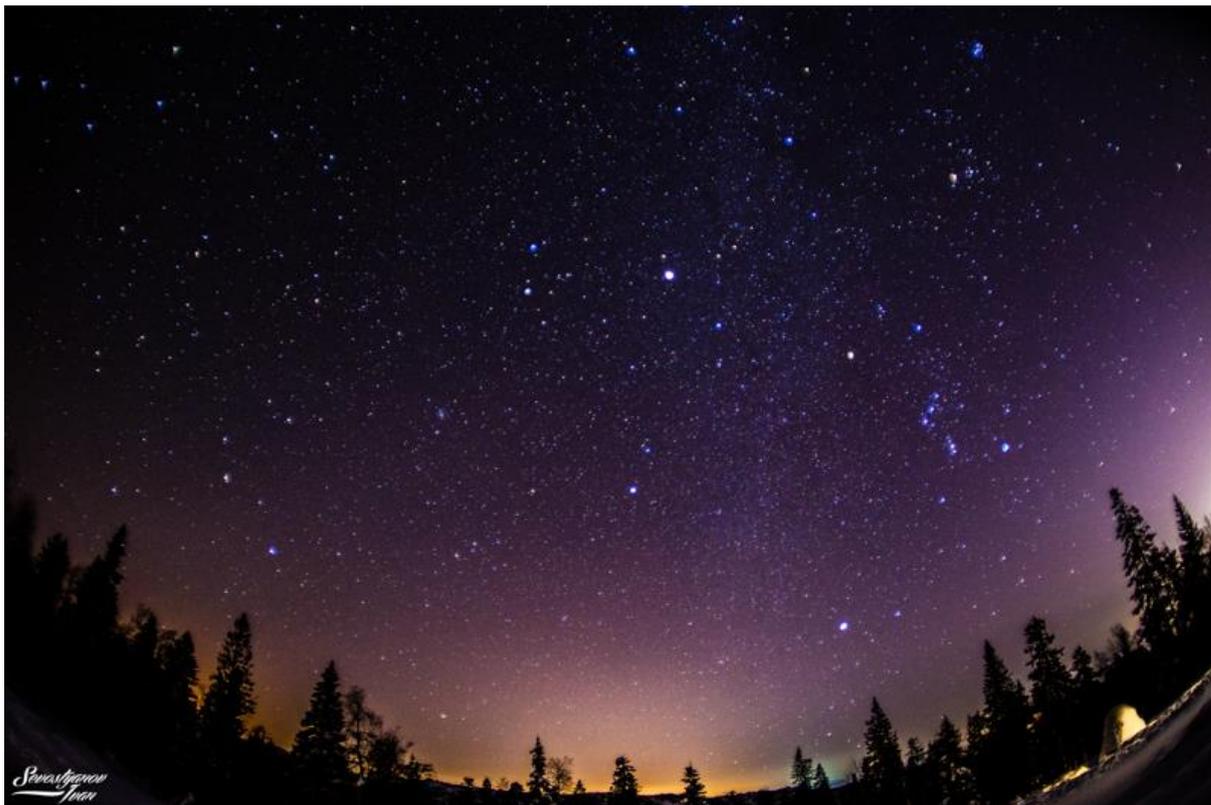


ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
АСТРОНОМИЯ. 2024–2025 УЧ. Г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС
ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальный балл за работу – 103.

Задачи 1-5

На фотографии представлен участок звёздного неба.



Автор фото Севостьянов Иван

1. Выберите из списка названия созвездий, которые можно найти на фотографии целиком или частично.

- **Большая Медведица**
- **Телец**
- **Большой Пёс**
- Лира
- Орёл
- Южный Крест
- **Близнецы**
- Стрелец

Критерии оценивания: +1 балл за каждый верный выбор, –1 балл за каждый ошибочный выбор (сумма баллов не может быть отрицательной).

2. Какие из перечисленных звёзд можно увидеть на фотографии?

- Полярная
- Вега
- **Процион**
- **Бетельгейзе**
- **Поллукс**
- **Сириус**
- **Альдебаран**
- Альтаир
- Спика
- Проксима Центавра
- Канопус

Критерии оценивания: +1 балл за каждый верный выбор, –1 балл за каждый ошибочный выбор (сумма баллов не может быть отрицательной).

3. Какие из указанных объектов можно найти на фотографии?

- **Плеяды**
- **Гиады**
- **Ясли**
- Туманность Андромеды
- Туманность Кольцо в Лире
- Туманность Гантель

Критерии оценивания: +2 балла за каждый верный выбор, –2 балла за каждый ошибочный выбор (сумма баллов не может быть отрицательной).

4. Чему равна угловая высота Сириуса над горизонтом на снимке? Выберите наиболее близкий к правильному значению ответ. Для справки: длина пояса Ориона примерно 3° .

- Он находится под горизонтом
- Примерно $0,7^\circ$
- Примерно 3°
- Примерно 5°
- **Примерно 12°**
- Примерно 33°
- Примерно 50°

Критерии оценивания: +4 балла за верный выбор.

5. Укажите Сириус на фотографии.

Ответ:



Критерии оценивания: +4 балла за правильный ответ. Всего 23 балла.

Задача 6

6. Выберите верные факты о Солнце.

- Угловая скорость вращения Солнца не зависит от солнечной широты.
- Период вращения Солнца вокруг своей оси совпадает с периодом обращения вокруг Солнца самой крупной планеты Солнечной системы.
- **Солнечные пятна – области поверхности Солнца с пониженной температурой.**
- Солнечные пятна – тени сгущений, расположенных в хромосфере.
- Примерно половина массы Солнечной системы сосредоточена в Солнце.
- Возраст Солнца 15 млрд лет.
- **Температура видимой поверхности Солнца примерно 6000 К.**
- **Финальная стадия эволюции Солнца – белый карлик.**

Критерии оценивания. +2 балла за каждый верный выбор, –2 балла за каждый ошибочный выбор (сумма баллов не может быть отрицательной). Всего 6 баллов.

Задачи 7-8

На рисунке представлен коллаж, полученный наложением нескольких последовательно сделанных кадров.



Автор фото Владимир Коровяковский

7. Сколько минут прошло между получением соседних изображений Луны? Считать, что Луна находится в точке равноденствия. Ответ округлите до целых.

Ответ: 2

Критерии оценивания: +4 балла за совпадение ответа.

8. Известно, что длина каждого поднятого пролёта (правого и левого) по измерениям между красными навигационными фонарями, горящими внизу и сверху пролёта, составляет 18 метров. С какого расстояния были получены снимки? Ответ выразите в километрах и округлите до целого. Считать, что Луна имеет радиус 1740 км и вращается вокруг Земли по круговой орбите радиусом 384 400 км.

Ответ: 1

Критерии оценивания: +6 баллов за совпадение ответа.

Решение:

7. Перемещение Луны по небу во время съёмки происходит в основном из-за суточного вращения Земли, происходящего со скоростью $360^\circ/\text{сутки}$. На это движение накладывается собственное перемещение Луны относительно звёзд (и наблюдателя), направленное в противоположную сторону и происходящее

со скоростью $360^\circ/27,3$ суток (т.е. примерно в 27 раз медленнее суточного). Смещение Луны между каждым из последовательных снимков примерно равно угловому диаметру Луны. Найдём его: $\rho_L = 2 \cdot 1740 / 384400 \approx 0,00905$ рад, т. е. примерно $0,00905 \cdot 57,29 \approx 0,5^\circ$ (большей точности в такой задаче не требуется). Значит, между последовательными снимками проходит $0,5^\circ / (360^\circ/\text{сутки}) \approx 0,0014$ суток или примерно 2 минуты. Учёт скорости собственного движения Луны изменит ответ на $1/27$ часть, и им можно пренебречь.

8. Используя диск Луны в качестве линейки, определим угловые размеры поднятого пролёта моста. Получится, что размеры диска Луны примерно в 1,6 раза меньше, чем расстояние от лампочки до лампочки. Вычислить угловые размеры пролёта можно разными методами (через тригонометрические функции или с использованием приближения для малых углов). Найдём угловой диаметр Луны: $\rho_L = 2 \cdot 1740 / 384400 \approx 0,00905$ рад. Отсюда угловой размер поднятого пролёта

$$\rho_{\Pi} = 1,6 \rho_L = 1,6 \cdot 0,00905 \approx 0,0145 \text{ рад.}$$

Угловой размер равен отношению линейного размера к расстоянию до предмета $\rho_{\Pi} = L / D$. Отсюда можно найти ответ на задачу:

$$D = L / \rho_{\Pi} = 18 / 0,0145 \approx 1240 \text{ м} \approx 1 \text{ км.}$$

Всего 10 баллов.

Задача 9

9. Какие из представленных чисел могут быть радиусом звезды (любого типа)? Выберите все подходящие варианты.

- 10 км
- 10 000 км
- 100 000 км
- 1 000 000 000 км
- 1 000 000 000 000 км

Критерии оценивания: +2 балла за каждый верный выбор, –2 балла за ошибочный выбор.

Решение:

10 километров – это возможный радиус нейтронной звезды, 10 000 километров – это характерный размер белого карлика, 100 000 километров – это примерно в 7 раз меньше нашего Солнца – характерный размер красного карлика (например, Вольф 359), 1 000 000 000 – это радиус звёзд, имеющих размеры примерно в $10^9 / 10^6 = 1000$ раз больше солнечных, т. е. красных сверхгигантов. Звёзд размером в 1 млн радиусов Солнца (более 600 а.е.) не существует.

Всего 8 баллов.

Задача 10

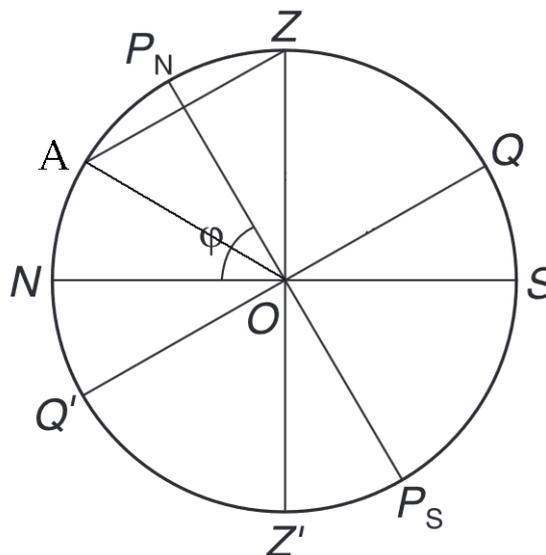
10. Какие звёзды поднимаются выше всего над горизонтом в Северном полушарии Земли?

- В любой точке полушария незаходящие
- В любой точке полушария невосходящие
- В любой точке полушария восходящие и заходящие
- **На широтах $>45^\circ$ незаходящие, а на широтах $<45^\circ$ восходящие и заходящие**
- На широтах $<45^\circ$ незаходящие, а на широтах $>45^\circ$ восходящие и заходящие
- На широтах $>30^\circ$ незаходящие, а на широтах $<30^\circ$ восходящие и заходящие
- На широтах $<30^\circ$ незаходящие, а на широтах $>30^\circ$ восходящие и заходящие
- На широтах $>60^\circ$ незаходящие, а на широтах $<60^\circ$ восходящие и заходящие
- На широтах $<60^\circ$ незаходящие, а на широтах $>60^\circ$ восходящие и заходящие

Критерии оценивания: +8 баллов за верный выбор.

Решение:

Выше всего над горизонтом оказываются те звёзды, которые в ходе суточного движения проходят через зенит в данном месте Земли. Их высота в этот момент равна 90° . Рассмотрим положение такой звезды относительно горизонта в момент нижней кульминации (верхняя кульминация, напомним, происходит в зените).



Суточное движение происходит вокруг оси мира ($P_N P_S$), то есть угол между направлением на звезду и на северный полюс мира остаётся одним и тем же

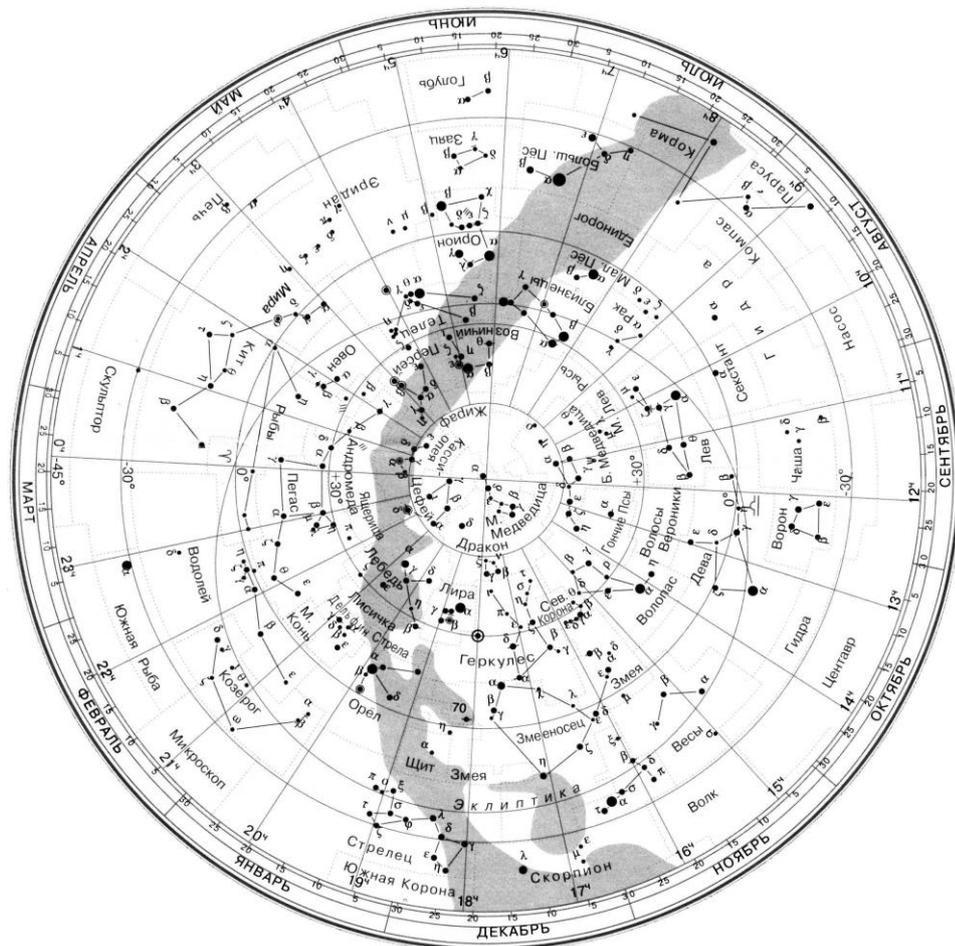
как в верхней кульминации (угол ZOP_N), так и в нижней (угол AOP_N). Высота северного полюса мира над горизонтом равна широте места наблюдения φ , тогда угол ZOP_N равен $90^\circ - \varphi$. Значит, если широта больше 45° , то угол между осью мира и направлением на звезду в верхней кульминации (угол ZOP_N) меньше 45° . Тогда для нижней кульминации угол AOP_N , равный углу ZOP_N , будет тоже меньше 45° , значит, звезда и в нижней кульминации будет располагаться выше плоскости горизонта. Звезда будет незаходящей.

В случае, если широта места наблюдения меньше 45° , угол ZOP_N и равный ему угол AOP_N больше 45° , а значит, нижняя кульминация звезды будет происходить под горизонтом. Раз верхняя кульминация происходит над горизонтом (в зените), а нижняя кульминация – под горизонтом, то звезда восходящая и заходящая.

Всего 8 баллов.

Задачи 11-14

На рисунке приведена карта звёздного неба с нанесёнными экваториальными координатами. На карте показано положение эклиптики, по ободу карты обозначены даты (месяца и числа) в соответствии с положением Солнца на эклиптике.



11. Чему равно прямое восхождение Солнца 21 января?

- 0^h
- 2^h
- 14^h
- 18^h
- 20^h
- -23.5°
- -20°
- -5°
- 0°
- $+5^\circ$

Критерии оценивания: +3 балла за верный выбор.

12. Чему равно склонение Солнца 21 января?

- 0^h
- 2^h
- 14^h
- 18^h
- 20^h
- -23.5°
- -20°
- -5°
- 0°
- $+5^\circ$

Критерии оценивания: +3 балла за верный выбор.

13. В день проведения олимпиады эклиптическая широта Солнца равна 0° , а эклиптическая долгота – 211° . Чему будет равна эклиптическая широта Солнца через 30 дней? Ответ приведите в градусах и округлите до целого. Движение Солнца по эклиптике считать равномерным.

Ответ: 0

Критерии оценивания: +3 балла за совпадение с ответом.

14. В день проведения олимпиады эклиптическая широта Солнца равна 0° , а эклиптическая долгота – 211° . Чему будет равна эклиптическая долгота Солнца через 30 дней? Ответ приведите в градусах и округлите до целого. Движение Солнца по эклиптике считать равномерным.

Ответ: 241

Критерии оценивания: +5 баллов за совпадение с ответом.

Решение:

Т. к. эклиптическая широта отсчитывается от эклиптики, а Солнце всё время находится на ней, то эта координата не меняется со временем. Чтобы вычислить изменение эклиптической долготы надо понимать, что за год (т. е. примерно за 365,25 суток) Солнце проходит полный круг по эклиптике. Значит, за сутки оно проходит примерно $360 / 365,25$ градусов. Значит, за 30 суток оно пройдёт $30 \cdot 360 / 365,25 \approx 30^\circ$, и его долгота будет равна 241° .

Всего 14 баллов.

Задача 15

15. Земляне будущего решили воплотить идею Фримена Дайсона о строительстве вокруг Солнца сплошной оболочки сферической формы. Для этого было решено использовать всё вещество Венеры. Какой радиус будет иметь такая сфера, если её стенки должны иметь толщину 3 метра? Радиус Венеры равен 6040 км. Ответ выразите в астрономических единицах и округлите до сотых.

Ответ: 0.03 а. е.

Критерии оценивания: 10 баллов за совпадение с ответом.

Решение:

Объём Венеры равен $V_V = \frac{4}{3}\pi R^3$, а объём сферы Дайсона – $V_D = 4\pi r^2 l$, где l – толщина стенки сферы. Приравняем эти величины друг другу и выразим из полученного равенства r : $r = \sqrt{\frac{R^3}{3l}} = \sqrt{\frac{6040^3}{3 \cdot 0,003}} = 4,95 \cdot 10^6$ км.

Переведём в астрономические единицы: $r = \frac{4,95 \cdot 10^6}{150 \cdot 10^6} \approx 0,033 \approx 0,03$

Т. к. задача строительства – максимально полное использование энергии Солнца для нужд землян, то, очевидно, эта цель не будет достигнута, т. к. Земля не попадёт внутрь сферы.

Всего 10 баллов.

Задачи 16-18

На рисунке представлена фотография участка неба с выделенным астеризмом и множеством метеоров.



<https://omskinform.ru/news/196050>

16. Какому созвездию принадлежит выделенный астеризм?

- Орион
- Лебедь
- **Кассиопея**
- Близнецы
- Лев
- Пегас
- Жираф
- Нужное название отсутствует в списке

Критерии оценивания: +2 балла за верный выбор.

17. Как называется поток, метеоры которого зарегистрированы на снимке?

- Квадрантиды
- Ориониды
- **Персеиды**
- Леониды
- Каприкорниды
- Аквариды

Критерии оценивания: +2балла за верный выбор.

18. Как называется область неба, из которой, как нам кажется, вылетают метеоры этого потока?

- **Радиант**
- Радиан
- Апекс
- Апоцентр
- Рудимент

Критерии оценивания: +2 балла за совпадение с ответом. Всего 6 баллов.

Задачи 19-21

Предположим, что у нашей планеты появился второй естественный спутник Луна-2, полностью похожий на Луну, но расположенный в 2 раза дальше. Считать, что орбиты всех тел круговые, лежат в одной плоскости и обращаются в одну сторону. Период обращения Луны вокруг Земли равен 27,3 суток.

19. Чему равен период обращения нового спутника вокруг Земли? Ответ выразите в сутках и округлите до целых.

Ответ: 77

Критерии оценивания: +6 баллов за совпадение с ответом.

20. Чему равен период смены фаз у Луны-2? Ответ выразите в сутках и округлите до целых.

Ответ: 98

Критерии оценивания: +6 баллов за совпадение с ответом.

21. Какой блеск будет иметь Луна-2 во время своего полнолуния, если блеск Луны в полнолуние равен $m_{\text{Л}} = -12,5$? Ответ округлите до десятых. Изменением расстоянием до Солнца можно пренебречь.

Ответ: -11

Критерии оценивания: +6 баллов за совпадение с ответом.

Решение:

19. Так как и Луна-2, и Луна обращаются вокруг Земли, то мы можем применить третий закон Кеплера $\frac{T_{\text{Л}}^2}{a_{\text{Л}}^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3}$. В нём $T_{\text{Л}}$ – период обращения Луны (27,3 суток), а $a_{\text{Л}}$ – радиус её орбиты, T_2 – период обращения Луны-2 (искомая), а $a_2 = 2a_{\text{Л}}$ – радиус её орбиты. Тогда

$$T_2 = \sqrt{\frac{T_{\text{Л}}^2 a_2^3}{a_{\text{Л}}^3}} = \sqrt{2^3 27.3^2} = 77 \text{ суток.}$$

20. Период смены лунных фаз это синодический период. Используем формулу вычисления синодического периода:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_{\oplus}}$$
$$S = \frac{T_2 T_{\oplus}}{T_{\oplus} - T_2} = \frac{77 \cdot 365,24}{365,24 - 77} \approx 98$$

21. Блеск Луны-2 по сравнению с Луной изменится по двум причинам: 1) из-за разного расстояния от Солнца и 2) из-за разного расстояния от Земли. Первой причиной можно пренебречь. Из-за второй причины количество света, приходящее от Луны-2, уменьшится в $(a_2 / a_{\text{Л}})^2$ раз, т. е. в 4 раза. Такому изменению соответствует разность звёздных величин $2,5 \lg 4 \approx 1,5$. Значит, блеск Луны-2 будет $-12,5 + 1,5 = -11^{\text{m}}$.

Всего 18 баллов.

Максимальный балл за работу – 103.