

# Разбор заданий пригласительного этапа ВсОШ по астрономии

для 9 класса

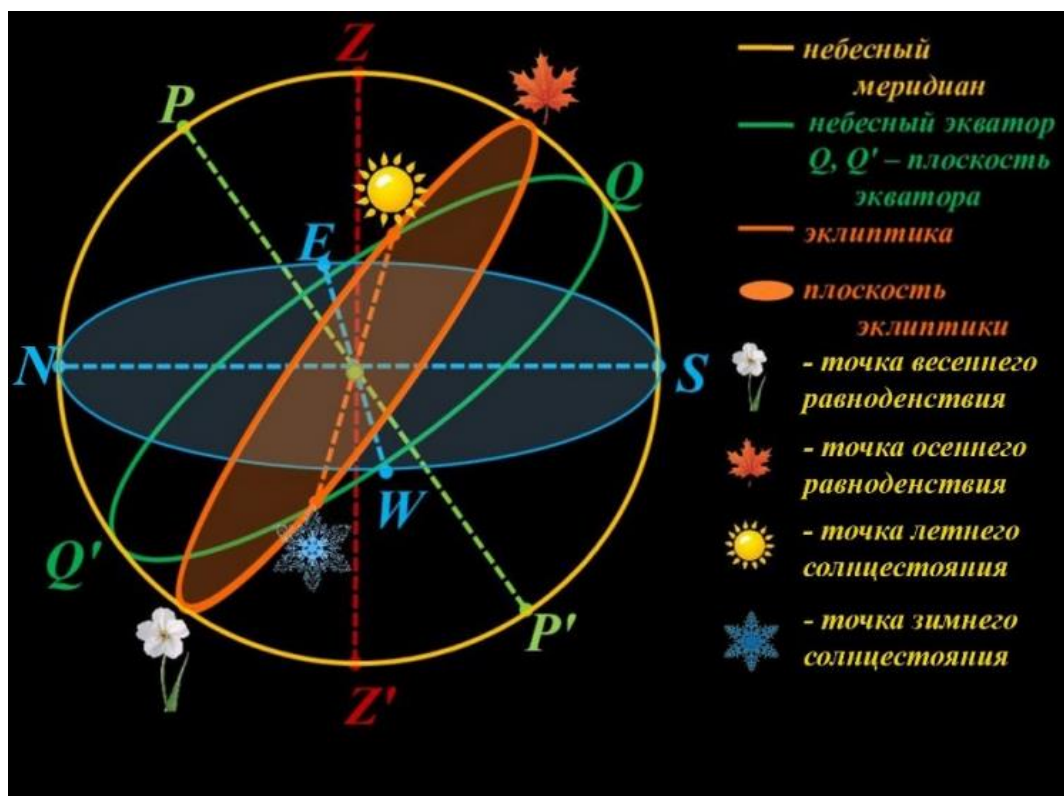
2022/23 учебный год

Максимальное количество баллов — 100

## Задание № 1

### Общее условие:

Дан рисунок, размещённый на одном из сайтов в сети Интернет. На небесной сфере нарисованы положения точек зенита, надира, Северного полюса мира ( $P$ ), Южного полюса мира ( $P'$ ), точек севера и юга.



### Условие:

Выберите верное утверждение:

**Ответ:**

- Все точки равноденствий и солнцестояний указаны верно
- ✓ Все точки равноденствий и солнцестояний указаны ошибочно
- Точки равноденствий стоят верно, а точки солнцестояний надо поменять местами
- Точки солнцестояний стоят верно, а точки равноденствий надо поменять местами
- Надо поменять местами точки зимнего солнцестояния и весеннего равноденствия
- Надо поменять местами точки летнего солнцестояния и осеннего равноденствия
- Надо поменять местами точки зимнего солнцестояния и осеннего равноденствия
- Надо поменять местами точки летнего солнцестояния и весеннего равноденствия

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

**Условие:**

В каком полушарии Земли находится наблюдатель, для которого на небесной сфере нарисованы положения точек зенита, надира, Северного полюса мира ( $P$ ), Южного полюса мира ( $P'$ ), точек севера и юга?

**Ответ:**

- ✓ В Северном
- В Южном
- Невозможно ответить

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 6 баллов**

*Решение.*

А) Небесный экватор и эклиптика (два больших круга небесной сферы) пересекаются в двух точках. Это точки весеннего и осеннего равноденствий, тогда как на рисунке эти точки пересечения обозначены как точки летнего и зимнего солнцестояний. В результате этого все точки равноденствий и солнцестояний изменили свое положение на рисунке — правильный ответ «Все точки равноденствий и солнцестояний указаны ошибочно».

В) Наблюдатель находится в центре небесной сферы (совпадает с центром окружности, изображенной на рисунке), над его головой располагается точка зенита (Z). Так как угол между направлением на зенит и направлением на северный полюс Мира (P) меньше  $90^\circ$ , то точка P находится над горизонтом, и, значит, наблюдатель находится в Северном полушарии Земли. Высота точки P над горизонтом равна географической широте места наблюдения.

## Задание № 2.1

---

### Условие:

Сколько звёзд можно увидеть невооружённым глазом на Северном полюсе Земли в случае ясной погоды 21 декабря? Выберите наиболее близкое к правильному число:

### Ответ:

- 1
- Примерно 100
- Примерно 300
- Примерно 2500
- Примерно 10000
- Примерно 1 млн

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

### *Решение.*

В декабре на северном полюсе Земли Солнце не восходит и не заходит (полярная ночь). Как известно, невооружённым глазом на тёмном небе видны звёзды примерно до 6 звёздной величины. Всего на небесной сфере около 6000 звёзд, чья звёздная величина не превышает 6<sup>m</sup>. При этом на северном полюсе могут наблюдаться только звёзды из северной небесной полусферы, то есть примерно половина от общего количества таких звёзд. Наиболее близкое значение в предложенном списке — 2500 звёзд.

## Задание № 2.2

---

### Условие:

Сколько звёзд можно увидеть невооружённым глазом на Северном полюсе Земли в случае ясной погоды 15 декабря? Выберите наиболее близкое к правильному число:

### Ответ:

- 1
- Примерно 200
- Примерно 520
- Примерно 2700
- Примерно 10000
- Примерно 1 млн

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

*Решение по аналогии с заданием № 2.1.*

### Задание № 2.3

---

**Условие:**

Сколько звёзд можно увидеть невооружённым глазом на Северном полюсе Земли в случае ясной погоды 25 декабря? Выберите наиболее близкое к правильному число:

**Ответ:**

- 1
- Примерно 180
- Примерно 530
- Примерно 2800
- Примерно 12000
- Примерно 1.5 млн

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

*Решение по аналогии с заданием № 2.1.*

## Задание № 2.4

---

### Условие:

Сколько звёзд можно увидеть невооружённым глазом на Северном полюсе Земли в случае ясной погоды 10 декабря? Выберите наиболее близкое к правильному число:

### Ответ:

- 1
- Примерно 300
- Примерно 480
- Примерно 2600
- Примерно 12500
- Примерно 1.7 млн

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

*Решение по аналогии с заданием № 2.1.*

### Задание № 3

---

**Общее условие:**

Все планеты Солнечной системы можно разделить на две группы: планеты земной группы и планеты-гиганты.

**Условие:**

Установите соответствие между планетами и их группами.

**Ответ:**

Меркурий	Планеты земной группы
Венера	
Земля	
Марс	
Юпитер	Планеты-гиганты
Сатурн	
Уран	
Нептун	

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Установите соответствие между группами и их характеристиками.



**Ответ:**

У всех планет этой группы есть твёрдая поверхность	Планеты земной группы
У планет этой группы мало спутников (либо их нет совсем)	
Все планеты этой группы в оптическом диапазоне светят отражённым светом Солнца	
Все планеты этой группы в оптическом диапазоне светят отражённым светом Солнца	Планеты-гиганты
У планет этой группы есть кольца	
Все планеты этой группы быстро вращаются вокруг своей оси	
Все планеты этой группы могут наблюдаться на небе в противоположной Солнцу стороне	

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

**Максимальный балл за задание — 6 баллов**

*Решение.*

А) Все большие планеты Солнечной системы делят на две группы: планеты земной группы и планеты гиганты. Планеты земной группы имеют твёрдую поверхность и размеры, сравнимые с земными. К ним относятся Меркурий, Венера, Земля и Марс. Тогда как планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун) твёрдой поверхности не имеют, кроме того, их радиусы сильно превышают радиусы планет земной группы.

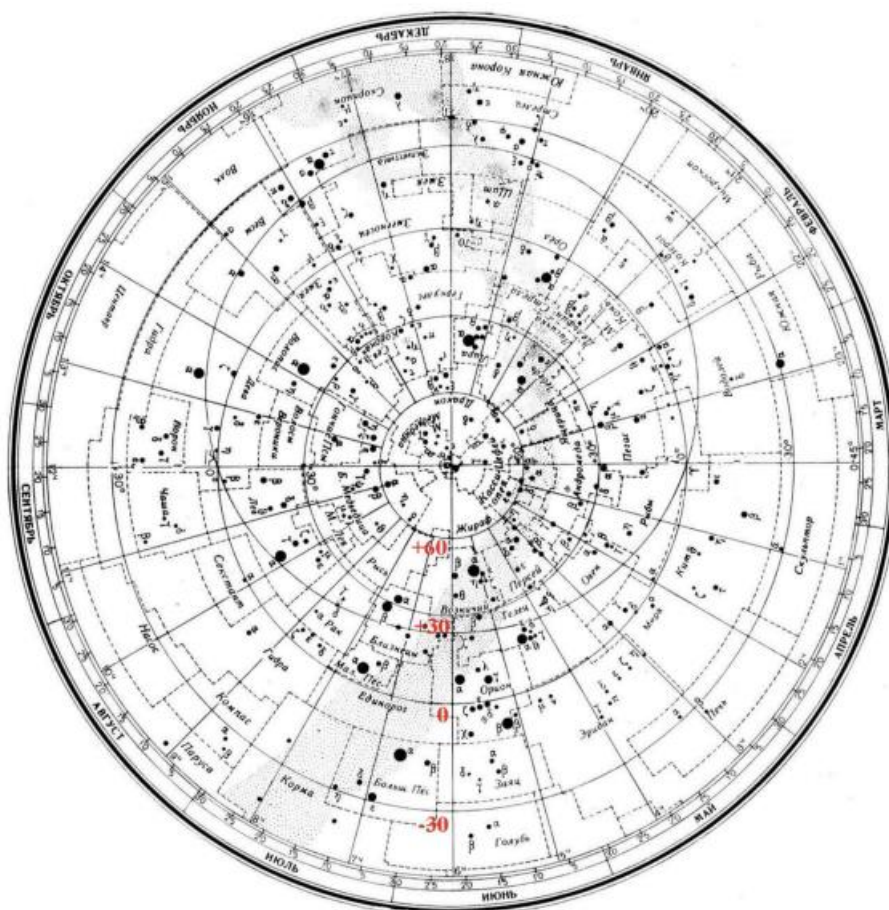
В) Утверждения 1 и 2 справедливы только для планет земной группы, утверждения 3 и 4 справедливы только для планет-гигантов. Утверждение 5 справедливо для всех планет, а утверждение 6 не может относиться к планетам, оно применимо только к звёздам. Утверждение 7 справедливо для всех внешних планет (т.е. планет,

радиусы орбит которых больше 1 а.е.) — для планет-гигантов и для планеты Марс. Эти планеты могут наблюдаться на небе в противоположном Солнцу направлении (в противостоянии). Т.е. утверждение 7 справедливо в целом только для группы планет-гигантов.

## Задание № 4.1

### Общее условие:

На рисунке представлена карта звёздного неба. Обратите внимание, что вдоль вертикальной линии подписаны круги склонений ( $-30^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+30^\circ$ ,  $+60^\circ$ ).



### Условие:

Какие созвездия можно целиком наблюдать на Северном полюсе 1 декабря?

### Ответ:

- Кит
- Дева
- Орион
- Персей

- ✓ Пегас
- ✓ Близнецы
- ✓ Лира
- Большой Пёс

**За каждый верный ответ — 2 балла, штраф за каждый неверный ответ — 2 балла**

**Условие:**

Чему будет равна высота звезды  $\alpha$  Лир в верхней кульминации для наблюдателя на широте  $60^\circ$ ?

**Ответ:** [63; 72]

**Точное совпадение ответа — 7 баллов**

**Максимальный балл за задание — 15 баллов**

*Решение.*

А) Отметим, что в декабре на Северном полюсе Земли полярная ночь, т. е. звёзды будут видны при условии ясной погоды. Так как на полюсах Земли суточные движения звёзд происходят параллельно плоскости горизонта, то все звёзды (кроме Солнца) там не восходят и не заходят. А значит, на северном полюсе могут наблюдаться лишь те созвездия, которые относятся к северной небесной полусфере. Т. е. созвездия, которые целиком могут наблюдаться над горизонтом, не должны включать в себя участки небесной сферы с отрицательными склонениями. На карте легко выбрать такие созвездия из предложенного списка. Их будет четыре: Лира, Персей, Пегас, Близнецы.

В) По предложенной карте можно определить склонение звезды  $\alpha$  Лир. Должна получиться величина, близкая к  $38^\circ$  (укладывающаяся

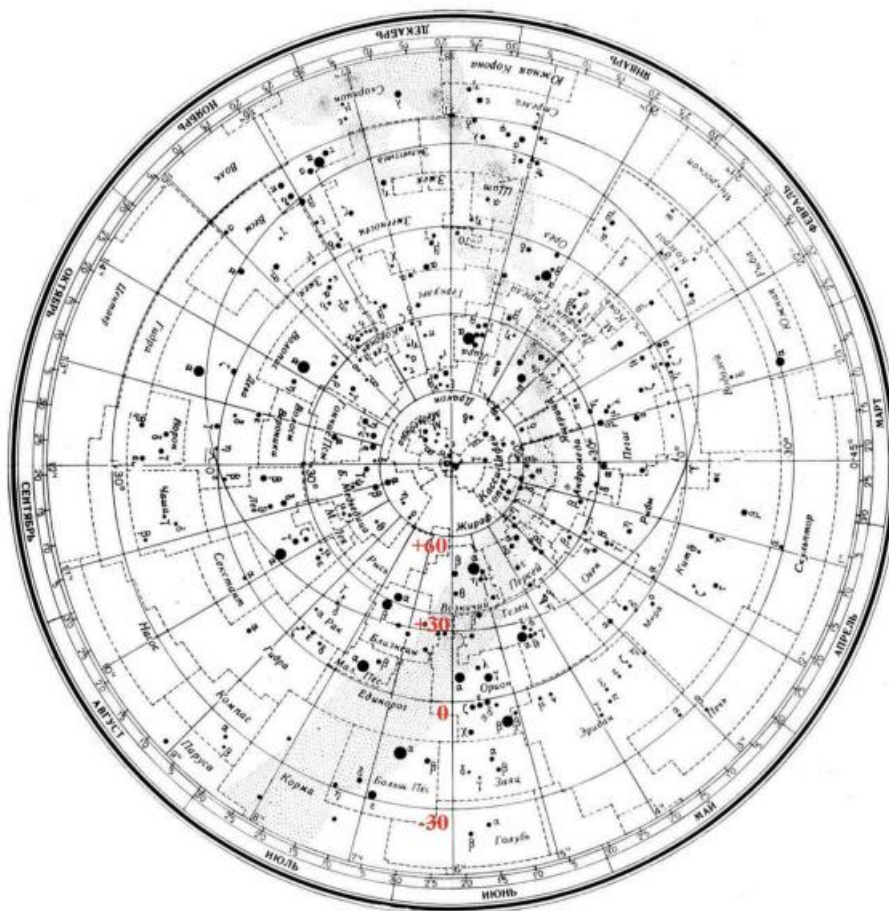
в диапазон  $[33^\circ; 42^\circ]$ ). Широта места наблюдения больше, чем склонение звезды. Тогда, по формуле для высоты звёзды в верхней кульминации получим:

$$h_{\text{ВК}} = 90^\circ - \varphi + \delta = 68^\circ [63^\circ; 72^\circ]$$

## Задание № 4.2

### Общее условие:

На рисунке представлена карта звёздного неба. Обратите внимание, что вдоль вертикальной линии подписаны круги склонений ( $-30^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+30^\circ$ ,  $+60^\circ$ ).



### Условие:

Какие созвездия можно целиком наблюдать на Северном полюсе 21 декабря?

### Ответ:

- Дракон
- Стрелец
- Эридан

- ✓ Большая Медведица
- ✓ Кассиопея
- Змееносец
- ✓ Близнецы
- Скорпион

**За каждый верный ответ — 2 балла, штраф за каждый неверный ответ — 2 балла**

**Условие:**

Чему будет равна высота звезды  $\alpha$  Лир в верхней кульминации для наблюдателя на широте  $50^\circ$ ?

**Ответ:** [74; 84]

**Точное совпадение ответа — 7 баллов**

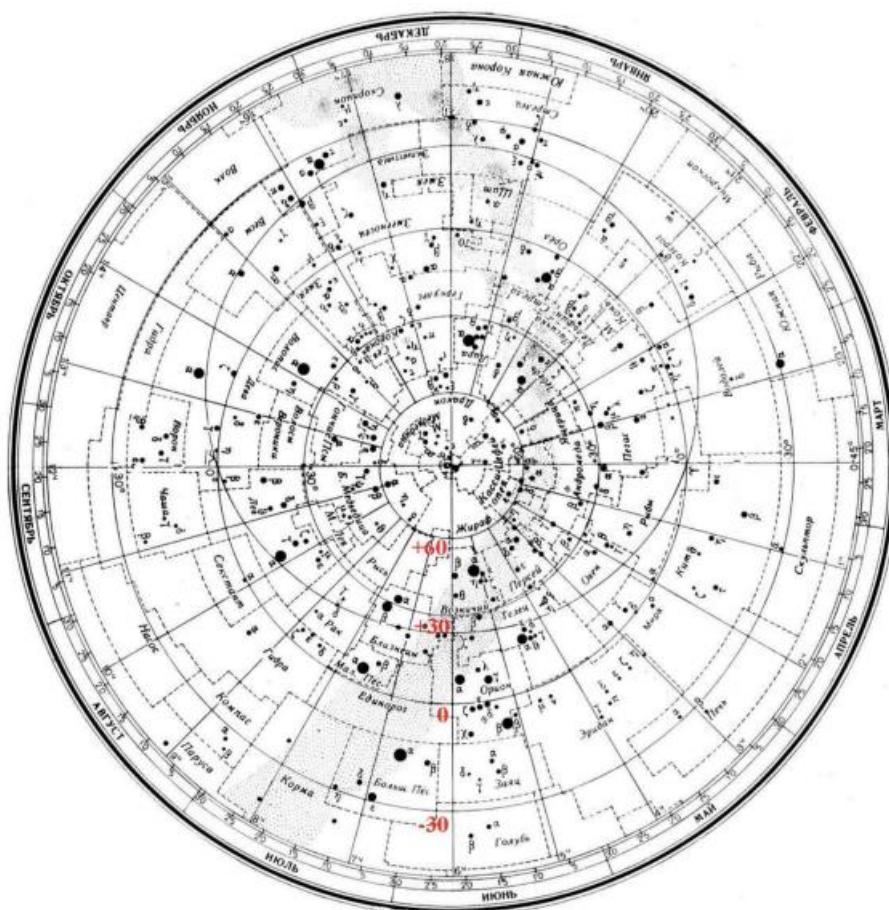
**Максимальный балл за задание — 15 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 4.1.*

### Задание № 4.3

#### Общее условие:

На рисунке представлена карта звёздного неба. Обратите внимание, что вдоль вертикальной линии подписаны круги склонений ( $-30^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+30^\circ$ ,  $+60^\circ$ ).



#### Условие:

Какие созвездия можно целиком наблюдать на Северном полюсе 15 декабря?

#### Ответ:

- Заяц
- Козерог
- Дракон



- ✓ Цефей
- Кит
- ✓ Кассиопея
- Змееносец
- ✓ Рак

**За каждый верный ответ — 2 балла, штраф за каждый неверный ответ — 2 балла**

**Условие:**

Чему будет равна высота звезды  $\alpha$  Лир в верхней кульминации для наблюдателя на широте  $70^\circ$ ?

**Ответ:** [54; 64]

**Точное совпадение ответа — 7 баллов**

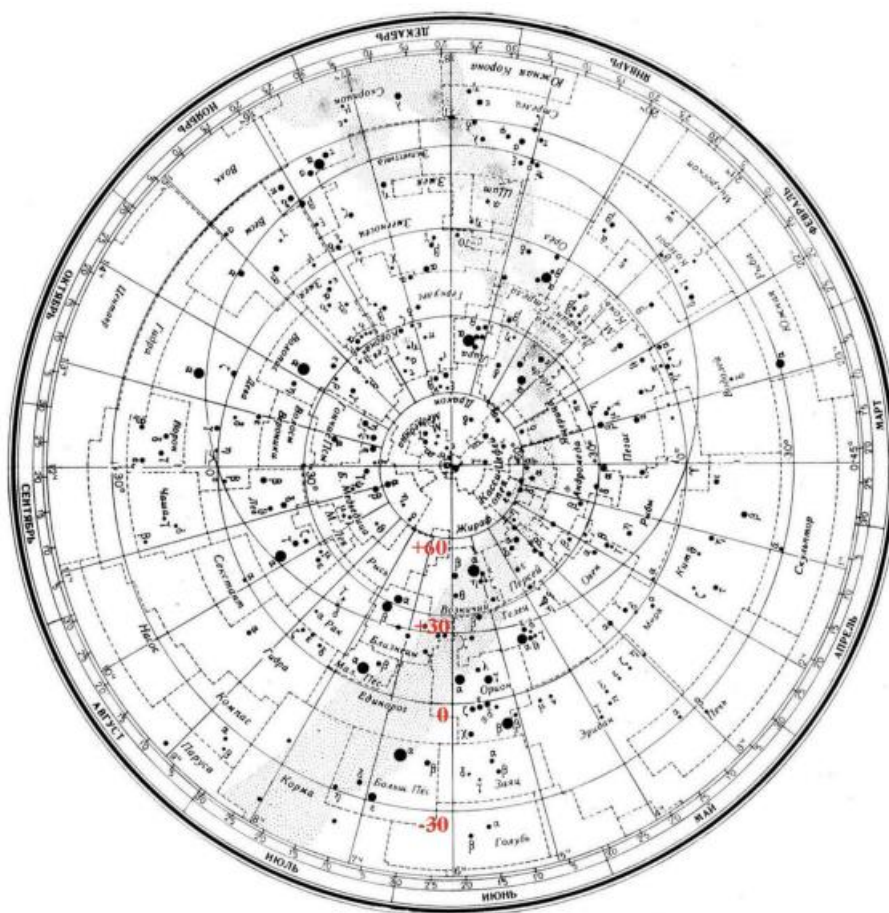
**Максимальный балл за задание — 15 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 4.1.*

## Задание № 4.4

### Общее условие:

На рисунке представлена карта звёздного неба. Обратите внимание, что вдоль вертикальной линии подписаны круги склонений ( $-30^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+30^\circ$ ,  $+60^\circ$ ).



### Условие:

Какие созвездия можно целиком наблюдать на Северном полюсе 31 декабря?

### Ответ:

- ✓ Жираф
- Кит
- ✓ Большая Медведица

- ✓ Цефей
- Орион
- ✓ Кассиопея
- Змееносец
- Скорпион

**За каждый верный ответ — 2 балла, штраф за каждый неверный ответ — 2 балла**

**Условие:**

Чему будет равна высота звезды  $\alpha$  Лир в верхней кульминации для наблюдателя на широте  $80^\circ$ ?

**Ответ:** [44; 54]

**Точное совпадение ответа — 7 баллов**

**Максимальный балл за задание — 15 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 4.1.*

### Задание № 5.1

---

**Условие:**

Угол наклона эклиптики к экватору равен примерно  $23.5^\circ$ . Чему равно максимальное значение склонения Солнца в течение года?

**Ответ:**

- $-47^\circ$
- $-23.5^\circ$
- $-11.7^\circ$
- $0^\circ$
- $+11.7^\circ$
- $+23.5^\circ$
- $+47^\circ$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

В какой день склонение Солнца достигает своего максимального значения?

**Ответ:**

- День весеннего равноденствия
- День осеннего равноденствия
- День летнего солнцестояния
- День зимнего солнцестояния

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Один садовод взялся разводить теневыносливое растение, условие успешного роста которого заключалось в том, чтобы летом на его околокорневую часть не попадали прямые солнечные лучи. Определите минимальную высоту стены, которую надо поставить вокруг растения на расстоянии 2 метра, чтобы гарантировать тень у его корней на протяжении всего лета. Садовод живёт под Новосибирском (широта  $55^\circ$ ). Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** 326**Точное совпадение ответа — 7 баллов****Максимальный балл за задание — 12 баллов***Решение.*

- А) Так как склонение отсчитывается от плоскости небесного экватора, а угол между экватором и эклиптической равен  $23.5^\circ$ , то максимальное склонение Солнца равно  $+23.5^\circ$  (Солнце не может удалиться от экватора больше, чем на этот угол).
- В) Склонение Солнца достигает максимальной величины в день летнего солнцестояния (в этот день Солнце удаляется от небесного экватора на максимальное угловое расстояние  $+23.5^\circ$ ).
- С) Для всех городов России максимальной высоты над горизонтом Солнце достигнет в верхней кульминации в день летнего солнцестояния:

$$h_{\text{БК}} = 90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - 55^\circ + 23.5^\circ = 58.5^\circ$$

Чем больше высота Солнца над горизонтом, тем больше угол падения его лучей на поверхность Земли. По мере суточного движения Солнца по небу, его высота  $h$  меняется от 0 до  $h_{\text{БК}}$ . Соответственно, для того, чтобы оградить корни растения от солнечных лучей в любой час суток, необходимо построить стену в расчёте на максимальную высоту Солнца  $h_{\text{БК}}$

над горизонтом. Тогда минимальная высота стены ( $x$ ), расположенной на расстоянии  $L$  от корней растения, определяется из условия:

$$\operatorname{tg} h = \frac{x}{L}$$
$$\operatorname{tg} 58.5^\circ = \frac{x}{2 \text{ м}}$$

Отсюда получим  $x = 326$  см.

## Задание № 5.2

---

### Условие:

Угол наклона эклиптики к экватору равен примерно  $23.5^\circ$ . Чему равно максимальное значение склонения Солнца в течение года?

### Ответ:

- $-66.5^\circ$
- $-23.5^\circ$
- $-11.7^\circ$
- $0^\circ$
- $+11.7^\circ$
- $+23.5^\circ$
- $+66.5^\circ$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

### Условие:

В какой день склонение Солнца достигает своего максимального значения?

### Ответ:

- День весеннего равноденствия
- День осеннего равноденствия
- День летнего солнцестояния
- День зимнего солнцестояния

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Один садовод взялся разводить теневыносливое растение, условие успешного роста которого заключалось в том, чтобы летом на его околокорневую часть не попадали прямые солнечные лучи. Определите минимальную высоту стены, которую надо поставить вокруг растения на расстоянии 1 метр, чтобы гарантировать тень у его корней на протяжении всего лета. Садовод живёт под Армавиром (широта  $45^\circ$ ). Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** 254**Точное совпадение ответа — 7 баллов****Максимальный балл за задание — 12 баллов***Решение по аналогии с заданием № 5.1.*



### Задание № 5.3

---

**Условие:**

Угол наклона эклиптики к экватору равен примерно  $23.5^\circ$ . Чему равно максимальное значение склонения Солнца в течение года?

**Ответ:**

- $-47^\circ$
- $-23.5^\circ$
- $-11.7^\circ$
- $0^\circ$
- $+11.7^\circ$
- $+23.5^\circ$
- $+66.5^\circ$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

В какой день склонение Солнца достигает своего максимального значения?

**Ответ:**

- День весеннего равноденствия
- День осеннего равноденствия
- День летнего солнцестояния
- День зимнего солнцестояния

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Один садовод взялся разводить теневыносливое растение, условие успешного роста которого заключалось в том, чтобы летом на его околокорневую часть не попадали прямые солнечные лучи. Определите минимальную высоту стены, которую надо поставить вокруг растения на расстоянии 2 метра, чтобы гарантировать тень у его корней на протяжении всего лета. Садовод живёт под Санкт-Петербургом (широта  $60^\circ$ ). Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** 270**Точное совпадение ответа — 7 баллов****Максимальный балл за задание — 12 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 5.1.*

### Задание № 5.4

---

**Условие:**

Угол наклона эклиптики к экватору равен примерно  $23.5^\circ$ . Чему равно максимальное значение склонения Солнца в течение года?

**Ответ:**

- $-66.5^\circ$
- $-23.5^\circ$
- $-11.7^\circ$
- $0^\circ$
- $+11.7^\circ$
- $+23.5^\circ$
- $+47^\circ$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

В какой день склонение Солнца достигает своего максимального значения?

**Ответ:**

- День весеннего равноденствия
- День осеннего равноденствия
- День летнего солнцестояния
- День зимнего солнцестояния

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Один садовод взялся разводить теневыносливое растение, условие успешного роста которого заключалось в том, чтобы летом на его околокорневую часть не попадали прямые солнечные лучи. Определите минимальную высоту стены, которую надо поставить вокруг растения на расстоянии 1.5 метра, чтобы гарантировать тень у его корней на протяжении всего лета. Садовод живёт под Тюменью (широта  $57^\circ$ ). Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** 227**Точное совпадение ответа — 7 баллов****Максимальный балл за задание — 12 баллов***Решение по аналогии с заданием № 5.1.*

### Задание № 6.1

---

**Условие:**

Известно, что 3-й закон Кеплера, связывающий периоды обращения планет с размерами больших полуосей их орбит, записывается в виде:

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3.$$

Рассмотрим астероид  $N_1$ , делающий полный оборот вокруг Солнца за 4 года, и астероид  $N_2$ , движущийся по круговой орбите радиусом 2.2 а.е.

**Условие:**

Во сколько раз будут отличаться периоды обращения астероидов  $N_1$  и  $N_2$ ?  
Ответ округлите до десятых.

**Ответ:** 1.2

**Точное совпадение ответа — 7 баллов**

**Условие:**

Между орбитами каких планет находится орбита астероида  $N_1$ ?

**Ответ:**

- Меркурий (радиус орбиты 59 млн км)
- Венера (радиус орбиты 107 млн км)
- Земля (радиус орбиты 150 млн км)
- Марс (радиус орбиты 228 млн км)
- Юпитер (радиус орбиты 780 млн км)
- Сатурн (радиус орбиты 1.43 млрд км)
- Уран (радиус орбиты 2.88 млрд км)
- Нептун (радиус орбиты 4.5 млрд км)

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

К какой области Солнечной системы принадлежит указанный астероид?

**Ответ:**

- Пояс Койпера
- Облако Оорта
- ✓ Главный пояс астероидов

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 13 баллов**

*Решение.*

А) Сравним движение астероида  $N_2$  и Земли вокруг Солнца. Так как радиус орбиты дан в астрономических единицах, то по 3-му закону Кеплера период астероида  $N_2$  в земных годах будет равен  $T_2 = a_2^{3/2} = 3.26$  года. Значит, отношение периодов астероидов будет равно  $4/3.26 \approx 1.2$ .

В) Определим радиус орбиты астероида  $N_1$ , опять же сравнивая его движение с движением Земли вокруг Солнца.  $a_1 = T_1^{2/3} = 2.5$  а. е. = 378 млн км. То есть, орбита расположена между орбитами Марса и Юпитера.

С) Известно, что главный пояс астероидов находится между орбитами Юпитера (большая полуось 5 а.е.) и Марса (большая полуось 1.5 а.е.). Таким образом, астероид  $N_1$  принадлежит главному поясу астероидов.

## Задание № 6.2

---

### Условие:

Известно, что 3-й закон Кеплера, связывающий периоды обращения планет с размерами больших полуосей их орбит, записывается в виде:

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3.$$

Рассмотрим астероид  $N_1$ , делающий полный оборот вокруг Солнца за 5 лет, и астероид  $N_2$ , движущийся по круговой орбите радиусом 2.2 а.е.

### Условие:

Во сколько раз будут отличаться периоды обращения астероидов  $N_1$  и  $N_2$ ?  
Ответ округлите до десятых.

**Ответ:** [1.5, 1.55]

**Точное совпадение ответа — 7 баллов**

### Условие:

Между орбитами каких планет находится орбита астероида  $N_1$ ?

### Ответ:

- Меркурий (радиус орбиты 59 млн км)
- Венера (радиус орбиты 107 млн км)
- Земля (радиус орбиты 150 млн км)
- Марс (радиус орбиты 228 млн км)
- Юпитер (радиус орбиты 780 млн км)
- Сатурн (радиус орбиты 1.43 млрд км)
- Уран (радиус орбиты 2.88 млрд км)
- Нептун (радиус орбиты 4.5 млрд км)
- Дальше Нептуна

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

К какой области Солнечной системы принадлежит указанный астероид?

**Ответ:**

- Пояс Койпера
- Облако Оорта
- Главный пояс астероидов

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 13 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 6.1.*



### Задание № 6.3

---

**Условие:**

Известно, что 3-й закон Кеплера, связывающий периоды обращения планет с размерами больших полуосей их орбит, записывается в виде:

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3.$$

Рассмотрим астероид  $N_1$ , делающий полный оборот вокруг Солнца за 7 лет, и астероид  $N_2$ , движущийся по круговой орбите радиусом 3.2 а.е.

**Условие:**

Во сколько раз будут отличаться периоды обращения астероидов  $N_1$  и  $N_2$ ?  
Ответ округлите до десятых.

**Ответ:** 1.2

**Точное совпадение ответа — 7 баллов**

**Условие:**

Между орбитами каких планет находится орбита астероида  $N_1$ ?

**Ответ:**

- Меркурий (радиус орбиты 59 млн км)
- Венера (радиус орбиты 107 млн км)
- Земля (радиус орбиты 150 млн км)
- Марс (радиус орбиты 228 млн км)
- Юпитер (радиус орбиты 780 млн км)
- Сатурн (радиус орбиты 1.43 млрд км)
- Уран (радиус орбиты 2.88 млрд км)
- Нептун (радиус орбиты 4.5 млрд км)

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

К какой области Солнечной системы принадлежит указанный астероид?

**Ответ:**

- Пояс Койпера
- Облако Оорта
- Главный пояс астероидов

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 13 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 6.1.*

### Задание № 6.4

---

**Условие:**

Известно, что 3-й закон Кеплера, связывающий периоды обращения планет с размерами больших полуосей их орбит, записывается в виде:

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^3.$$

Рассмотрим астероид  $N_1$ , делающий полный оборот вокруг Солнца за 5 лет, и астероид  $N_2$ , движущийся по круговой орбите радиусом 0.7 а.е.

**Условие:**

Во сколько раз будут отличаться периоды обращения астероидов  $N_1$  и  $N_2$ ?  
Ответ округлите до десятых.

**Ответ:** [8.4, 8.6]

**Точное совпадение ответа — 7 баллов**

**Условие:**

Между орбитами каких планет находится орбита астероида  $N_1$ ?

**Ответ:**

- Меркурий (радиус орбиты 59 млн км)
- Венера (радиус орбиты 107 млн км)
- Земля (радиус орбиты 150 млн км)
- Марс (радиус орбиты 228 млн км)
- Юпитер (радиус орбиты 780 млн км)
- Сатурн (радиус орбиты 1.43 млрд км)
- Уран (радиус орбиты 2.88 млрд км)
- Нептун (радиус орбиты 4.5 млрд км)

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

К какой области Солнечной системы принадлежит указанный астероид?

**Ответ:**

- Пояс Койпера
- Облако Оорта
- Главный пояс астероидов

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 13 баллов**

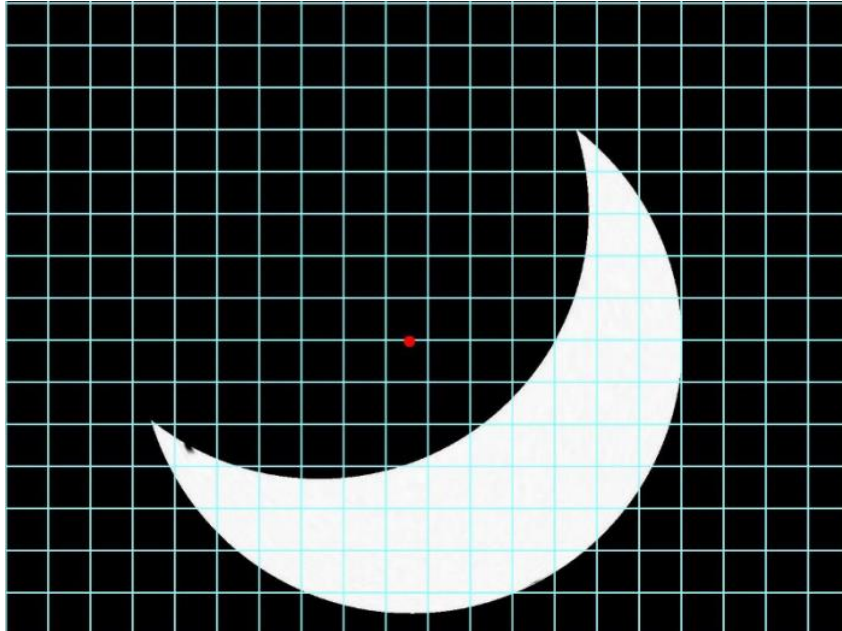
*Решение по аналогии с заданием № 6.1.*

## Задание № 7

---

### Общее условие:

Дана зарисовка затмения, сделанная во время его максимальной фазы в одном из городов России.



### Условие:

Какой тип затмения наблюдался в этом городе?

### Ответ:

- Полное лунное затмение
- Частное лунное затмение
- Полутеневое лунное затмение
- Частное солнечное затмение
- Полное солнечное затмение
- Невозможно выбрать

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

В какой фазе находилась Луна во время зарисовки?

**Ответ:**

- Полнолуние
- Новолуние
- Первая четверть
- Последняя четверть

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Условие:**

Могла ли наблюдаться солнечная корона в этом городе?

**Ответ:**

- Да
- Нет
- Её можно было увидеть только с использованием тёмного светофильтра

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Вычислите фазу затмения, представленную на зарисовке (центр светлого диска отмечен красной точкой).

**Примечание.** Фаза затмения — это закрытая доля диаметра затмеваемого тела. Фаза 0 — затмение отсутствует, фаза 1 — полное затмение. Требуемая относительная точность не хуже 10 %.

**Ответ:** 0.7

**Точное совпадение ответа — 7 баллов**

**Максимальный балл за задание — 15 баллов**

*Решение.*

А) Полутеневым лунным затмением, когда полная Луна входит в полутень Земли, представленная картинка быть не может, т.к. в этом случае яркость затмеваемого участка лунного диска падает незначительно, и Луна выглядит, как полная. В случае лунного затмения Луна частично (или полностью) заходит в тень Земли (причём угловой радиус тени Земли примерно в 2.6 раза больше, чем у Луны). Из рисунка видно, что радиус светлого диска и радиус темного диска почти одинаковы. Значит мы наблюдаем одну из фаз солнечного затмения. В случае солнечного затмения часть Солнца закрывается Луной (причём угловые радиусы Луны и Солнца практически одинаковы). Оно может быть полным, частным или кольцеобразным. В условии сказано, что на зарисовке приведена максимальная для данного пункта Земли фаза. Это значит, что в дальнейшем фаза будет уменьшаться и затмение закончится. Т.е. на рисунке показано частное солнечное затмение.

В) Во время солнечного затмения Луна располагается между Солнцем и Землей, а значит, к Земле она обращена неосвещенной стороной. Т.е. во время зарисовки Луна была в фазе новолуния.

С) На рисунке показана максимальная фаза затмения. Затмение было частным, полной фазы в данном пункте не наблюдалось. Поэтому увидеть солнечную корону было нельзя (она видна только во время полного солнечного затмения).

Д) Так как на рисунке отмечен центр светлого диска, можно легко померить радиус светлого диска  $R$ , а также ширину светлого «месяца» в его самой широкой его части  $b$ . Тогда значение фазы определяется отношением

$$\frac{2R-b}{2R} \approx 0.7.$$

### Задание № 8.1

---

**Общее условие:**

Переменная звезда V Лебеда по радиусу в 800 раз превосходит Солнце. Она окружена пылевой оболочкой с внутренним радиусом 12 а.е. Радиус Солнца равен 700000 км.

**Условие:**

Выразите внутренний радиус оболочки в радиусах звезды, округлите до десятых.

**Ответ:** [3.16; 3.26]

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

**Условие:**

Расстояние до V Лебеда равно 540 пк. Чему равен угловой радиус внутренней части пылевой оболочки? Ответ выразите в угловых секундах, округлите до тысячных.

**Ответ:** [0.018; 0.026]

**Точное совпадение ответа — 6 баллов**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение.*

А) Выразим внутренний радиус оболочки и радиус звезды в одних единицах. Например, в километрах:  $R_{in} = 12 \cdot 150 \text{ млн км} = 1.8 \text{ млрд км}$ ,  $R_* = 800 \cdot 700 \text{ 000} = 0.56 \text{ млрд км}$ . Отсюда ответ:  $1.8 / 0.56 = 3.2$ .



В) Получить ответ можно разными способами. Один из них таков: мы знаем, что с расстояния 1 пк радиус орбиты Земли (т.е. 1 а.е.) виден под углом 1". Размеры оболочки в 12 раз больше радиуса орбиты Земли, а расстояние до  $V$  Лебедя в 540 раз больше 1 парсека. Значит, угол будет в 12 больше, чем 1" из-за первого фактора, и меньше в 540 раз из-за второго. Ответ:  $1" \cdot 12/540 \approx 0.022"$ .

## Задание № 8.2

---

### **Общее условие:**

Переменная звезда по радиусу в 1000 раз превосходит Солнце. Она окружена пылевой оболочкой с внутренним радиусом 15 а.е. Радиус Солнца равен 700000 км.

### **Условие:**

Выразите внутренний радиус оболочки в радиусах звезды, округлите до десятых.

**Ответ:** [3.15; 3.25]

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

### **Условие:**

Расстояние до этой звезды равно 450 пк. Чему равен угловой радиус внутренней части пылевой оболочки? Ответ выразите в угловых секундах, округлите до тысячных.

**Ответ:** [0.03; 0.035]

**Точное совпадение ответа — 6 баллов**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 8.1.*

### Задание № 8.3

---

**Общее условие:**

Переменная звезда по радиусу в 700 раз превосходит Солнце. Она окружена пылевой оболочкой с внутренним радиусом 14 а.е. Радиус Солнца равен 700000 км.

**Условие:**

Выразите внутренний радиус оболочки в радиусах звезды, округлите до десятых.

**Ответ:** [4.25; 4.35]

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

**Условие:**

Расстояние до этой звезды равно 590 пк. Чему равен угловой радиус внутренней части пылевой оболочки? Ответ выразите в угловых секундах, округлите до тысячных.

**Ответ:** [0.022; 0.026]

**Точное совпадение ответа — 6 баллов**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 8.1.*

## Задание № 8.4

---

### **Общее условие:**

Переменная звезда по радиусу в 900 раз превосходит Солнце. Она окружена пылевой оболочкой с внутренним радиусом 16 а.е. Радиус Солнца равен 700000 км.

### **Условие:**

Выразите внутренний радиус оболочки в радиусах звезды, округлите до десятых.

**Ответ:** [3.75; 3.85]

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

### **Условие:**

Расстояние до этой звезды равно 750 пк. Чему равен угловой радиус внутренней части пылевой оболочки? Ответ выразите в угловых секундах, округлите до тысячных.

**Ответ:** [0.018; 0.023]

**Точное совпадение ответа — 6 баллов**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 8.1.*

## Задание № 9.1

---

### Условие:

Известно, что между двумя последовательными максимумами блеска одного астрономического объекта проходит ровно 5 суток и 4 часа. Один из максимумов наблюдался в полночь 5 декабря 1990 г. (юлианская дата  $JD_1 = 2448230.4$ ), а ещё один не так давно — в 20 ч 1 апреля 2023 г. (юлианская дата  $JD_2 = 2460036.2$ ). Сколько раз между этими двумя датами блеск объекта достигал своего максимума?

**Ответ:** [2282; 2286]

**Точное совпадение ответа — 10 баллов**

### Решение.

Получить ответ в этой задаче можно двумя способами — через подсчёт по календарю дней, прошедших между двумя датами, или с использованием понятия юлианской даты. Решим задачу обоими способами.

*1 способ.* Между концом 1990 и началом 2023 г. прошло 32 года или  $32 \cdot 365.25 = 11688$  дней. Добавим к ним 27 дней декабря 1990 г. и 90 дней, прошедших от начала 2023 г. до 1 апреля 2023 г. Получится, что между двумя наблюдениями объекта прошло  $\Delta T = 11805$  дня. Дополнительно можно учесть 20ч, прошедших от полуночи до момента наблюдений (добавка составит примерно 0.8 суток). Полученный ответ может отличаться от верного из-за того, что мы не проводили точного подсчёта числа високосных/не високосных лет, взяв среднее значение длительности года.

*2 способ.* Число дней, прошедшее между моментами двух наблюдений, равно разности юлианских дат, в которые эти наблюдения были проведены:

$\Delta T = 2460036.2 - 2448230.4 = 11805.8$  дня. Это точный ответ, который, как мы видим, практически не отличается от полученного в первом способе значения.

Длительность периода изменения блеска объекта равна  $P = 5.1(6)$  суток. Отсюда можно вычислить число полных периодов, прошедших между моментами измерений:  $N = \Delta T / P = 2285$ . Это значит, что число максимумов, наблюдавшихся между двумя датами, равно 2284.

Использование менее точного 1 способа приводит к числу периодов  $N = 2284.64$ . Что даёт такое же число максимумов, наблюдавшихся за это время.

## Задание № 9.2

---

### Условие:

Известно, что между двумя последовательными максимумами блеска одного астрономического объекта проходит ровно 4 суток и 4 часа. Один из максимумов наблюдался в полночь 5 декабря 1990 г. (юлианская дата  $JD_1 = 2448230.4$ ), а ещё один не так давно — в 20 ч 1 апреля 2023 г. (юлианская дата  $JD_2 = 2460036.2$ ). Сколько раз между этими двумя датами блеск объекта достигал своего максимума?

**Ответ:** [2831; 2235]

**Точное совпадение ответа — 10 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 9.1.*

### Задание № 9.3

---

**Условие:**

Известно, что между двумя последовательными максимумами блеска одного астрономического объекта проходит ровно 6 суток и 6 часов. Один из максимумов наблюдался в полночь 5 декабря 1990 г. (юлианская дата  $JD_1 = 2448230.4$ ), а ещё один не так давно — в 20 ч 1 апреля 2023 г. (юлианская дата  $JD_2 = 2460036.2$ ). Сколько раз между этими двумя датами блеск объекта достигал своего максимума?

**Ответ:** [1886; 1890]

**Точное совпадение ответа — 10 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 9.1.*



## Задание № 9.4

---

### Условие:

Известно, что между двумя последовательными максимумами блеска одного астрономического объекта проходит ровно 6 суток и 2 часа. Один из максимумов наблюдался в полночь 5 декабря 1990 г. (юлианская дата  $JD_1 = 2448230.4$ ), а ещё один не так давно — в 20 ч 1 апреля 2023 г. (юлианская дата  $JD_2 = 2460036.2$ ). Сколько раз между этими двумя датами блеск объекта достигал своего максимума?

**Ответ:** [1938; 1942]

**Точное совпадение ответа — 10 баллов**

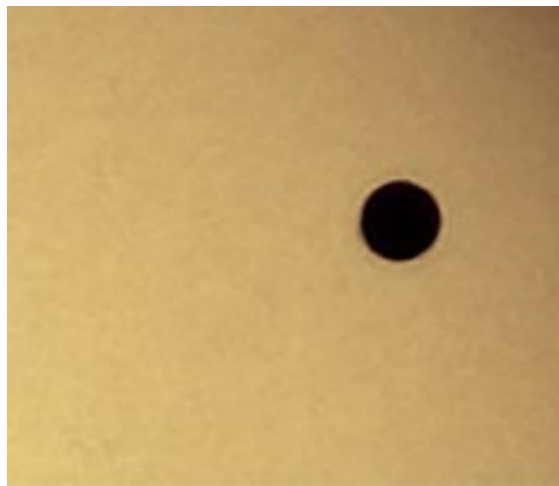
*Решение по аналогии с заданием № 9.1.*

## Задание № 10

---

### Общее условие:

На фотографии, полученной с Земли, показана Венера в некоторый момент времени, когда планета оказалась повернута неосвещённой стороной к наблюдателю. Известно, что радиус Венеры составляет 6000 км, радиус её орбиты равен 0.72 а.е. Орбиты Земли и Венеры считайте круговыми.



### Условие:

Вычислите расстояние между Венерой и Землёй в момент наблюдения. Ответ выразите в миллионах километров, округлите до целых.

**Ответ: 42**

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

### Условие:

Вычислите угловой диаметр Венеры в момент наблюдения. Ответ выразите в угловых секундах, округлите до целых.

**Ответ: 59**

**Точное совпадение ответа — 7 баллов**

**Максимальный балл за задание — 10 баллов**

*Решение.*

- А) На фотографии показан момент прохождения Венеры по диску Солнца. Расстояние от Земли до Венеры в этот момент равно 1 а.е. – 0.72 а.е. = 0.28 а.е. = 42 млн км.
- В) Угловой диаметр в радианах равен диаметру Венеры, поделенному на расстояние до неё:  $12000 \text{ км} / 42 \text{ млн км} \approx 2.86 \cdot 10^{-4}$  рад. В одном радиане содержится  $(360/2\pi) \cdot 3600 \approx 206\,265$  угловых секунд. Значит, угловой диаметр Венеры составляет 59".