наблюдателя, представленной на рис. 8, ответьте на следующие вопросы.

**1. Выбор одного из списка**

**Условие:** Какого числа Юпитер была наиболее близок к конфигурации противостояния? Орбиту Земли и Юпитера считать круговыми.

**Варианты ответов:**

1. 30 июля,
2. 30 августа,
3. 19 сентября,
4. 7 октября,
5. 14 октября,
6. 31 октября,
7. 4 декабря,
8. 5 декабря

**Правильный ответ:** 19 сентября.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

**2. Выбор одного из списка**

**Условие:** Какого числа Юпитер был наиболее близок к конфигурации западной квадратуры? Отметим, что интервал между датами противостояния и квадратуры Юпитера (восточной или западной) составляет в среднем 87 суток.

**Варианты ответов:**

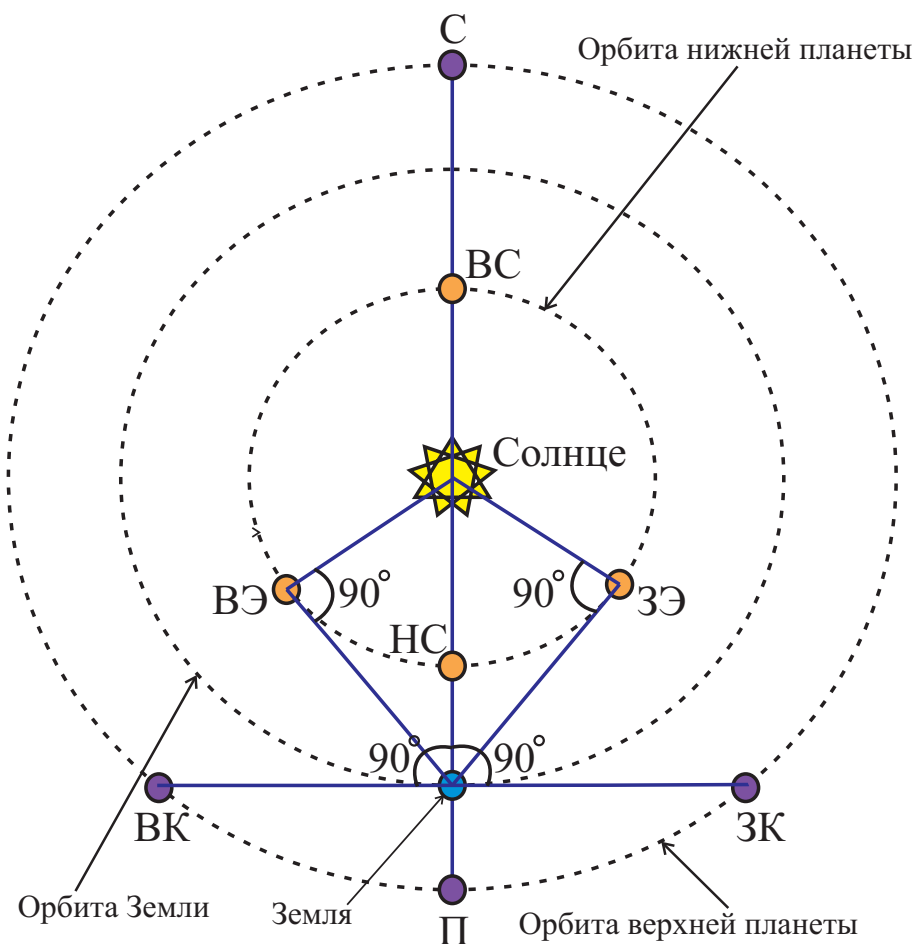


Рис. 8. К определению основных конфигураций нижних и верхних планет с точки зрения земного наблюдателя. Здесь в случае нижней планеты: ВС – верхнее соединение, НС – нижнее соединение, ВЭ – наибольшая восточная элонгация, ЗЭ – наибольшая западная элонгация; в случае верхней планеты: С – соединение, П – противостояние, ВК – восточная квадратура, ЗК – западная квадратура.

1. 30 июля,
2. 30 августа,
3. 19 сентября,
4. 7 октября,
5. 14 октября,
6. 31 октября,
7. 4 декабря,
8. 5 декабря

**Правильный ответ:** 30 июля.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** В какое время суток и в какой стороне небосвода можно было наблюдать Юпитер в западной квадратуре?

**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 данным рис. 7 оцените относительное изменение углового диаметра Юпитера в период с 30 июля по 19 сентября. В качестве опорного значения следует использовать значение углового диаметра Юпитера от 19 сентября. Ответ представить в процентах, округлив до целого.

**Правильный ответ:** [9, 11].

**Точное совпадение ответа:** 4 балла.

**Возможное Решение.**

**1.** Согласно рис. 8, в момент противостояния верхней планеты (Юпитера), расстояние от Земли до нее становится минимальным, а ее угловой диаметр и видимая яркость достигают максимальных значений. Поскольку на рис. 7 все образы получены в одном масштабе, значит образ, полученный наиболее близко к моменту его противостояния, соответствует дате 19 сентября.

**2.** Как видно из рис. 8 конфигурация западной квадратуры предшествует конфигурации противостояния. Значит необходимо отступить по датам на 87 суток назад относительно 19 сентября, что соответствует дате 23 июня. Образ, наиболее близкий к указанной дате и представленный на рисунке соответствует 30 июля.

**3.** С использованием рис. 8 легко убедиться в том, что Юпитер в западной квадратуре можно наблюдать с полуночи и до утра, в восточной стороне небосвода.

**4.** 30 июля Юпитер имел угловой диаметр  $D_1 = 44.8''$ , а 19 сентября –  $D_2 = 49.8''$ . Относительное изменение углового диаметра планеты в указанный промежуток времени есть

$$\eta = \frac{D_2 - D_1}{D_2} \cdot 100\% = \frac{5''}{49.8''} \cdot 100\% = 10\%.$$

В качестве ответа допускается число из интервала: [9, 11] %.

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

## Фазы Юпитера с июля по декабрь 2022 года

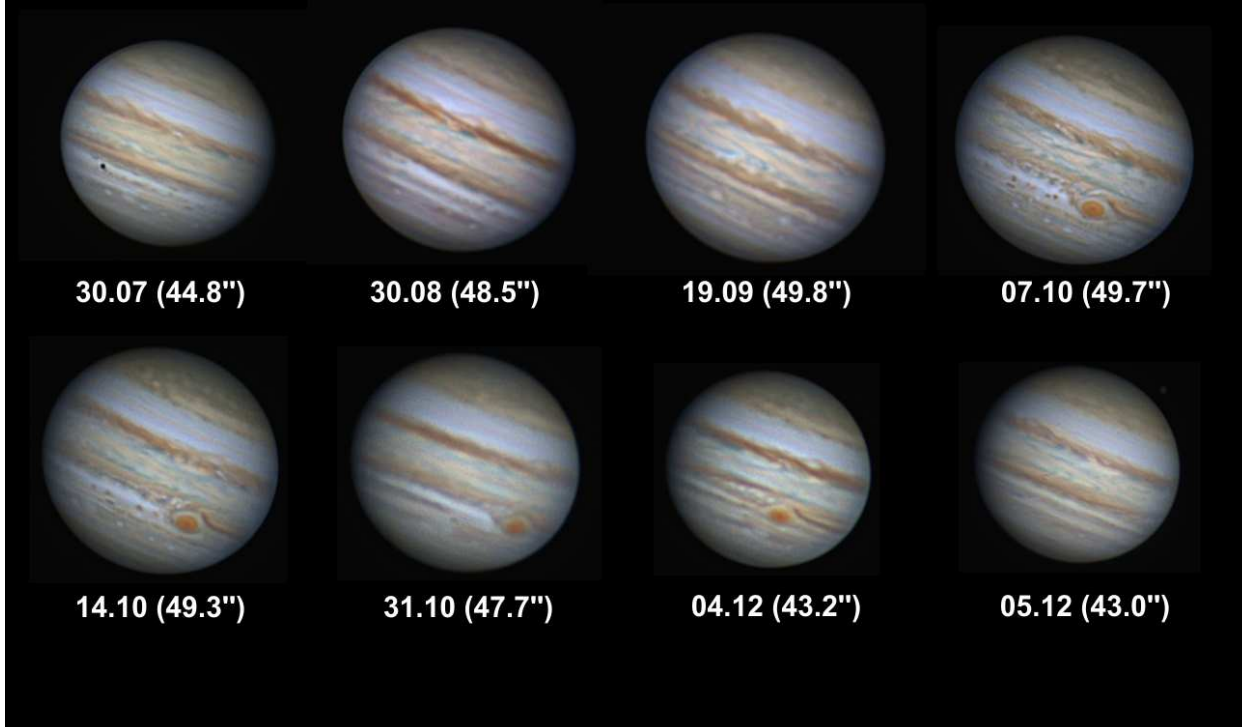


Рис. 9. Фазы Юпитера (с указанием наибольшего углового диаметра) с июля по декабрь 2022 года.

### Задание №5.К.2. «Эволюция образа Юпитера (11 баллов)»

**Общее условие:** На рис. 9 представлен коллаж фотографий Юпитера в различных фазах, полученных с июля по декабрь 2022 года. 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 Юпитер была наиболее близок к конфигурации противостояния? Орбиту Земли и Юпитера считать круговыми.

#### Варианты ответов:

1. 30 июля,
2. 30 августа,
3. 19 сентября,
4. 7 октября,
5. 14 октября,
6. 31 октября,
7. 4 декабря,
8. 5 декабря

**Правильный ответ:** 19 сентября.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

#### 2. Выбор одного из списка

**Условие:** Какого числа Юпитер была наиболее близок к конфигурации восточной квадратуры? Отметим, что интервал между датами противостояния и квадратуры Юпитера (восточной или западной) составляет в среднем 87 суток.

#### Варианты ответов:

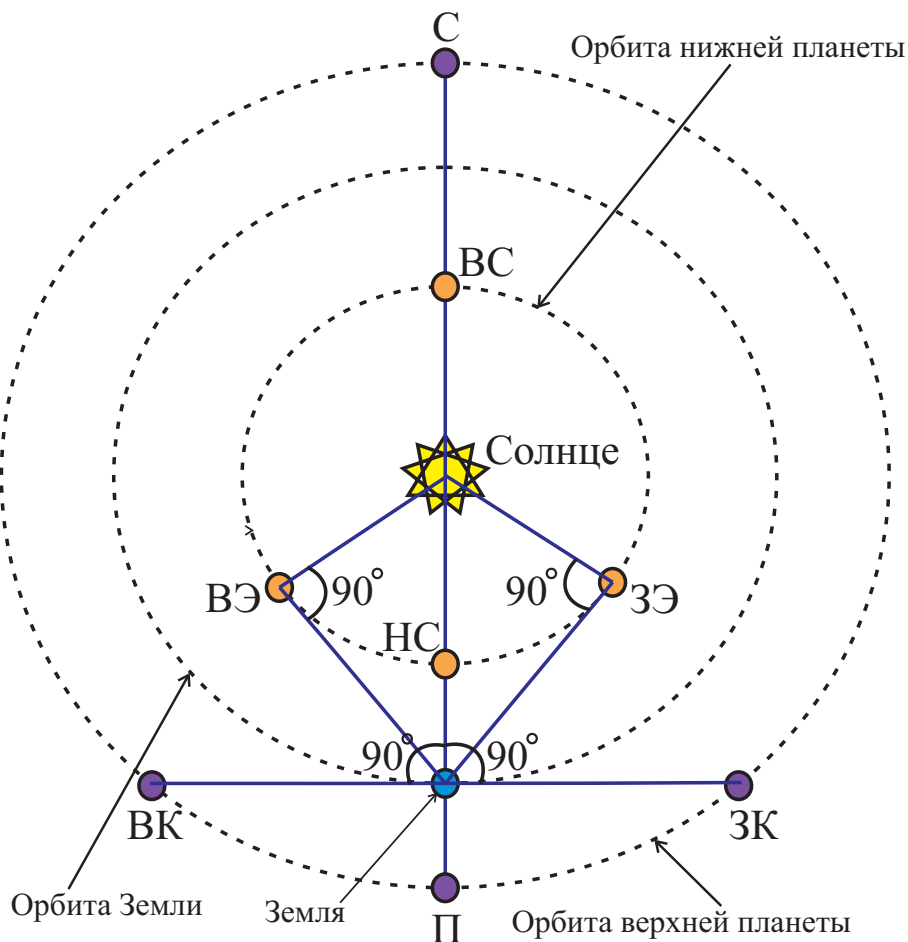


Рис. 10. К определению основных конфигураций нижних и верхних планет с точки зрения земного наблюдателя. Здесь в случае нижней планеты: ВС – верхнее соединение, НС – нижнее соединение, ВЭ – наибольшая восточная элонгация, ЗЭ – наибольшая западная элонгация; в случае верхней планеты: С – соединение, П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

1. 30 июля,
2. 30 августа,
3. 19 сентября,
4. 7 октября,
5. 14 октября,
6. 31 октября,
7. 4 декабря,
8. 5 декабря

**Правильный ответ:** 5 декабря.

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

### 3. Выбор одного из списка

**Условие:** В какое время суток и в какой стороне небосвода можно было наблюдать Юпитер в восточной квадратуре?

**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)**

**Условие:** По данным рис. 9 оцените относительное изменение углового диаметра Юпитера в период с 19 сентября по 5 декабря. В качестве опорного значения следует использовать значение углового диаметра Юпитера от 19 сентября. Ответ представить в процентах, округлив до целого.

**Правильный ответ:** [13, 15].

**Точное совпадение ответа:** 4 балла.

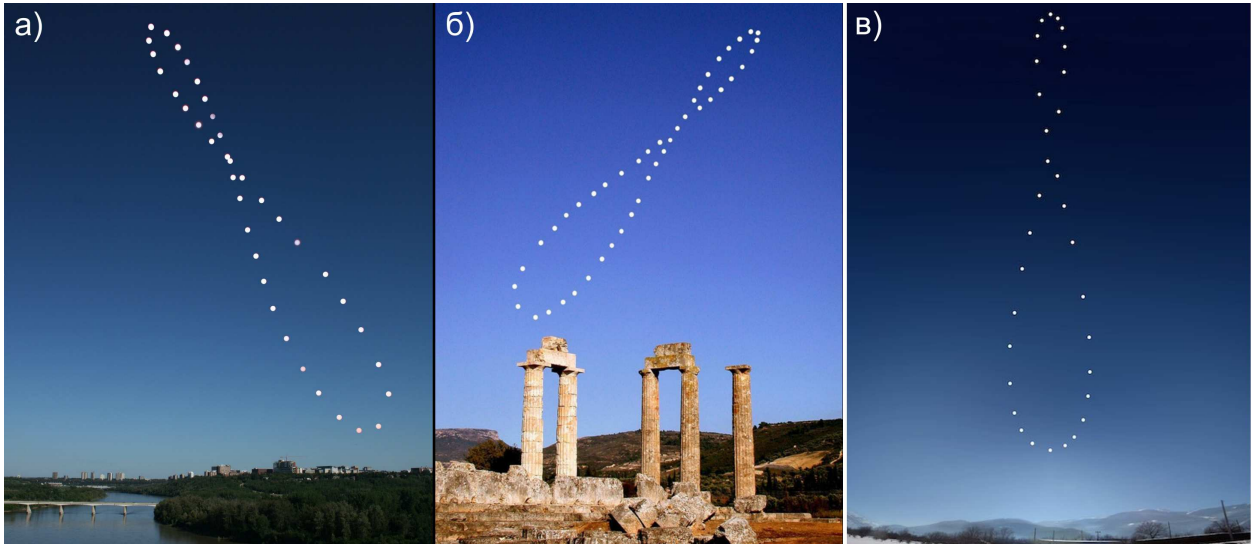


Рис. 11. Три аналеммы, полученные из разных точек северного географического полушария в течение года.

### Задание №6. «Три аналеммы (12 баллов)»

**Общее условие:** На рис. 11 представлены фотографии-коллажи трех аналемм, полученных из разных точек северного географического полушария в течение года.

**Примечание:** *Аналемма* – кривая, соединяющая ряд последовательных положений Солнца на земном небосводе, зафиксированных через одинаковые промежутки времени и в одно и то же время гражданских суток в течение всего года. Форма аналеммы на небосводе Земли имеет вид «восьмерки» и определяется рядом факторов. Наивысшая точка на аналемме (имеющая наибольшее склонение) соответствует летнему солнцестоянию, наинизшая (с наименьшим склонением) – зимнему. Перекрестие в «восьмерке» Солнце занимает два раза в год, в середине апреля и в конце августа.

#### 1. Соответствие одного к одному

**Условие:** Разная ориентация аналемм по отношению к горизонту обусловлена съемкой Солнца в разное время дня. При этом камера все время должна быть ориентирована в одну и ту же сторону света. Установите соответствие между аналеммами и временем суток, когда они были получены, а также стороной света в которую была ориентирована камера.

#### Варианты ответов:

1-й столбец:

1. Аналемма на рисунке а),
2. Аналемма на рисунке б),
3. Аналемма на рисунке в)

2-й столбец:

- А. Съемка велась в утренние часы, камера ориентирована на запад,
- В. Съемка велась в утренние часы, камера ориентирована на юг,
- С. Съемка велась в утренние часы, камера ориентирована на восток,
- Д. Съемка велась в окрестности полудня, камера ориентирована на запад,
- Е. Съемка велась в окрестности полудня, камера ориентирована на юг,
- Ф. Съемка велась в окрестности полудня, камера ориентирована на восток,
- Г. Съемка велась в вечерние часы, камера ориентирована на запад,
- Н. Съемка велась в вечерние часы, камера ориентирована на юг,
- Ж. Съемка велась в вечерние часы, камера ориентирована на восток

**Правильный ответ:** (1, С); (2, Г); (3, Е).

**Точное совпадение ответа:** 2 балла за каждую правильно определенную пару (всего – 6 баллов).



## 2. Выбор одного из списка

**Условие:** Вследствие эллиптичности земной орбиты и неравномерного движения Земли, положения Солнца на верхней петле «восьмерки» расположены ближе друг к другу, а на нижней петле – дальше друг от друга. Из курса астрономии известно, что Земля движется быстрее всего по орбите в окрестности своего перигелия – ближайшей точки орбиты к Солнцу, а медленнее всего – в окрестности афелия – самой далекой точки орбиты от Солнца. Определите день, ближайший к дате прохождения Землей перигелия. Следует отметить, что в окрестности экстремальных точек кривой съемка велась с максимальной частотой, чтобы проработать детальнее данную кривую.

**Варианты ответов:**

1. День летнего солнцестояния,
2. День осеннего равноденствия,
3. День зимнего солнцестояния,
4. День весеннего равноденствия

**Правильный ответ:** День зимнего солнцестояния.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

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

**Условие:** С использованием лишь данных фотографий, оцените склонение узла «восьмерки» аналеммы. Ответ представить в градусах округлив до целого. Угол между экватором и эклиптической равен  $23.5^\circ$ .

**Правильный ответ:** [6, 10].

**Точное совпадение ответа:** 4 балла.

**Возможное Решение.**

1. Важно отметить, что все аналеммы были получены в Северном географическом полушарии. Аналемма, представленная на рис. 11.а) имеет характерный завал на левый бок. Поскольку съемка Солнца велась в одни и те же моменты гражданских суток, то положение Солнца должно было быть близким к положению некоего среднего круга склонения на небосводе. Как известно круги склонения к востоку от небесной меридиана имеет характерный "завал" в сторону точки востока, налево. Значит при создании аналеммы а) съемка велась в утренние часы, камера ориентирована на восток.

Аналогично рассуждая, можно прийти к заключению, что аналемма б) была получена в результате регулярной съемки в вечерние часы, камера была ориентирована на запад.

Наконец при съемке Солнца вблизи полудня, последнее должно располагаться вблизи небесного меридиана (в направлении точки юга), плоскость которого должна содержать отвесную линию, следовательно восьмерка аналеммы должна была занимать вертикальное положение. Тогда ответ в случае рис. 11.в): съемка велась в окрестности полудня, камера ориентирована на юг. Тогда ответ: (1, С); (2, G); (3, E).

2. Согласно второму закону Кеплера, движение Земли по эллиптической орбите не является равномерным. С наибольшей скоростью Земля движется в окрестности своего перигелия. В этот же момент Солнце с позиции земного наблюдателя также движется по небосводу с наибольшей угловой скоростью. Значит за равные промежутки времени Солнце должно перемещаться по небосводу на наибольшие угловые расстояния в моменты, близкие к моменту прохождения Землей своего перигелия. Из рисунка видно, что наибольшие угловые расстояния на которые перемещалось Солнце по небосводу наблюдаются в окрестности нижней точки большой петли "восьмерки" аналеммы. Значит указанный момент наиболее близок к *дню зимнего солнцестояния*.

3. Измерим с помощью линейки расстояние ( $L = 75$  мм) между верхней и нижней точкой аналеммы, например на рис. 11.б). Затем определим расстояние ( $\ell = 25$  мм) от верхней точки восьмерки аналеммы до ее узла. Общая угловая протяженность аналеммы вдоль круга склонения, очевидно, составляет удвоенное значение угла между экватором и эклиптической, то есть  $47.0^\circ$ .

Тогда разность склонений точки летнего солнцестояния (верхние точки "восьмерки",  $\delta_s$ ) и ее узла  $\delta_n$  определяется пропорцией:

$$\Delta\delta = \delta_s - \delta_n = 47.0^\circ \cdot \frac{\ell}{L} = 15.7^\circ.$$

Поскольку склонение точки летнего солнцестояния составляет  $\delta_s = 23.5^\circ$ . Значит искомое склонение узла восьмерки есть

$$\delta_n = \delta_s - \Delta\delta = 7.8^\circ \approx 8^\circ.$$

В качестве ответа допускается число из интервала: [6, 10] градусов.

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

### Задание №7.К.1. «Космические аппараты и их скорости (12 баллов)»

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

#### 1. Выбор одного из списка

**Условие:** Почему ведущие космические державы стремятся строить космодромы как можно ближе к экватору? Выберите главную причину такой тенденции.

**Варианты ответов:**

1. На экваторе больше ясных дней, что дает больше окон для запуска КА,
2. На экваторе самое слабое магнитное поле Земли, значит меньше помех для работы электроники КА,
3. На экваторе самые высокие температуры атмосферы, а значит и самые высокие температуры горения топлива,
4. На экваторе самая высокая скорость точек поверхности Земли относительно ее центра. Это позволяет существенно экономить топливо при запуске КА на околоземную орбиту

**Правильный ответ:** На экваторе самая высокая скорость точек поверхности Земли относительно ее центра. Это позволяет существенно экономить топливо при запуске КА на околоземную орбиту.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

#### 2. Соответствие одного к одному

**Условие:** Установите соответствие между различными летательными аппаратами и возможными значениями их скорости, определенной относительно центра Земли, вблизи ее поверхности.

**Варианты ответов:**

1-й столбец

1. Баллистический снаряд,
2. Искусственный спутник Земли на круговой орбите,
3. Искусственный спутник Земли на эллиптической орбите, в перигее,
4. Автоматическая межпланетная станция, ушедшая от Земли по параболической орбите,
5. Автоматическая межпланетная станция, ушедшая от Земли по гиперболической орбите и движущаяся относительно Солнца по эллиптической орбите,
6. Автоматическая станция, ушедшая от Земли в межзвездное путешествие

2-й столбец

- A.  $0 < V < 7.9$  км/с,
- B.  $V = 7.9$  км/с,
- C.  $7.9 < V < 11.2$  км/с,
- D.  $V = 11.2$  км/с,
- E.  $11.2 < V < 16.65$  км/с,
- F.  $V \geq 16.65$  км/с

**Правильный ответ:** (1,A); (2,B); (3,C); (4,D); (5,E); (6,F).

**Точное совпадение ответа:** 1 балл за каждую правильно определенную пару (всего – 6 баллов).

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

**Условие:** Скорость искусственного спутника Земли, движущегося по круговой орбите на высоте  $h$ , может быть определена формулой:

$$V = V_0 \sqrt{\frac{\mathfrak{R}_\oplus}{\mathfrak{R}_\oplus + h}}, \text{ где}$$

$V_0 = 7.9$  км/с – первая космическая скорость у поверхности Земли,  $R_{\oplus} = 6371$  км – радиус Земли,  $h$  – высота орбиты над поверхностью Земли. Вычислите орбитальную скорость международной космической станции, движущийся по круговой орбите на высоте 418 км. Ответ представить в км/с, округлив до десятых.

**Правильный ответ:** [7.6, 7.8].

**Точное совпадение ответа:** 4 балла.

**Возможное Решение.**

1. Финансовая поддержка космической промышленности для любой космической державы является всегда весомым бременем для бюджета этой страны. Одна из главных задач экономистов в этой промышленности – посильное сокращение расходов на запуски космических аппаратов. Один из возможных путей сокращения расходов – уменьшение затрат на используемое топливо. Экономия расходуемого топлива – верный путь к экономии значительных денежных средств. Использование максимальной скорости точки старта относительно центра Земли, достигаемое на экваторе, позволяет уменьшить начальную скорость старта ракеты, значит уменьшить работу двигателей при выводе ракеты на заданную орбиту. Сокращение работы двигателей приводит к уменьшению используемого топлива. Тогда ответ: на экваторе самая высокая скорость точек поверхности Земли относительно ее центра. Это позволяет существенно экономить топливо при запуске КА на околоземную орбиту.

2. Баллистический снаряд – это тело, которое движется вблизи поверхности Земли со скоростью, большей нуля, но меньше первой космической скорости, т.е.  $0 < V < 7.9$  км/с.

Любой искусственный спутник Земли (ИСЗ), движущийся вблизи ее поверхности по круговой орбите, должен иметь скорость, равную первой космической скорости, т.е.  $V = 7.9$  км/с.

Любой ИСЗ, движущийся по эллиптической орбите вблизи ее поверхности, должен иметь скорость в перигее, превышающую первую космическую скорость, но меньшую, чем вторая космическая скорость, т.е.  $7.9 < V < 11.2$  км/с.

Любая автоматическая межпланетная станция (АМС), ушедшая от Земли по параболической орбите от ее поверхности, должна иметь скорость, равную ее второй космической скорости, т.е.  $V = 11.2$  км/с.

Любая АМС, ушедшая от поверхности Земли по гиперболической орбите и движущаяся относительно Солнца по эллиптической орбите, должна иметь скорость старта из интервала:  $11.2 < V < 16.65$  км/с.

Наконец, любая автоматическая станция, ушедшая от поверхности Земли в межзвездное путешествие, должна иметь скорость, не меньшую ее третьей космической скорости, т.е.  $V \geq 16.65$  км/с.

В итоге имеем следующие пары: (1,А); (2,В); (3,С); (4,Д); (5,Е); (6,Ф).

3. Прямой численный расчет по формуле, данной в условии задачи, с использованием представленных данных, приводит к результату вида:  $V = 7.7$  км/с. В качестве ответа допускается число из интервала: [7.6, 7.8] км/с.

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

## Задание №7.К.2. «Космические аппараты и их скорости (12 баллов)»

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

### 1. Выбор одного из списка

**Условие:** Почему ведущие космические державы стремятся строить космодромы как можно ближе к экватору? Выберите главную причину такой тенденции.

**Варианты ответов:**

1. На экваторе больше ясных дней, что дает больше окон для запуска КА,
2. На экваторе самое слабое магнитное поле Земли, значит меньше помех для работы электроники КА,
3. На экваторе самые высокие температуры атмосферы, а значит и самые высокие температуры горения топлива,
4. На экваторе самая высокая скорость точек поверхности Земли относительно ее центра. Это позволяет существенно экономить топливо при запуске КА на околоземную орбиту

**Правильный ответ:** 4.

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

### 2. Соответствие одного к одному

**Условие:** Установите соответствие между различными летательными аппаратами и возможными значениями их скорости, определенной относительно центра Земли, вблизи ее поверхности.

**Варианты ответов:**

1-й столбец

1. Баллистический снаряд,
2. Искусственный спутник Земли на круговой орбите,
3. Искусственный спутник Земли на эллиптической орбите, в перигее,
4. Автоматическая межпланетная станция, ушедшая от Земли по параболической орбите,
5. Автоматическая межпланетная станция, ушедшая от Земли по гиперболической орбите и движущаяся относительно Солнца по эллиптической орбите,
6. Автоматическая станция, ушедшая от Земли в межзвездное путешествие

2-й столбец

- A.  $0 < V < 7.9$  км/с,
- B.  $V = 7.9$  км/с,
- C.  $7.9 < V < 11.2$  км/с,
- D.  $V = 11.2$  км/с,
- E.  $11.2 < V < 16.65$  км/с,
- F.  $V \geq 16.65$  км/с

**Правильный ответ:** (1,A); (2,B); (3,C); (4,D); (5,E); (6,F).

**Точное совпадение ответа:** 1 балл за каждую правильно определенную пару (всего – 6 баллов).

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

**Условие:** Скорость искусственного спутника Земли, движущегося по круговой орбите на высоте  $h$ , может быть определена формулой:

$$V = V_0 \sqrt{\frac{\mathfrak{R}_{\oplus}}{\mathfrak{R}_{\oplus} + h}}, \text{ где}$$

$V_0 = 7.9$  км/с – первая космическая скорость у поверхности Земли,  $\mathfrak{R}_{\oplus} = 6371$  км – радиус Земли,  $h$  – высота орбиты над поверхностью Земли. Вычислите орбитальную скорость космической

станции "Мир", двигавшейся по круговой орбите на высоте 364 км. Ответ представить в км/с, округлив до десятых.

**Правильный ответ:** [7.6, 7.8].

**Точное совпадение ответа:** 4 балла.

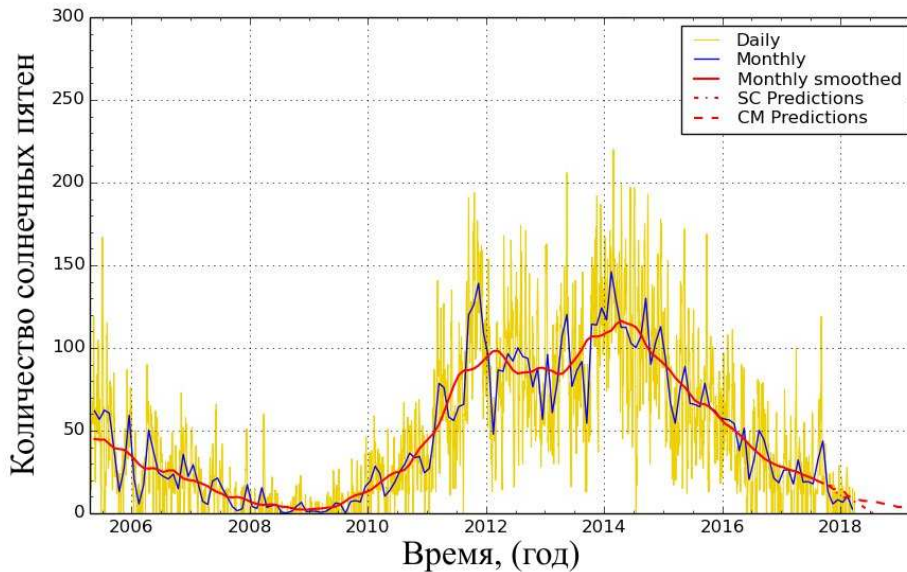


Рис. 12. График зависимости количества солнечных пятен (красная линия), наблюдавшихся в фотосфере Солнца от времени наблюдений.

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

#### Задание №8.К.1. «Солнечная активность (5 баллов)»

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

**Условие:** На рис. 12 представлен график зависимости количества солнечных пятен от времени наблюдений (красная линия), по сути выражающий степень солнечной активности. С использованием лишь данного графика, оцените период солнечной активности. Ответ представьте в годах, с точностью до 0.5 года.

**Правильный ответ:** [10.0, 11.0].

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

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

**Условие:** На рисунке отчетливо просматривается главный максимум кривой, соответствующий лету 2014 года (2014.5 год по шкале времени). Определите год, в который следует ожидать следующий главный максимум солнечной активности. Ответ представить целым числом.

**Правильный ответ:** [2024, 2026].

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

#### Возможное Решение.

1. Важно отметить, что трудность определения периода солнечной активности по данному графику заключается в отсутствии двух соседних минимумов или максимумов данной кривой. Кроме того, рассматриваемая кривая не является в строгом смысле периодической функцией. Однако можно говорить о периоде данной функции в среднем. Как известно, *периодом* какой-либо функции называется расстояние между ближайшими точками оси абсцисс, в которых данная кривая находится в одинаковых фазах.

Для удобства определения среднего периода данной кривой, выполним дополнительное построение на данном графике (см. рис. 13). Проведем три горизонтальные линии так, чтобы они пересекали красную кривую на двух соседних участках ее падения. Найдем точки пересечения этих прямых с красной кривой. Определим значения аргументов этих точек:  $t_{н1} = 2005.7$  лет,  $t_{н2} = 2006.1$  лет,  $t_{н3} = 2006.8$  лет,  $t_{к1} = 2016.4$  лет,  $t_{к2} = 2016.9$  лет,  $t_{к3} = 2017.4$  лет. Определим

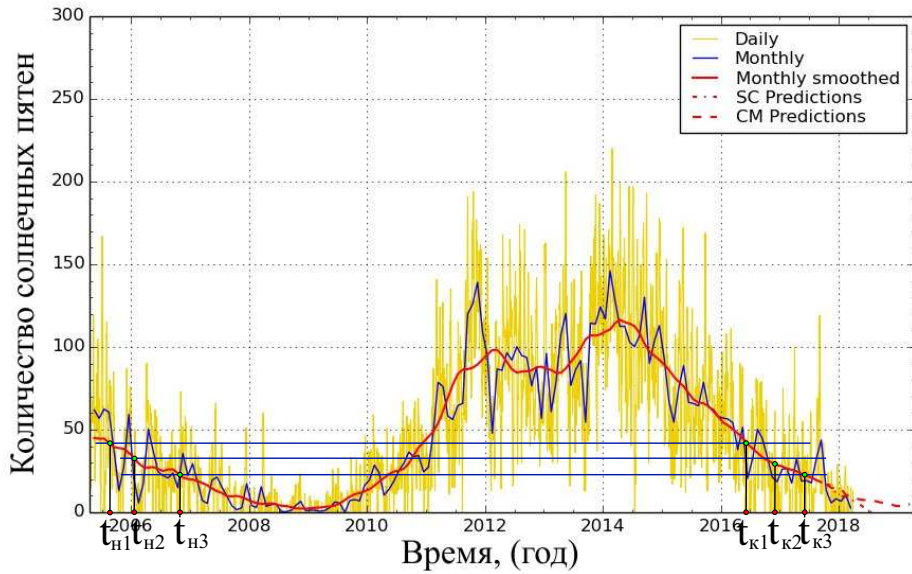


Рис. 13. График зависимости количества солнечных пятен с дополнительными построениями для определения среднего периода солнечной активности.

периоды кривой:

$$T_1 = t_{к1} - t_{н1} = 10.7 \text{ лет}, \quad T_2 = t_{к2} - t_{н2} = 10.8 \text{ лет}, \quad T_3 = t_{к3} - t_{н3} = 10.6 \text{ лет}.$$

Определим среднее арифметическое значение для полученных периодов:

$$\bar{T} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} = 10.7 \text{ лет}.$$

В качестве ответа следует взять значение 10.5 лет, ближайшее значение к полученному, удовлетворяющее требованию точности определения результата. В качестве окончательного ответа на первый вопрос задачи допускается значение из интервала: [10.0, 11.0] лет.

**2.** Следующий главный максимум солнечной активности следует ожидать приблизительно через полученное значение периода:

$$2014.5 + 10.5 = 2025 \text{ лет}.$$

В качестве окончательного ответа на второй вопрос задачи допускается значение из интервала: [2024, 2026] год.

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



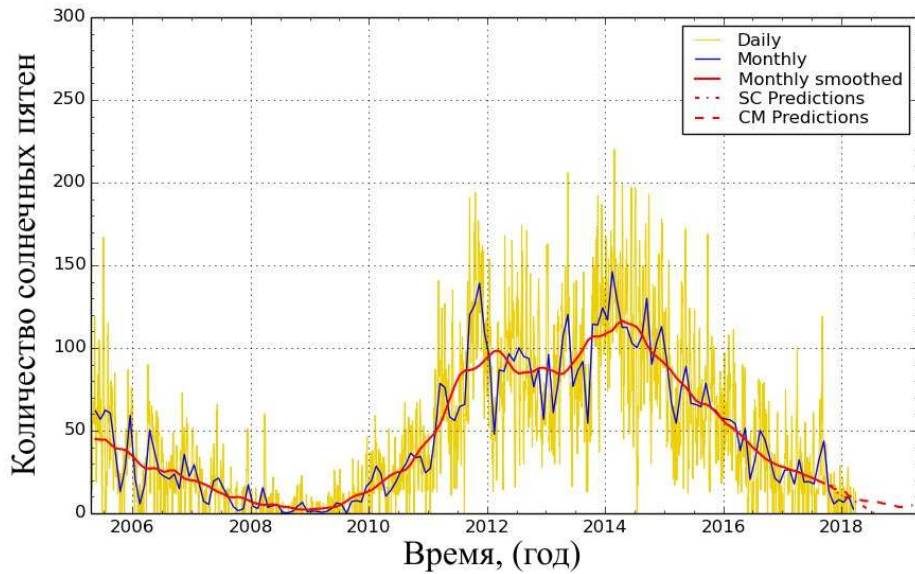


Рис. 14. График зависимости количества солнечных пятен (красная линия), наблюдавшихся в фотосфере Солнца от времени наблюдений.

**Задание №8.К.2. «Солнечная активность (5 баллов)»**

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

**Условие:** На рис. 14 представлен график зависимости количества солнечных пятен от времени наблюдений (красная линия), по сути выражающий степень солнечной активности. С использованием лишь данного графика, оцените период солнечной активности. Ответ представьте в годах, с точностью до 0.5 года.

**Правильный ответ:** [10.0, 11.0].

**Точное совпадение ответа:** 3 балла.

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

**Условие:** На рисунке отчетливо просматривается главный максимум кривой, соответствующий лету 2014 года (2014.5 год по шкале времени). Определите год, в который наблюдался предыдущий главный максимум солнечной активности (не показан на рисунке). Ответ представить целым числом.

**Правильный ответ:** [2003, 2005].

**Точное совпадение ответа:** 2 балла.

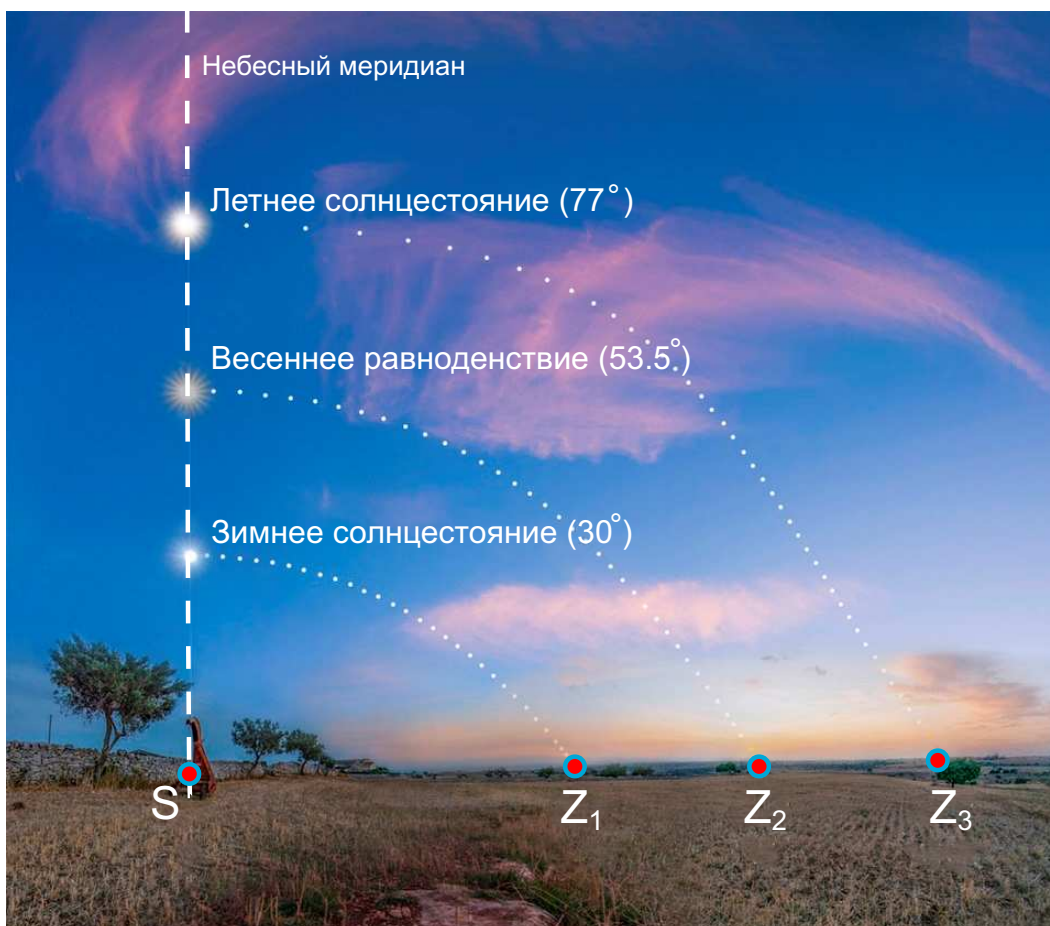


Рис. 15. К определению суточных параллелей Солнца и его высот (указаны в скобках) в верхней кульминации.

**Задание №9.К.1. «Широта места наблюдения (5 баллов)»**

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

**Условие:** На рис. 15 представлена фотография некоторой местности северного географического полушария с указанием положения суточных параллелей Солнца в дни солнцестояний и равноденствий и его высот в верхней кульминации в эти дни. Как известно, склонение Солнца в течение года изменяется в интервале:

$$-\varepsilon \leq \delta_{\odot} \leq \varepsilon, \text{ где } \varepsilon = 23.5^{\circ}. \quad (1)$$

Высота светила в верхней кульминации к югу от зенита определяется выражением:

$$h_{\max} = 90^{\circ} - \varphi + \delta, \quad (2)$$

здесь  $\varphi$  – широта местоположения наблюдателя,  $\delta$  – склонение светила. С использованием имеющихся данных, определите широту места съемки. Ответ представить в градусах, округлив до десятых.

**Правильный ответ:** [36, 37].

**Точное совпадение ответа:** 5 баллов.

**Возможное Решение.**

Выразим широту местности из формулы (2):

$$\varphi = 90^{\circ} - h_{\max} + \delta_{\odot}. \quad (3)$$

В численных расчетах воспользуемся моментом летнего солнцестояния. В эти сутки  $h_{\max} = 77^{\circ}$ ,  $\delta_{\odot} = 23.5^{\circ}$ . В итоге, с использованием последней формулы получаем  $\varphi = 36.5^{\circ}$ .

В качестве ответа принимается значение из интервала:  $[36, 37]$  градусов.

Для клона №2 решение строится аналогично.

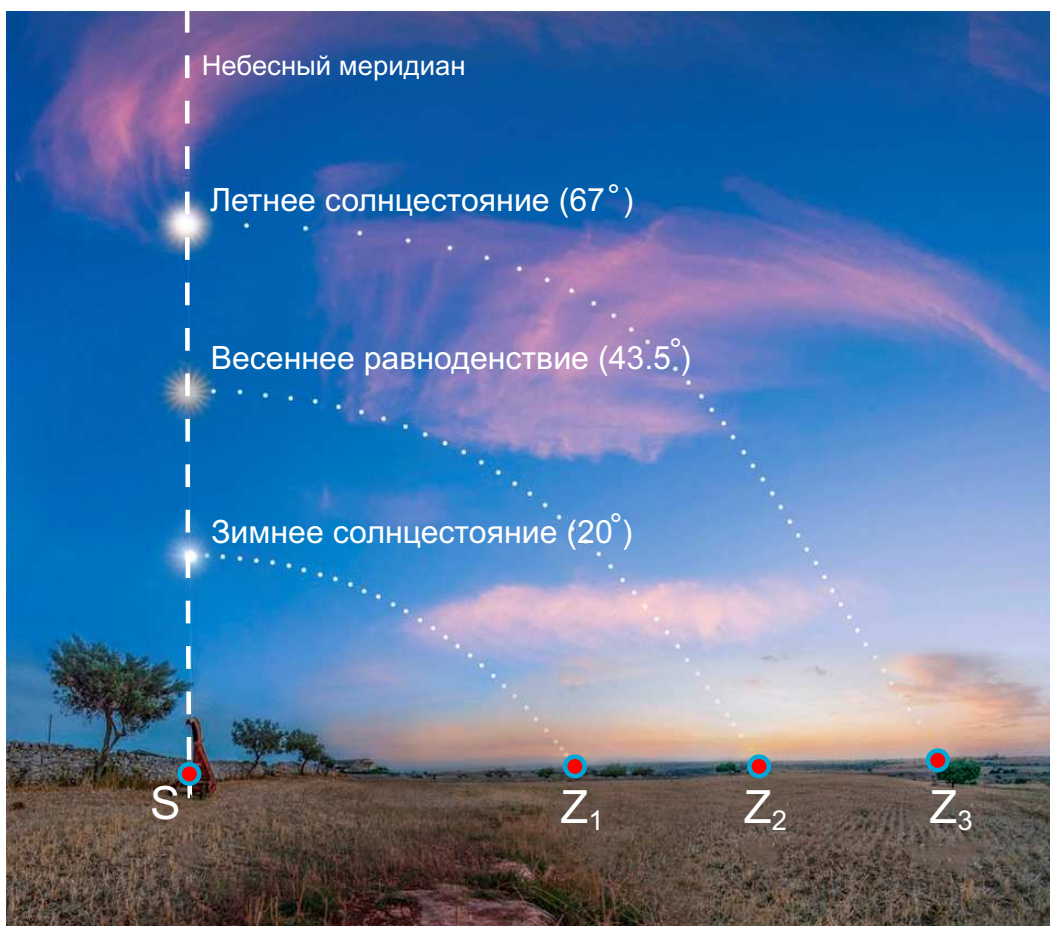


Рис. 16. К определению суточных параллелей Солнца и его высот (указаны в скобках) в верхней кульминации.

**Задание №9.К.2. «Широта места наблюдения (5 баллов)»**

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

**Условие:** на рис. 16 представлена фотография некоторой местности северного географического полушария с указанием положения суточных параллелей Солнца в дни солнцестояний и равноденствий и его высот в верхней кульминации в эти дни. Как известно, склонение Солнца в течение года изменяется в интервале:

$$-\varepsilon \leq \delta_{\odot} \leq \varepsilon, \text{ где } \varepsilon = 23.5^{\circ}. \quad (4)$$

Высота светила в верхней кульминации к югу от зенита определяется выражением:

$$h_{\max} = 90^{\circ} - \varphi + \delta, \quad (5)$$

здесь  $\varphi$  – широта местоположения наблюдателя,  $\delta$  – склонение светила. С использованием имеющихся данных, определите широту места съемки. Ответ представить в градусах, округлив до десятых.

**Правильный ответ:** [46, 47].

**Точное совпадение ответа:** 5 баллов.

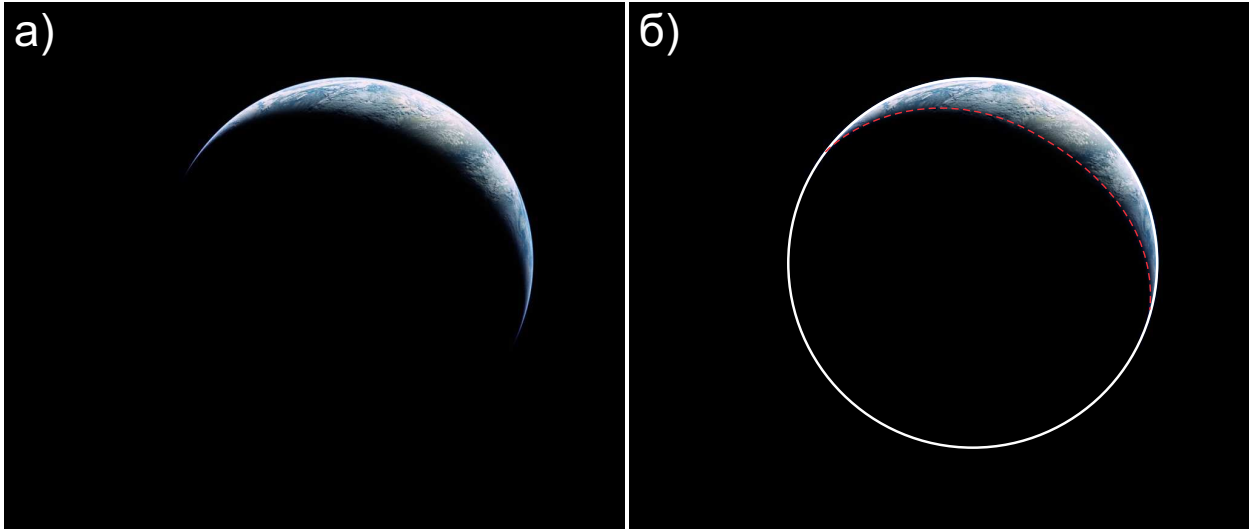


Рис. 17. К определению: а) образа Земли, полученного с поверхности Луны; б) тот же образ с дополнительными построениями (красной пунктирной линией обозначен терминатор).

**Задание №10.К.1. «Фаза Земли (5 баллов)»**

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

**Условие:** На рис. 17.а) представлена фотография Земли, полученная с поверхности Луны. С использованием лишь данной фотографии и линейки, определите величину линейной фазы Земли в момент съемки. Вам может оказаться полезной эта фотография с дополнительными построениями, представленная на рис. 17.б). Ответ представить десятичной дробью, округлив до сотых.

*Примечание:* **Линейной фазой шарообразной планеты ( $\Psi$ )** называется безразмерная геометрическая величина, определяемая выражением вида:

$$\Psi = \frac{d}{D}, \quad (6)$$

здесь  $d$  – ширина светлого серпа/выпуклой части видимого диска планеты, определенная вдоль его оси симметрии;  $D$  – диаметр круглого диска планеты в тот же момент времени.

**Правильный ответ:** [0.10, 0.14].

**Точное совпадение ответа:** 5 баллов.

**Возможное Решение.**

С использованием линейки на данной картинке определим диаметр видимого диска Земли ( $D = 76$  мм) и ширину ( $d = 9$  мм) его светлого серпа. По формуле (6) выполняя численный расчет, в результате получаем фазу  $\Psi = 0.12$ .

В качестве ответа принимается значение из интервала: [0.10, 0.14].

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

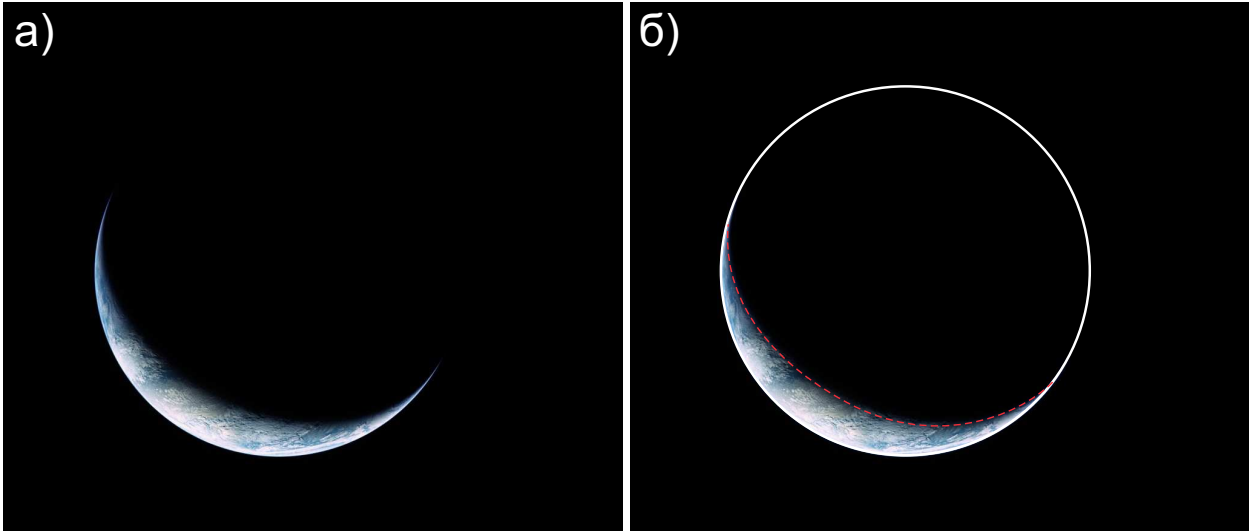


Рис. 18. К определению: а) образа Земли, полученного с поверхности Луны; б) тот же образ с дополнительными построениями (красной пунктирной линией обозначен терминатор).

**Задание №10.К.2. «Фаза Земли (5 баллов)»**

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

**Условие:** На рис. 18.а) представлена фотография Земли, полученная с поверхности Луны. С использованием лишь данной фотографии и линейки, определите величину линейной фазы Земли в момент съемки. Вам может оказаться полезной эта фотография с дополнительными построениями, представленная на рис. 18.б). Ответ представить десятичной дробью, округлив до сотых.

*Примечание:* **Линейной фазой шарообразной планеты ( $\Psi$ )** называется безразмерная геометрическая величина, определяемая выражением вида:

$$\Psi = \frac{d}{D}, \quad (7)$$

здесь  $d$  – ширина светлого серпа/выпуклой части видимого диска планеты, определенная вдоль его оси симметрии;  $D$  – диаметр круглого диска планеты в тот же момент времени.

**Правильный ответ:** [0.10, 0.14].

**Точное совпадение ответа:** 5 баллов.