

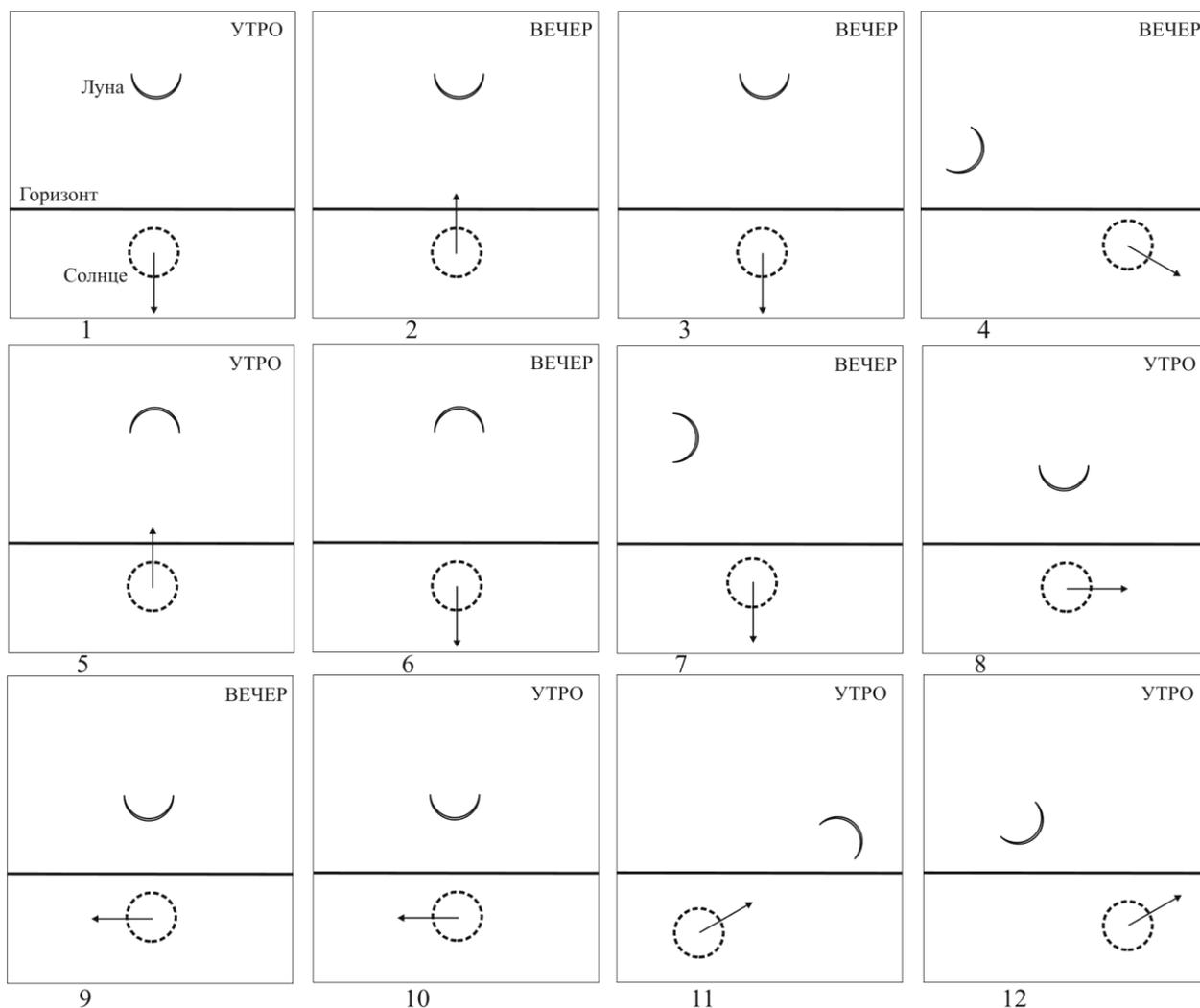
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
 АСТРОНОМИЯ. 2023–2024 уч. г.  
 МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 7 КЛАСС

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

**Максимальный балл за работу – 44.**

**Задача № 1**

На рисунке представлены 12 зарисовок положения Солнца, тонкого серпа Луны и горизонта. На каждой зарисовке подписано время (утро или вечер) и стрелкой показано примерное направление, в котором двигалось Солнце для наблюдателя. Размеры Солнца и Луны на картинках искусственно увеличены.



Сопоставьте картинку с одним из вариантов.

- А) Такая картина могла бы наблюдаться на экваторе.
- Б) Такая картина могла бы наблюдаться на Северном полюсе.
- В) Такая картина могла бы наблюдаться в средних широтах Северного полушария.
- Г) Такая картина не может наблюдаться ни в одном из указанных выше пунктов.

**Ответ:**

- А) 3
- Б) 8
- В) 4, 12
- Г) 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11

### **Критерии оценивания**

За каждый верно распределённый по пунктам номер зарисовки **+1 балл**.  
При указании в пункте Г всех ответов 1 – 12 за задачу выставляется **0 баллов**.

*Максимум за задачу 12 баллов.*

### **Задача № 2**

Сопоставьте два списка. В одном приведены астрономические объекты, в другом – примерные диаметры, выраженные в различных единицах. Радиус Луны равен 1700 км, радиус Солнца равен 700 000 км, радиус Юпитера равен 71 500 км.

<b>Объект</b>	<b>Размер</b>
А) туманность Андромеды	1) 70 000 пк
Б) Солнце	2) 1 400 000 000 м
В) Юпитер	3) 22 радиуса Земли
Г) Луна	4) 3400 км
Д) планетарная туманность Кольцо	5) 95 000 а. е.
Е) Земля	6) $8,53 \cdot 10^{-5}$ а. е.

**Ответ:** А-1, Б-2, В-3, Г-4, Д-5, Е-6

### **Критерии оценивания**

За каждую верную пару **+1 балл**.

*Максимум за задачу 6 баллов.*

### **Задачи № 3-5**

На экваторе Земли высота некоторой звезды в верхней кульминации равна  $+58^\circ$ .

**№3.** Будет ли эта звезда наблюдаться над горизонтом в этот момент?

- да
- нет
- не хватает данных для ответа

**№4.** Чему будет равна высота этой звезды в нижней кульминации?

- 1)  $+58^\circ$
- 2)  $+32^\circ$
- 3)  $+42^\circ$
- 4)  $-58^\circ$
- 5)  $-32^\circ$
- 6)  $-42^\circ$
- 7)  $0^\circ$

**№5.** По какой линии будет двигаться эта звезда в течение суток?

- 1) суточная параллель
- 2) круг высоты
- 3) небесный меридиан
- 4) небесный экватор
- 5) круг склонений
- 6) ось мира
- 7) полуденная линия

### Критерии оценивания

№3. За верный ответ **+2 балла**.

№4. За верный ответ **+4 балла**.

№5. За верный ответ **+2 балла**.

### Решение

В своих верхних кульминациях на экваторе могут наблюдаться все небесные объекты.

На экваторе Земли все звёзды восходят и заходят. Это значит, что у всех звёзд нижние кульминации наблюдаются под горизонтом. Исходя из симметрии картины, для каждой звезды высота в нижней кульминации будет по модулю равна высоте в верхней кульминации, но знак будет «минус», т. е. искомая высота равна  $-58^\circ$ .

Этот же ответ можно получить из анализа стандартного рисунка небесной сферы.

Кроме того, можно воспользоваться формулами для высоты в кульминациях. В верхней кульминации  $h = 90^\circ - \varphi + \delta$  либо  $h = 90^\circ + \varphi - \delta$ . Так как наблюдения проводятся на экваторе, то  $\varphi = 0$  и  $\delta = h - 90^\circ$  либо  $\delta = 90^\circ - h$ . Таким образом, склонение звезды равно либо  $+32^\circ$ , либо  $-32^\circ$ .

Высота в нижней кульминации для случая  $\varphi = 0$  равна  $h_{\text{н}} = -90^\circ \pm \delta$ . Подставив в формулу  $\delta = +32^\circ$  (при этом в формуле перед  $\delta$  надо использовать «+»), получим высоту в нижней кульминации  $-58^\circ$ . Подставив

$\delta = -32^\circ$  (при этом в формуле перед  $\delta$  надо использовать «-»), получим высоту в нижней кульминации также  $-58^\circ$ .

***Максимум за задачи 8 баллов.***

### Задачи № 6-8

Перед Вами снимок, полученный фотографом во Франции.



**№6.** Какое явление запечатлено на снимке?

- 1) восход Луны
- 2) заход Луны
- 3) ни заход, ни восход Луны такую картину дать не могут
- 4) не хватает данных для выбора

**№7.** Луна на снимке растущая или стареющая?

- 1) растущая
- 2) стареющая
- 3) не хватает данных для выбора

**№8.** Зная, что фотограф находился в 1000 метрах от маяка, определите высоту этого сооружения. Ответ приведите в метрах и округлите до целого.

**Ответ:** 44

### Критерии оценивания

№6. За верный ответ +2 балла.

№7. За верный ответ +2 балла.

№8. За попадание в интервал [35,52] +6 баллов.

### Решение

Найдём высоту маяка. Возможны разные пути решения задачи. Ниже представлен лишь один из них. Участники могут использовать, например, тригонометрические функции. Можно воспользоваться пропорцией, связывающей различные линейные размеры.

Итак, определим видимые угловые размеры маяка. Известно, что угловой диаметр Луны близок к  $\alpha = 0,5^\circ$ . Эту величину можно помнить, а можно найти, зная диаметр Луны и расстояние до неё:  $\alpha = \frac{D}{L} = \frac{3400}{384400}$  рад  $\approx 0,5^\circ$ .

Чтобы перевести угловые размеры из радианной меры в градусную, можно воспользоваться известным соотношением  $360^\circ = 2\pi$  рад, откуда  $1 \text{ рад} \approx 57,29^\circ$  или любым другим соотношением, известным участнику. Луна послужит нам своеобразной линейкой – измерим размеры (высоту) маяка на приведённом снимке (в мм), измерим размеры (диаметр) Луны на снимке (в мм), и найдём их отношение  $n \approx 5$  (значение, которое может встретиться в решениях участников, зависит прежде всего от того, как была измерена высота маяка на снимке – можно выбрать различные точки начала и конца изображения маяка; однако величина  $n$  должна лежать в пределах от 4 до 6). Угловые размеры маяка для фотографа были равны  $\beta = 0,5^\circ n = 2,5^\circ$ .

Зная угловые размеры тела и расстояние до него, можно найти его линейные размеры:  $h = \beta \cdot x$ . Угол  $\beta$  здесь должен быть выражен в радианах.

Подставляя значения, получим  $h \approx 44$  м (для допустимого диапазона  $n$  ответ будет лежать в диапазоне 35..52 м).

**Максимум за задачи 10 баллов.**

### Задачи № 9-11

В таблице приведены параметры астероидов, характеризующие их орбиты. Орбиты всех тел считать круговыми и лежащими в плоскости эклиптики. Для справки: 1 а.е. = 150 млн км.

Астероид №	Свойство орбиты астероида
1	Внешняя орбита (по отношению к земной). Минимальное расстояние до Земли 50 млн км.
2	Радиус орбиты 1,2 а. е.
3	Максимальное расстояние до Земли 450 млн км.
4	Радиус орбиты 0,82 а. е.

**№9.** Какой из перечисленных астероидов может сильнее других приближаться к Земле?

**Ответ:** 4

**№10.** Какой из перечисленных астероидов для наземного наблюдателя в ходе орбитального движения изменяет свой видимый угловой диаметр сильнее всего (в большее число раз)?

**Ответ:** 2

**№11.** Какой из перечисленных астероидов для земного наблюдателя никогда не бывает в противостоянии?

**Ответ:** 4

### Критерии оценивания

№9. За верный выбор +2 балла.

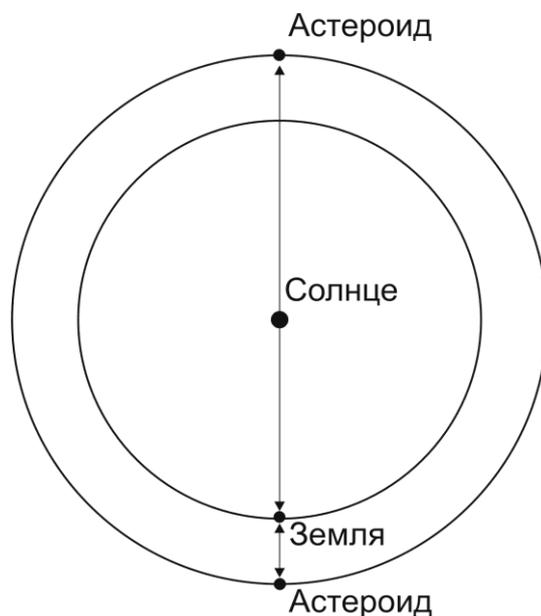
№10. За верный выбор +4 балла.

№11. За верный выбор +2 балла.

### Решение

Угловой размер  $\alpha$  вычисляется по формуле  $\alpha = \frac{r}{R}$ , где  $r$  – диаметр тела, а  $R$  – расстояние до него от наблюдателя. Максимальным угловой размер будет в самой близкой к наблюдателю точке орбиты, а минимальным – в наиболее удалённой.

Таким образом, чтобы найти, в какое



максимальное число раз изменится угловой размер в ходе орбитального движения (астероида и Земли) надо найти отношение расстояний в указанных двух точках. И выбрать тот астероид, у которого оно максимально.

Обратите внимание, что про астероид №3 не сказано, внешний он или внутренний. Однако надо понимать, что в обоих случаях максимальным будет расстояние в верхнем соединении (т.е. когда объект находится за Солнцем). Рассмотрим 2 случая:

- 1) астероид внешний. В этом случае в противостоянии будет расстояние 1 а.е. (т.к. в соединении по условию было 3 а.е.);
- 2) астероид внутренний. Но тогда, чтобы за Солнцем оказаться на расстоянии в 3 а.е. от Земли, он должен будет уйти за орбиту Земли. Это противоречит условию – значит, астероид внешний.

Переведём все заданные в условии единицы в а.е., вычислим для каждого астероида максимальное и минимальное расстояния, а также отношение  $R_{\max}/R_{\min}$  и (для удобства) заполним таблицу:

№	$R_{\min}$	$R_{\max}$	$R_{\max}/R_{\min}$
1	$\approx 0,33$ а.е.	$\approx 2,33$ а.е.	7
2	0,2 а.е.	2,2 а.е.	11
3	1 а.е.	3 а.е.	3
4	0,18 а.е.	1,82 а.е.	10

Отношение  $R_{\max}/R_{\min}$  максимально для астероида №2. Именно он и будет показывать самое большое (в числе раз) изменение углового диаметра в ходе своего орбитального движения.

На самом деле можно было не проводить вычисления для всех тел из таблицы. Можно увидеть, что максимальное изменение углового размера показывают лишь тела, проходящие наиболее близко к Земле (очень далёкие планеты, например, Уран или Нептун, всегда видны с Земли практически под одним углом). Поэтому достаточно было бы сравнить между собой астероиды №2 и №4.

Действительно, можно записать отношение  $R_{\max}/R_{\min}$  для внешних планет так:  $\frac{R_{\max}}{R_{\min}} = \frac{a+1 \text{ а.е.}}{a-1 \text{ а.е.}}$ , где  $a$  – большая полуось орбиты планеты. Видно, что по мере роста  $a$  приведённое отношение будет стремиться к 1 (т. е. угловой размер будет меняться всё меньше и меньше). Аналогичное соотношение для внутренних планет:  $\frac{R_{\max}}{R_{\min}} = \frac{a+1 \text{ а.е.}}{1 \text{ а.е.}-a}$ . По мере уменьшения размера орбиты отношение также стремится к 1.

В противостоянии нельзя наблюдать внутренние тела, орбиты которых лежат внутри орбиты Земли. Из перечисленных в таблице астероидов под это условие подходит только астероид №4.

**Максимум за задачи 8 баллов.**

**Максимальный балл за работу – 44.**