

# ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИИ

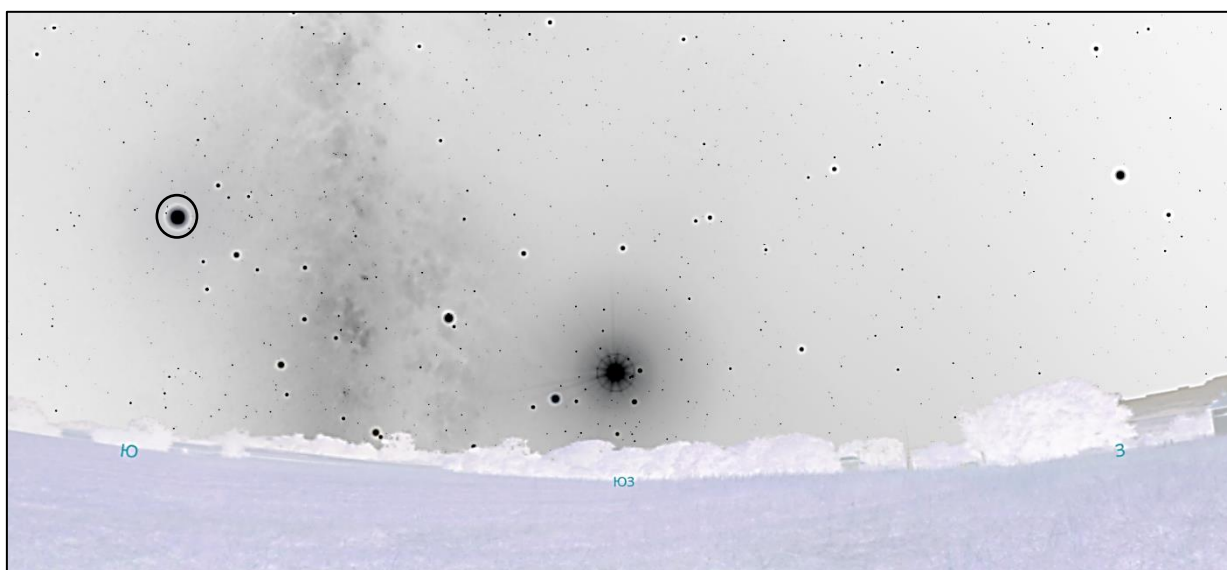
муниципальный этап  
2024-2025 учебного года,

9 класс

Ответы и критерии оценивания

Максимум 48 баллов, каждое задание 8 баллов

**Задание 1. (8б.)** Известно, что небо Земли голубое из-за рассеяния света в атмосфере. Если бы у Земли не было атмосферы, мы бы видели днём не только Солнце, но и другие звёзды, как показано на негативе скриншота из программы-планетария Stellarium. Данный скриншот сделан для города Симферополь на день проведения олимпиады. Выберите правильные ответы на вопросы.



## Ответы:

1. Какое явление можно видеть на изображении?

- восход Солнца
- заход Солнца
- верхнюю кульминацию Солнца
- нижнюю кульминацию Солнца

2. В каком созвездии находится Солнце?

- Телец
- Лев
- Скорпион
- Водолей

3. Какой астеризм можно видеть на изображении?

- Летне-осенний треугольник
- Бабочка Ориона
- Крест Лебедя
- Чайник Стрельца

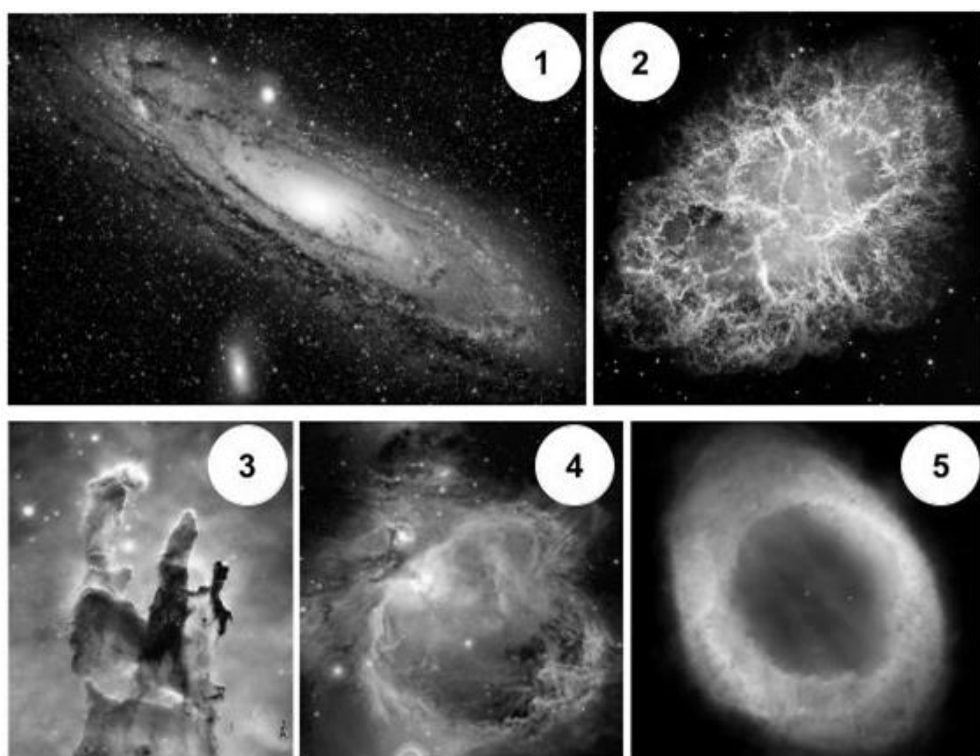
4. Как называется яркое небесное тело, обведенное в овал?

- Уран
- Церера
- Венера
- Сириус

### Ответы:

1. Заход Солнца. Зная, что небесная сфера вращается с востока на запад, и оценив стороны горизонта, становится ясно, что Солнце вскоре зайдет за горизонт. 2 балла
2. Скорпион. Это можно понять, зная конфигурацию Скорпиона или по положению Солнца на эклиптике на дату проведения тура. 2 балла
3. Чайник Стрельца. Это можно понять, зная конфигурацию Стрельца или понимая, что ни в одном другом астеризме из перечисленных Солнце не бывает никогда. 2 балла
4. Венера. Можно догадаться методом исключения. Уран и Церера слишком тусклые, а Сириус находится в противоположной части небесной сферы. 2 балла

**Задание 2. (8б.)** Термин "туманности" в настоящее время употребляется астрономами в очень узком смысле. Так называют темные или светлые газопылевые облака в галактиках. Однако, когда истинная природа туманностей была еще неизвестна, значение этого термина было весьма широким. Так назывались все небесные объекты, имеющие нечеткие очертания. К ним, как мы теперь знаем, относились галактики, звездные скопления, газопылевые облака и даже некоторые небольшие компактные группы звезд. Проведите классификацию туманностей, изображенных на фотографиях, по их типам и расположению на небе. Ответ запишите в виде последовательности символов (например, 1 А К, 2 В М и т.д.)



- А) Планетарная туманность
- Б) Тёмная туманность
- В) Галактика
- Г) Остаток сверхновой
- Д) Эмиссионная туманность

- К) Змея
- Л) Орион
- М) Лира
- Н) Андромеда
- О) Телец

**Ответы:**

1 В Н; 2 Г Т; 3 Б К; 4 Д Л; 5 А М.

**Каждое верное соответствие (буквы могут быть написаны в другом порядке, это не имеет значения) – 2 балла.**

*Если четыре тройки будут правильными, тогда пятая тройка получается верной автоматически. Если в тройке верно только одно соответствие (верно выбран тип или созвездие), то за каждое соответствие 1 балл (максимум 5 баллов).*

**Задание 3. (8б.)** Небесный экватор разделяет созвездие Орион на две части, рассекая его практически по поясу. Верхняя часть туловища этого древнегреческого охотника оказывается в Северном полушарии небесной сферы, а нижняя – в Южном. Также Орион, являясь зимним созвездием, находится на экваторе почти ровно между точками весеннего и осеннего равноденствий. Для наблюдателя из Северного полушария Земли верхняя кульминация звезды Минтака, одной из пояса Ориона, происходит на высоте  $32^\circ$ . Определите на какой широте происходят наблюдения. На какой высоте нужно искать Полярную звезду на этой широте и почему? Оцените, какое может быть максимальное расстояние от звезды до эклиптики?

**Ответ:**

Звезда, находящаяся на небесном экваторе, имеет склонение равное  $0^\circ$ . Соответственно, склонение Минтаки нужно принять равным  $0^\circ$ .

Тогда по формуле  $h = 90 - \varphi + \delta$  выразим широту:  $\varphi = 90 + \delta - h$  и при подстановке получим искомую широту места наблюдения  $\varphi = 90 + 0^\circ - 32^\circ = 58^\circ$ .

Полярную звезду нужно также искать на высоте  $58^\circ$ , поскольку высота Полярной равна широте места наблюдения. Может быть указано, что это теорема о высоте Полярной звезды или сделан рисунок, на котором показано, что углы широты и высоты Полярной равны.

Поскольку Орион расположен между точками весеннего и осеннего равноденствий, можно предположить, что прямое восхождение Минтаки составляет около  $6^h$  (на самом деле  $\sim 5,5^h$ ). Минтака, как мы поняли, располагается на небесном экваторе. А значит, кратчайшее расстояние от звезды до эклиптики, можно сравнить с расстоянием от экватора до эклиптики в день, когда Солнце имеет прямое восхождение  $6^h$ , то есть в день летнего

солнцестояния. Это расстояние равно склонению Солнца в этот день и составляет  $23.5^\circ$ . То есть оценка расстояния должна быть в диапазоне  $[20-25^\circ]$ .

### **Критерии оценивания.**

*Угадана широта без обоснования – 1 балл.*

*Приведена формула для определения широты места наблюдения – 1 балл.*

*Угадана высота Полярной звезды без обоснования – 1 балл.*

*Обосновано выбранное значение высоты Полярной звезды – 2 балла.*

*Верно оценено расстояние звезды от эклиптики – 1 балл.*

*Описаны рассуждения о прямом восхождении звезды и сравнении с положением Солнца в день летнего солнцестояния – 2 балла.*

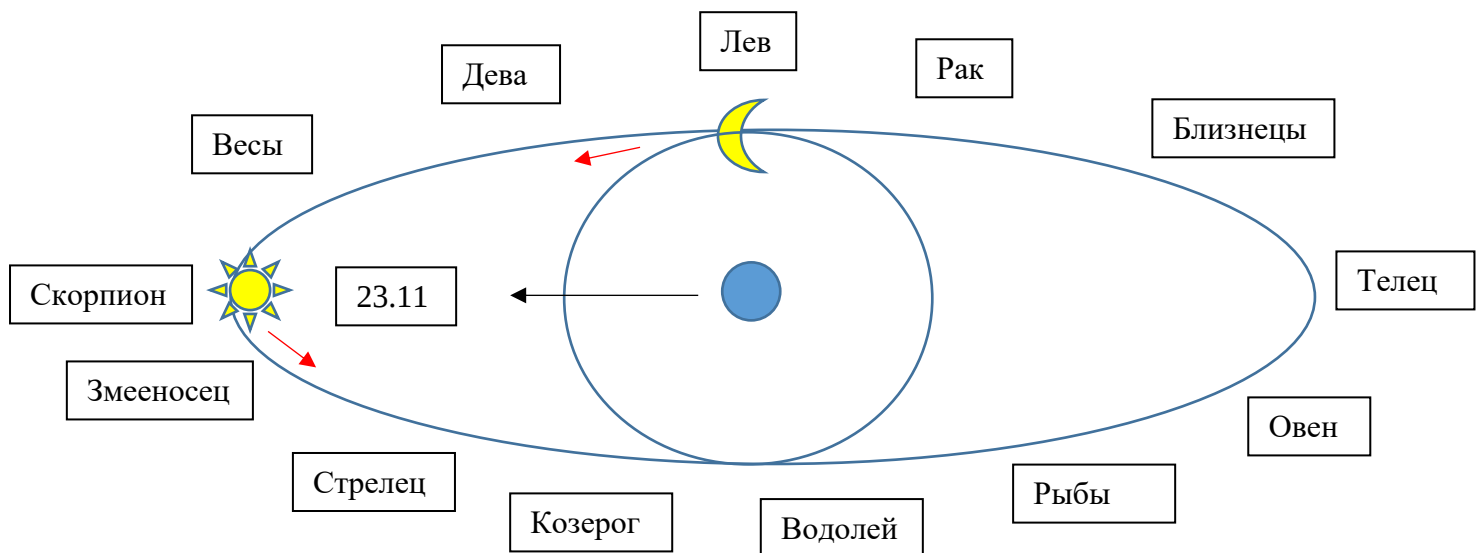
**Задание 4. (8б.)** Начинаящий любитель астрономии наблюдал Луну в Симферополе в фазе первой четверти 9 ноября 2024 года. Определите какого числа он должен запланировать наблюдения Луны в фазе третьей четверти. В какой промежуток времени в этот день Луна будет доступна для наблюдений? В каком из созвездий он будет наблюдать Луну и почему? Сделайте чертеж взаимного положения Солнца, Луны и Земли, объясняющий ответ на последний вопрос.

### **Ответ:**

Синодический период Луны (период смены фаз) равен 29.5 суток. Время от 1 четверти до 3 четверти – половина этого периода – 14.75 суток. Соответственно, необходимо прибавить 14-15 дней. Получаем дату для наблюдения 3 четверти – 23/24 ноября.

Луну в фазе 3 четверти можно наблюдать примерно с полуночи и до 12 часов дня.

23 ноября Солнце находится в Скорпионе (близко к Весам). Луна будет в той части эклиптики, где Солнце было  $\frac{1}{4}$  года назад, то есть примерно 3 месяца назад. Это созвездие Лев. Чтобы дать объяснение такому положению Солнца, Луны и Земли, необходимо сделать чертеж и подписать все зодиакальные созвездия. На чертеже должны быть показаны взаимное расположение Солнца и Луны на эклиптике в момент фазы 3 четверть. Схему не совсем верно разбивать на 12 одинаковых участков. К примеру, в Деве Солнце 45 дней, а в Скорпионе всего 7 дней. Стоит учитывать, что Солнце бывает разное количество дней в зодиакальных созвездиях, поэтому учащиеся могут неправильно определить созвездие. В размышлениях должно фигурировать понимание того, что Солнце и Луна движутся по эклиптике в одном направлении.



\* черная стрелка указывает направление на созвездие, в котором мы видим Солнце 23.11 (Скорпион)

\* красные стрелки показывают направление движения Солнца и Луны по эклипике.

### Критерии оценивания.

Угадана дата без обоснования – 1 балл.

Приведен расчет дня и указан синодический период Луны – 2 балла.

Указано время доступное для наблюдений – 2 балл.

Сделан чертеж и описаны рассуждения о движении Луны по эклипике – 2 балла.

Верно определено созвездие, в котором будет Луна (Лев) – 2 балла.

Неверно определено созвездие, в котором будет Луна, но созвездие рядом (Дева, Рак) – 1 балл

**Задание 5. (8б.)** В октябре 2024 года жители Земли наблюдали комету C/2023 A3 (Цзыцзиньшань — ATLAS). В один из удачных для наблюдений дней, 16 октября, учащиеся астрономического кружка довольно точно измерили угловые размеры комы и хвоста кометы. Они составили  $17'19''$  и  $3^\circ 47'$  соответственно. Также ребята выяснили, что расстояние до кометы в момент наблюдений было чуть большим, чем половина среднего расстояния от Земли до Солнца, и составляло 0.51 а.е. Вычислите реальные размеры комы и хвоста кометы. Ответ необходимо дать в километрах.

### Ответ:

Для вычисления размеров комы и хвоста надо воспользоваться уравнением малых углов:  $d = (\alpha * D)/206265$ , где  $d$  – линейный размер,  $\alpha$  – угловой размер,  $D$  – расстояние до объекта. 206265 – это коэффициент, который позволяет подставить угол в секундах дуги.

До подстановки необходимо перевести углы в секунды дуги, используя равенства  $1^\circ = 60'$ ,  $1' = 60''$ . Для комы угол составит  $1039''$ , для хвоста  $13620''$ .

Чтобы получить ответ в километрах, нужно либо перевести в километры расстояние до кометы до подстановки, либо полученное в а.е. расстояние перевести в километры.  $0.51 \text{ а.е.} * 150\,000\,000 \text{ км} = 76\,500\,000 \text{ км}$ .

$$d_{\text{комы}} = (\alpha * D)/206265 = (1039'' * 76\,500\,000 \text{ км})/206265 \approx 385\,000 \text{ км}.$$

$$d_{\text{хвоста}} = (\alpha * D)/206265 = (13620'' * 76\,500\,000 \text{ км})/206265 \approx 5\,000\,000 \text{ км}.$$

### Критерии оценивания.

*Приведена формула – 2 балла.*

*Верно сделан перевод углов в секунды дуги – 2 балла.*

*Верно посчитан размер комы – 2 балла.*

*Верно посчитан размер хвоста – 2 балла.*

**Задание 6. (8б.)** Корпорация “Роскосмос” планирует запустить ряд спутников на орбиту Земли с целью создания новой метеорологической сети. Орбита каждого спутника планируется круговой с высотой 480 км. Определите скорость и период обращения спутника на такой высоте. Ответ необходимо дать в часах. Сколько таких спутников нужно равноудаленно запустить на одну орбиту, чтобы не реже, чем каждые 15 минут, можно было делать замеры метеорологической ситуации над определенной местностью в момент верхней кульминации? Гравитационную постоянную считать равной  $6.67 * 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} * \text{с}^2)$ , массу Земли  $6 * 10^{24} \text{ кг}$ , радиус Земли 6400 км.

### Ответ:

На всякое тело, движущееся по круговой орбите, действует центростремительная сила. Помимо этой силы на тело действует сила всемирного тяготения со стороны Земли. Из третьего закона Ньютона получаем:

$$m \frac{v^2}{R} = G \frac{M_3 m}{R^2},$$

Причем  $R = R_{\text{Земли}} + h$  – расстояние от спутника до центра Земли.

Тогда скорость движения спутника можно найти по формуле:

$$v = \sqrt{\frac{GM_3}{R_3 + h}}$$

А период обращения спутника будет равен длине орбиты ( $L=2\pi R$ ), деленной на скорость движения:

$$T = \frac{2\pi(R_3 + h)}{v}$$

Вычисления:

$$v = \sqrt{\frac{6.67 * 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} * \text{с}^2) * 6 * 10^{24} \text{ кг}}{(6400 + 480) * 10^3 \text{ м}}} = 7.6 * 10^3 \text{ м/с}$$

$$T = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot (6400 + 480) \cdot 10^3 \text{ м}}{7.6 \cdot 10^3 \text{ м/с}} = 5685 \text{ с} \approx 1.6 \text{ ч}$$

Чтобы каждые 15 минут можно было делать замеры метеорологической ситуации над определенной местностью в момент верхней кульминации, необходимо чтобы в области зенита каждые 15 минут находился спутник. Так как период спутника составляет около 95 минут, то при делении на 15 минут, получаем 6,3 спутника. Количество спутников необходимо округлить до 7, так как при 6 спутниках будут перерывы более 15 минут.

**Критерии оценивания.**

*Приведена формула и верно посчитана скорость движения спутника по орбите – 3 балла.*

*Приведена формула и верно посчитан период обращения спутника – 3 балла.*

*Верно оценено необходимое количество спутников – 2 балла.*