

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ
(МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР
возрастная группа (10 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.

15 мая 2022 года был сделан снимок звездного неба (рисунок 1). Определите, в какое время суток был сделан снимок. Ответ обоснуйте.

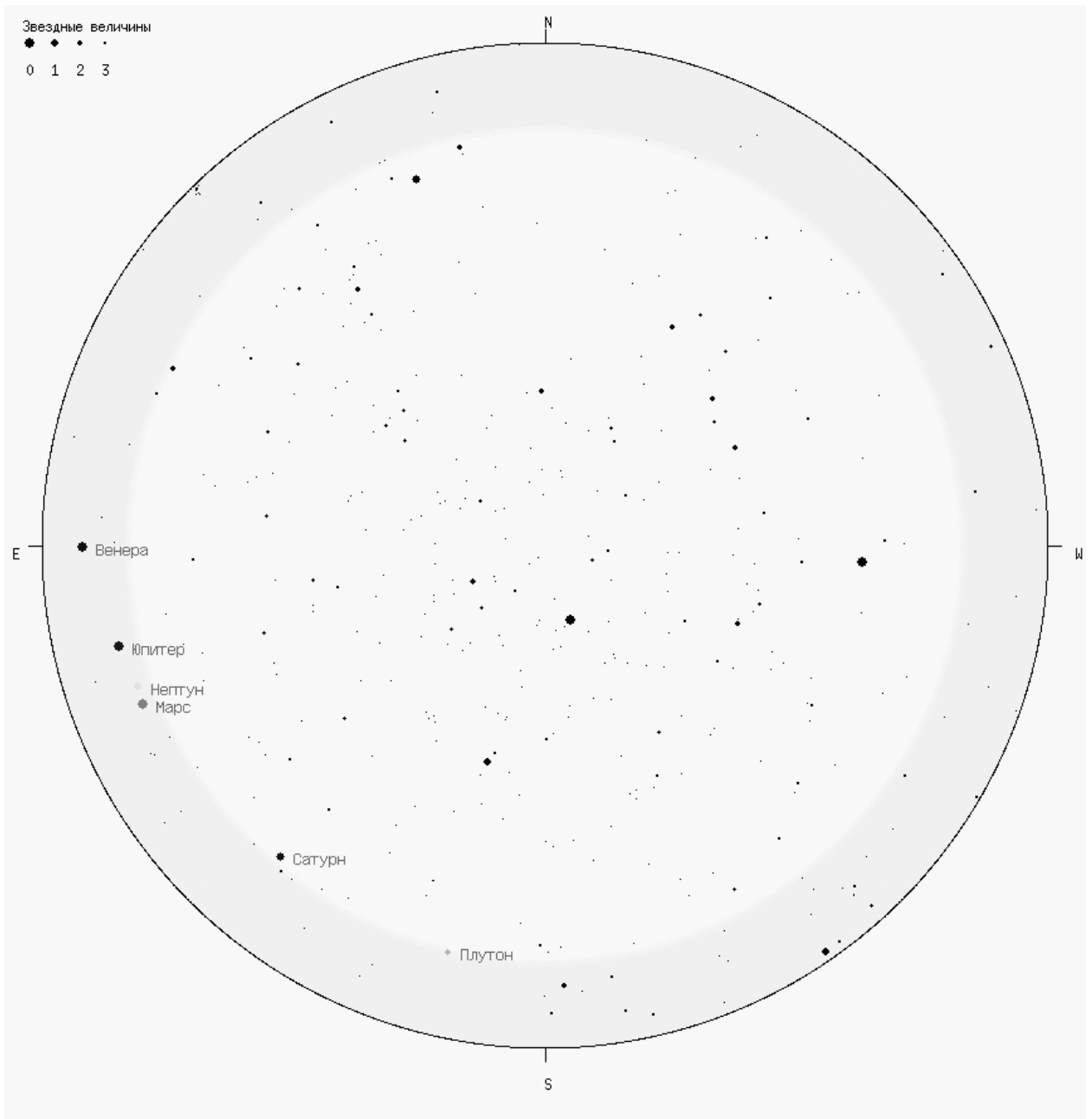


Рисунок 1.

Максимальный балл – 8

Решение.



Снимок сделан утром. Это Северное полушарие, на снимке присутствует полярная звезда. На снимке присутствует Венера в восточной стороне неба. В восточной стороне неба Венера бывает незадолго перед восходом Солнца в своей западной элонгации.

Критерии оценивания

Указано, что на снимке северное полушарие	3 баллов
Указано что на снимке присутствует Венера в западной элонгации	4 балла
Верно определено время суток	1 балл
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 интервале)	3 балла
Вычисление дня недели	4 балла
Верный итоговый ответ	1 балл
Всего	8 баллов

ЗАДАНИЕ 4.

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:

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

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 $a_M - a_3 = (227,9 - 149,6) \cdot 10^6 = 78,3 \cdot 10^6$ 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

ЗАДАНИЕ 5.

Наблюдается некоторый объект имеющий синодический период $1\frac{1}{4}$ года, найдите его сидерический период. Между какими планетами находится этот объект.

Максимальный балл – 8

Решение.

Воспользуемся известным соотношением между синодическим периодом планеты (или астероида) S , ее сидерическим периодом T и сидерическим периодом Земли T_3 (равным 1 году):

$$\frac{1}{S} = \left| \frac{1}{T} - \frac{1}{T_3} \right| \text{ и } T = \frac{S}{S \pm 1},$$

тогда для нашего случая получаем, что сидерический период объекта равен либо 0,56 лет, либо 5 лет.

Переход от сидерических периодов к радиусам орбит можно выполнить, воспользовавшись III законом Кеплера. Если периоды выражены в годах, а радиусы орбит — в астрономических единицах, то $T^2 = R^3$, поэтому

$$R = T^{2/3}.$$

В первом случае радиус орбиты составляет 0,68 а.е., во втором 2,9 а.е.

Т.е в первом случае объект находится между орбитами Венеры и Меркурия, а во втором – Марса и Юпитера.

Критерии оценивания

Записано соотношение для внутренней планеты	1 балл
Записано соотношение для внешней планеты	1 балл
Рассчитан сидерический период для внутренней планеты	2 балла
Рассчитан сидерический период для внешней планеты	2 балла
Определено между какими планетами находится объект в случае внутренней планеты	1 балл
Определено между какими планетами находится объект в случае внешней планеты	1 балл
Всего	8 баллов
<u>Комментарий.</u> Если не определены радиусы орбит, но получен верный ответ, баллы не снимаются.	

ЗАДАНИЕ 6.

Вычислить число звезд видимой звездной величины $12,5^m$, суммарный блеск которых равен блеску Сатурна.

Максимальный балл – 8

Решение.

Суммарный блеск системы $I = NI_i$ и $N = \frac{I}{I_i}$. Известно, что отношение блеска I_1 и I_2 звезд, имеющих звездные величины m_1 и m_2 , описывается формулой Погсона $\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1}$ или $\lg \frac{I_1}{I_2} = 0,4(m_2 - m_1)$. Данные о видимой звездной величине Сатурна есть в справочной информации.

$$\lg N = 0,4(12,5 - 0,4) = 4,84, N = 10^{4,84} \approx 69\,183 \text{ звезд.}$$

Критерии оценивания

Применена формула Погсона для связи блеска и видимых звездных величин	2 балл
Определена формула для суммарного блеска системы	2 балла
Найдена зависимость для количества звезд	2 балла
Определено примерное количество звезд	2 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