

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ  
(МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)  
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР  
возрастная группа (11 класс)

Максимальная оценка – 48 балла.

**ЗАДАНИЕ 1.**

15 мая 2022 года был сделан снимок звездного неба (рисунок 1).

Определите, в какое время суток был сделан снимок. Ответ обоснуйте.

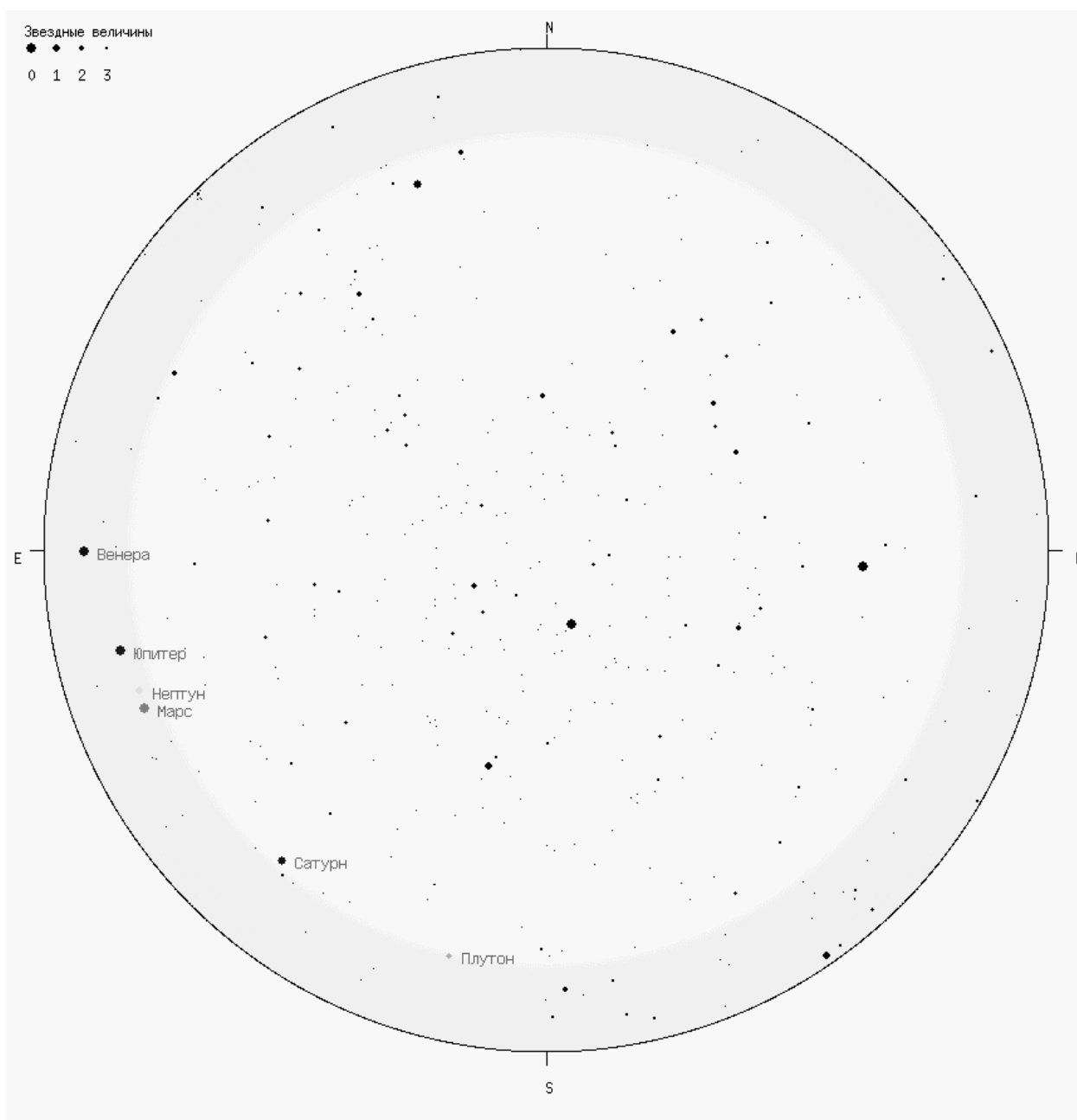


Рисунок 1.

**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 2.**

12 января 1907 г. (115 лет назад) родился С.П. Королев - ученый и конструктор в области ракетостроения и космонавтики, главный конструктор первых ракетносителей, ИСЗ, пилотируемых космических кораблей.

Определите, в какой день недели это произошло.

**Решение.**

Зная день недели, на который пришёлся текущий тур олимпиады, можно быстро рассчитать, что 12 января 2022 года пришлось на среду. 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 1907 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 1907 году:  $2022 - 4 \cdot 28 = 1910$  год. В этом году распределение дней недели по датам месяца было тем же, что и в 2022 году. В 1909 году день сдвигался на 1 назад, то есть 12 января 1909 года пришлось на вторник. 1908 год — високосный, в нем 12 января пришлось на воскресенье (сдвигаем на два дня), в 1907 году — на субботу.

### ***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 3.**

26 сентября 2022 года наступило противостояние Юпитера. Его угловой размер составил  $49,9''$ . Определить на какое расстояние Юпитер приблизился к Земле.

*Максимальный балл – 8*

### **Решение.**

Если расстояние до Юпитера обозначить  $d$ , а его радиус  $R$ , тогда справедлива формула

$$\sin \theta = \frac{2R}{d},$$

где  $\theta$  – угловой размер Юпитера. Так как угол мал, его синус примерно равен значению самого угла выраженного в радианах  $\theta = \frac{49,9'' \cdot 1 \text{ рад}}{206265''} = 2,419 \cdot 10^{-4} \text{ рад}$ ,  $d = \frac{2R}{\theta} = \frac{2 \cdot 71492 \text{ км}}{2,419 \cdot 10^{-4}} = 591 \text{ млн. км.}$

### **Критерии оценивания**

Описана связь расстояния до Юпитера с его радиусом и угловым размером	3 балла
Перевод угловых секунд в радианы	3 балла
Расчет расстояния до Юпитера	2 балл
Всего	8 баллов

#### **ЗАДАНИЕ 4.**

Две малые планеты обращаются по круговым орбитам в том же направлении, что и Земля. Их синодические периоды одинаковы и равны  $1\frac{1}{4}$  года, а радиусы орбит отличаются. Найти максимальное расстояние между объектами.

*Максимальный балл – 8*

#### **Решение.**

Равные синодические периоды объектов могут быть в том случае, если один из них обращается по внутренней орбите внутренняя, а второй – по внешней.

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 объектов равны 0,56 лет и 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.

Максимальное расстояние между объектами будет, если они находятся на одной линии по разные стороны от Солнца, получаем  $2 \cdot 0,68 + 2,9 = 4,26$  а.е.

### **Критерии оценивания**

Рассчитаны сидерические периоды для объектов	3 балла
Рассчитаны радиусы орбит объектов	3 балл
Определено максимальное расстояние между объектами	2 балл
Всего	8 баллов

### **ЗАДАНИЕ 5.**

Из каких областей земной поверхности возможно одновременное наблюдение звезд Мегрец ( $\delta$  Большой медведицы) и Гиенах ( $\gamma$  Ворона) в верхней кульминации? Координаты этих звезд считать равными  $\alpha_1 = 12.0^h$ ,  $\delta_1 = +57^\circ$ ; и  $\alpha_2 = 12.0^h$ ,  $\delta_2 = -17^\circ$  соответственно. Атмосферной рефракцией и поглощением света пренебречь.

*Максимальный балл – 8*

### **Решение.**

Как видно из условия задачи, прямые восхождения двух звезд совпадают. Следовательно, в любом пункте Земли их верхние кульминации будут происходить одновременно.

Для высоты звезды в верхней кульминации мы можем записать выражение:

$$h = 90^\circ - |\phi - \delta|,$$

где  $\phi$  – широта места,  $\delta$  – склонение звезды. Чтобы звезду можно было увидеть, высота  $h$  должна быть положительной (рефракцией и атмосферным поглощением света мы пренебрегаем). Отсюда мы имеем

$$|\phi - \delta_1| < 90^\circ; |\phi - \delta_2| < 90^\circ.$$

Первому условию удовлетворяет диапазон широт  $\phi$  от  $-33^\circ$  до  $+90^\circ$ , второму – от  $-90^\circ$  до  $+73^\circ$ . Итак, Мегрец и Гиенах можно увидеть на небе одновременно на широтах от  $-33^\circ$  до  $+73^\circ$ .

### **Критерии оценивания**

Определено, что звезды кульминируют одновременно	2 балла
Записана формула высоты светила в верхней кульминации	2 балла
Сделан вывод формул для широт	1 балла
Определен диапазон широт для первой звезды	1 балла
Определен диапазон широт для второй звезды	1 балл
Получено верный ответ	1 балл
Всего	8 баллов

### **ЗАДАНИЕ 6.**

На расстоянии 1 а.е. видимая звездная величина Солнца равна  $-27$ , а Юпитера была бы  $-5$ . Вычислите видимые звездные величины Солнца и Юпитера, если смотреть на них с  $\alpha$  Центавра. Какое угловое расстояние между Солнцем и Юпитером, если смотреть на них с  $\alpha$  Центавра. Будет ли их видно из окрестностей  $\alpha$  Центавра невооруженным глазом?

*Максимальный балл – 8*

### **Решение.**

1) Пусть  $E_C$  – освещенность создаваемая Солнцем на расстоянии 1 а.е., а  $E_{\alpha C}$  – освещенность, создаваемая Солнцем на  $\alpha$  Центавра, тогда  $\frac{E_C}{E_{\alpha C}} = (277,5 \cdot 10^3)^2 = 77 \cdot 10^9$ . С другой стороны  $\frac{E_C}{E_{\alpha C}} = 2,512^{(m_{\alpha C} - m_C)}$ , тогда  $2,512^{(m_{\alpha C} + 27)} = 77 \cdot 10^9$ . Логарифмируя, получаем  $m_{\alpha C} \approx 0,5$ .

2) Расстояние от Солнца до Юпитера порядка 5 а.е., его можно не учитывать и произвести расчеты для тех же расстояний  $2,512^{(m_{\alpha J} + 5)} = 77 \cdot 10^9$ ,  $m_{\alpha C} \approx 22,5$ .

3) Невооруженный глаз различает объекты до 6 звездной величины. Солнце можно будет увидеть, а Юпитер нет.

## *Критерии оценивания*

Описана связь освещенностей и видимых звездных величин (формула Погсона)	2 балла
Описана зависимость освещенности от расстояния до объекта	2 балла
Расчитаны видимая звездная величина Солнца и Юпитера при наблюдении с $\alpha$ Центавра	2 балла
Сделан верный вывод о возможности наблюдения невооруженным глазом	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		
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