

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ  
(МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)  
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР  
возрастная группа (9 класс)

Максимальная оценка – 48 балла.

**ЗАДАНИЕ 1.**

Некоторая звезда наблюдается в точке зенита в 22:00 в октябре. В какое время она будет в зените в марте? Можно ли ее будет наблюдать. Ответ обоснуйте.

*Максимальный балл – 8*

**Решение.**

Звезда будет в точке зенита около 12:00, так как в каждый последующий месяц звезды восходят примерно на два часа раньше, чем в предыдущий. Наблюдать ее в это время нельзя, так как она скроется в солнечных лучах.

***Критерии оценивания***

|                                                               |          |
|---------------------------------------------------------------|----------|
| Верно указано время , в которое звезда будет в зените в марте | 2 баллов |
| Приведено обоснование, полученного времени                    | 4 балла  |
| Обоснованно указано, что звезду нельзя будет наблюдать        | 2 балла  |
| Всего                                                         | 8 баллов |

**ЗАДАНИЕ 2.**

Путешественник сделал фото (рисунок 1) звездного неба (на рисунке представлен негатив) и отметил на нем известные созвездия. Определите по снимку фазу Луны.

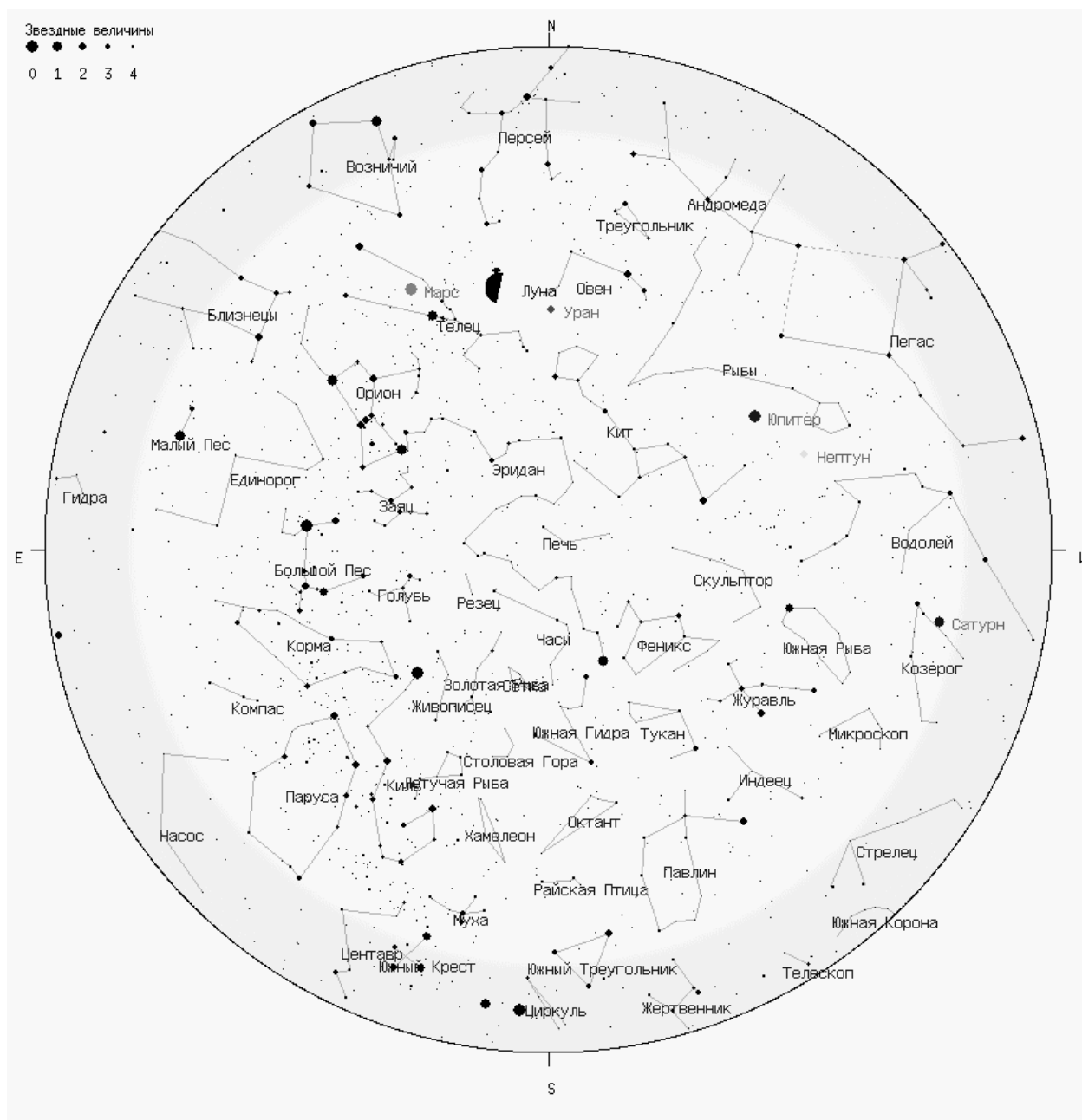


Рисунок 1.

Максимальный балл – 8

### Решение.

На снимке отмечены созвездия южного полушария. Значит, если бы в северном полушарии – это был бы снимок стареющей луны (последняя четверть), то в южном – это растущая луна (первая четверть).

### Критерии оценивания

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| Определено, что это южное полушарие | 4 баллов |
| Верно указана фаза луны             | 4 балла  |
| Всего                               | 8 баллов |

### **ЗАДАНИЕ 3.**

12 февраля 1947 г. (75 лет назад) произошло падение Сихотэ-Алинского метеорита. Железный метеорит разрушился при входе в атмосферу и выпал в виде метеоритного дождя. Он входит в десятку крупнейших метеоритов мира. Определите, в какой день недели это произошло.

*Максимальный балл – 8*

#### **Решение.**

Зная день недели, на который пришёлся текущий тур олимпиады, можно быстро рассчитать, что 12 февраля 2022 года пришлось на субботу. Также мы знаем, что в обычном году  $365 = 52 \cdot 7 + 1$  дней, а в високосном —  $366 = 52 \cdot 7 + 2$  дней. Среди 28 последовательных лет будет 21 невисокосный год и 7 високосных, поэтому спустя 28 лет распределение дней недели по датам месяца повторится. Заметим, что в период с 1947 года по 2022 год действительно каждый четвертый год являлся високосным: в григорианском календаре закономерность «сбивается» только в такие года, номер которых содержит целое число сотен и этот номер не кратен четырем (как 1700, 1800, 1900 годы, например). Отсчитаем несколько раз по 28 лет от 2022 года и получим наиболее близкий к 1947 году:  $2022 - 3 \cdot 28 = 1938$  год. В этом году распределение дней недели по датам месяца было тем же, что и в 2022 году. В 1939 году день сдвигался на 1 вперед, то есть 12 февраля 1939 года пришлось на воскресенье. 1940 год — високосный, в нем 12 февраля пришлось на вторник (сдвигаем на два дня), 1941, 1942, 1943 были невисокосными, в итоге 4 октября 1943 года пришлось на пятницу, в 1944 году — на воскресенье, в 1945 году — на понедельник, в 1946 году — на вторник, в 1947 году — на среду. Ответ, метеорит упал в среду.

#### **Критерии оценивания**

|                                                                                            |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Описание устройства григорианского календаря (на существенном для решения задачи временном | 3 балла |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| интервале)            |          |
| Вычисление дня недели | 4 балла  |
| Верный итоговый ответ | 1 балл   |
| Всего                 | 8 баллов |

#### ЗАДАНИЕ 4.

Вокруг звезды массой 0,512 масс Солнца обращается экзопланета. Большая полуось орбиты планеты равна 0,8 а.е., масса планеты 0,4 массы Земли. Определите период обращения планеты по орбите.

*Максимальный балл – 8*

#### Решение.

Используем третий обобщенный закон Кеплера.

$$\frac{T^2(M + m)}{T_3^2(M_{\text{С}} + m_3)} = \frac{a^3}{a_3^3}.$$

Массой Земли и экзопланеты можно пренебречь по сравнению с массами звезд. Тогда в системе единиц «масса Солнца – астрономическая единица – год» получим

$$\frac{T^2 \cdot 0,512M_{\text{С}}}{M_{\text{С}}} = \frac{(0,8)^3}{1}, \quad T^2 = \frac{(0,8)^3}{0,512}, \quad T = 1 \text{ год.}$$

#### Критерии оценивания

|                                                                                                |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Запись III закона Кеплера                                                                      | 4 балла  |
| Вычисление итогового ответа                                                                    | 4 балла  |
| Всего                                                                                          | 8 баллов |
| <u>Комментарий.</u><br>Правильная попытка учесть при решении массы планет ошибкой не является. |          |

#### ЗАДАНИЕ 5.

Оцените, на какую максимальную высоту  $h$  над горизонтом поднималось во Владимире Солнце 23 сентября. В какое время это произошло? Географическая широта Владимира  $\varphi = 56^\circ \text{с.ш.}$ , долгота  $\lambda = 40^\circ 25' \text{в.д.}$

*Максимальный балл – 8*

### Решение.

Высота Солнца над горизонтом в полдень (максимальная высота) находится по формуле  $h = 90^\circ - \varphi + \delta$ , где  $\delta$  - склонение Солнца, 23 сентября – день осеннего равноденствия  $\delta = 0^\circ$ . Таким образом, 23 сентября во Владимире:

$$h = 90^\circ - 56^\circ = 34^\circ.$$

Средний астрономический полдень наступит по Гринвичу в 12ч –  $\lambda$  ( $1^\circ$  долготы равен 4 минутам,  $\lambda = 2ч 42 мин$ ),  $12ч - 2ч 42 мин \approx 9ч 18 мин$ . Прибавив разницу во времени (+3 часа), получаем по Московскому времени 12ч 18 мин.

### Критерии оценивания

|                                            |          |
|--------------------------------------------|----------|
| Определена полуденная высота Солнца        | 2 балла  |
| Долгота переведена в часы                  | 2 балла  |
| Определен полдень во Владимире по Гринвичу | 2 балла  |
| Определен полдень по Московскому времени   | 2 балла  |
| Всего                                      | 8 баллов |

### ЗАДАНИЕ 6.

Известно, что диск планеты Венера, расположенной на минимальном расстоянии от Земли, оказывается на пределе разрешения невооруженным глазом для наиболее зорких людей. Определите, диски каких планет могли бы различить невооруженным глазом марсиане. Считайте орбиты планет круговыми.

Максимальный балл – 8

### Решение.

Определим наибольший угловой диаметр Венеры при наблюдении с Земли:

$$\begin{aligned}\delta_1 &= \frac{D}{a_3 - a_B} = \frac{2 \cdot 6051,8}{(149,6 - 108,2) \cdot 10^6} = \frac{12103,6}{41,4 \cdot 10^6} = \\ &= 2,92 \cdot 10^{-4} \text{ радиан или } 1'.\end{aligned}$$

Полученное значение совпадает с пределом разрешения для человеческого глаза, значит с Марса Венера не видна (расстояние больше). Меркурий находится от Марса дальше, чем Венера и его диаметр меньше, значит, его марсиане тоже не увидят.

Ближайшее расстояние между Марсом и Землей  $a_M - a_З = (227,9 - 149,6) \cdot 10^6 = 78,3 \cdot 10^6$  км – значительно больше расстояния между Венерой и Землей, при этом диаметр Земли 12756,2 км – чуть больше диаметра Венеры, значит Земля марсианам также не доступна.

Ближайшее расстояние от Марса до Юпитера  $a_{Ю} - a_M = (778,3 - 227,9) \cdot 10^6 = 550,4 \cdot 10^6$  км, угловой диаметр Юпитера

$$\delta_2 = \frac{D}{a_{Ю} - a_M} = \frac{2 \cdot 71492}{550,4 \cdot 10^6} = 2,59 \cdot 10^{-4} \text{ радиан или } 53''.$$

Диск Юпитера также не различим с Марса. Юпитер – самая большая планета, остальные планеты меньше и находятся дальше от Марса. Значит, марсиане не смогут невооруженным глазом различить диски ни одной из планет.

### ***Критерии оценивания***

|                                                                                                                                      |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Только верный ответ                                                                                                                  | 1 балл   |
| Указан предел разрешения человеческого глаза                                                                                         | 1 балла  |
| Определен угловой диаметр Земли или Венеры при наблюдении с Марса, проведена оценка для остальных нижних (относительно Марса планет) | 3 балла  |
| Определен угловой диаметр Юпитера при наблюдении с Марса, проведена оценка для остальных верхних (относительно Марса) планет         | 3 балла  |
| Всего                                                                                                                                | 8 баллов |

## Справочные материалы

### Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная  $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$

Скорость света в вакууме  $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Астрономическая единица  $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$

Парсек  $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

### Физические характеристики Солнца и планет

| Планета  | Масса                 | Радиус | Период вращения вокруг оси | Наклон экватора к плоскости орбиты | Видимая звездная величина |
|----------|-----------------------|--------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|
|          | кг                    | км     |                            | градусы                            |                           |
| Солнце   | $1.989 \cdot 10^{30}$ | 697000 | 25.380 сут                 | 7.25                               | −26.8                     |
| Меркурий | $3.302 \cdot 10^{23}$ | 2439.7 | 58.646 сут                 | 0.00                               | −0.1                      |
| Венера   | $4.869 \cdot 10^{24}$ | 6051.8 | 243.019 сут                | 177.36                             | −4.4                      |
| Земля    | $5.974 \cdot 10^{24}$ | 6378.1 | 23.934 час                 | 23.45                              | —                         |
| Марс     | $6.419 \cdot 10^{23}$ | 3397.2 | 24.623 час                 | 25.19                              | −2.0                      |
| Юпитер   | $1.899 \cdot 10^{27}$ | 71492  | 9.924 час                  | 3.13                               | −2.7                      |
| Сатурн   | $5.685 \cdot 10^{26}$ | 60268  | 10.656 час                 | 26.73                              | 0.4                       |
| Уран     | $8.683 \cdot 10^{25}$ | 25559  | 17.24 час                  | 97.86                              | 5.7                       |
| Нептун   | $1.024 \cdot 10^{26}$ | 24746  | 16.11 час                  | 28.31                              | 7.8                       |

### Характеристики орбит планет

| Планета  | Большая полуось |         | Эксцентриситет | Наклон к плоскости эклиптики | Период обращения | Синодический период |
|----------|-----------------|---------|----------------|------------------------------|------------------|---------------------|
|          | млн. км         | а.е.    |                | градусы                      |                  | сут                 |
| Меркурий | 57.9            | 0.3871  | 0.2056         | 7.004                        | 87.97 сут        | 115.9               |
| Венера   | 108.2           | 0.7233  | 0.0068         | 3.394                        | 224.70 сут       | 583.9               |
| Земля    | 149.6           | 1.0000  | 0.0167         | 0.000                        | 365.26 сут       | —                   |
| Марс     | 227.9           | 1.5237  | 0.0934         | 1.850                        | 686.98 сут       | 780.0               |
| Юпитер   | 778.3           | 5.2028  | 0.0483         | 1.308                        | 11.862 лет       | 398.9               |
| Сатурн   | 1429.4          | 9.5388  | 0.0560         | 2.488                        | 29.458 лет       | 378.1               |
| Уран     | 2871.0          | 19.1914 | 0.0461         | 0.774                        | 84.01 лет        | 369.7               |
| Нептун   | 4504.3          | 30.0611 | 0.0097         | 1.774                        | 164.79 лет       | 367.5               |