

Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии

9 класс, 2023/2024 учебный год  
Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.



**Задача 1. Правда или ложь? (8 баллов).**

Вам предоставлены четыре астрономических утверждения. Какие из них верные, а какие – нет? Обязательно поясните свою точку зрения (т.е. дайте развернутый ответ, почему данное утверждение верное или не верное).

- а) В 21 веке будет 25 високосных лет.
- б) Солнечные затмения происходят каждое полнолуние.
- в) Атмосфера Земли состоит преимущественно из кислорода.
- г) Солнце в конце своей эволюции станет черной дырой.

**Возможное решение:**

Рассмотрим каждое утверждение по отдельности.

*а) В 21 веке будет 25 високосных лет.*

Утверждение **неверное**. Распределение високосных годов следующее: год, номер которого кратен 400, — високосный; остальные годы, номер которых кратен 100, — невисокосные (например, годы 1700, 1800, 1900, 2100, 2200, 2300); остальные годы, номер которых кратен 4, — високосные; все остальные годы — невисокосные.

Таким образом, почти каждый 4-й год является високосным за некоторыми исключениями. В 21 веке таким исключением является 2100 год (он не високосный). Первый високосный год в 21 веке был 2004, затем каждый 4-й тоже будет високосный, за исключением 2100, тогда всего в 21 веке будет 24 високосных года.

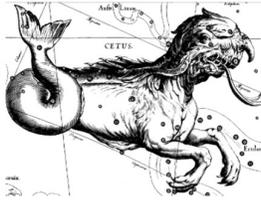
*б) Солнечные затмения происходят каждое полнолуние.*

Утверждение **неверное**. Во-первых, солнечные затмения происходят только в новолуние. Во-вторых, солнечные затмения происходят не каждое новолуние из-за наклона орбиты Луны к плоскости эклиптики. Происходит от 2 до 5 затмений в год, когда возникают такие ситуации, что Луна в новолунии оказывается вблизи узла своей орбиты.

*в) Атмосфера Земли состоит преимущественно из кислорода.*

Утверждение **неверное**. Атмосфера Земли состоит примерно на 78% из азота и лишь на 21% из кислорода. Остальное – это другие газы (аргон, углекислый газ, водяные пары, гелий, водород и т.п.).

*г) Солнце в конце своей эволюции станет черной дырой.*



Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии

9 класс, 2023/2024 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 48 баллов.



Утверждение **неверное**. Конечный этап эволюции звезды зависит от того, какова ее масса. В конце своей эволюции Солнце превратится в белый карлик, а не в черную дыру, т.к. оно недостаточно массивное. Для того, чтобы иметь шанс превратиться в черную дыру, Солнцу нужно было бы «растолстеть» в 20-25 раз.

*Итак, верных утверждений нет, все 4 утверждения неверные.*

**Критерии оценивания:**

За каждое утверждение можно получить максимум 2 балла: **1 балл** за правильный ответ (утверждение верное/неверное) и **1 балл** за верное обоснование. *Ответ по любому пункту без пояснения не может быть оценен более, чем в 1 балл. Т.е. если участник дал только ответы (пусть и верные), но не привел пояснений, то за задачу он может получить не более 4 баллов.*

**Итого максимум 8 баллов за задачу.**

**Задача 2. Астероид (8 баллов)**

Определите плотность объекта главного пояса астероидов, если его масса  $9,4 \cdot 10^{20}$  кг, а угловой диаметр в противостоянии  $0,75''$ . Астероид движется по круговой орбите с радиусом  $2,76$  а.е.

**Возможное решение:**

Вспользуемся формулой для углового размера объекта  $p'' = 206265 \cdot d/L$ , где  $d$  – диаметр объекта (его нужно найти), а  $L$  – расстояние до астероида в противостоянии (**2 балла**), т.е.  $L = a_A - a_z = 2,76$  а.е. –  $1$  а.е. =  $1,76$  а.е. =  $263\,296\,000$  км (**1 балл**).

Тогда  $d = p'' \cdot L / 206265 \approx 957,37$  км =  $957\,370$  м (**1 балл**).

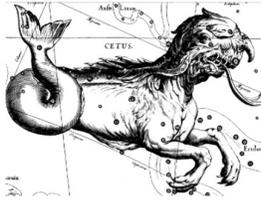
*(В целом за этап нахождения диаметра астероида ставится максимум 4 балла, при этом участнику не обязательно расписывать ход решения пошагово).*

Будем считать, что объект имеет форму шара, тогда его объем:

$$V = 4\pi R^3/3 = \pi d^3/6 = 3,14 \cdot (957\,370)^3/6 \approx 4,6 \cdot 10^{17} \text{ м}^3. \text{ (2 балла)}$$

Осталось найти плотность:

$$\rho = m/V = 9,4 \cdot 10^{20} \text{ кг} / 4,6 \cdot 10^{17} \text{ м}^3 = 2043,5 \text{ кг/м}^3. \text{ (2 балла)}$$



**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии**  
9 класс, 2023/2024 учебный год  
Длительность 3 часа.      Максимум 48 баллов.



**Итого максимум 8 баллов за задачу.**

**Задача 3. Истинные полдни (8 баллов)**

Даны координаты нескольких городов Республики Башкортостан.

В каком городе истинный полдень наступит раньше остальных? Почему?

Насколько истинный полдень в этом городе наступит раньше, чем в Уфе?

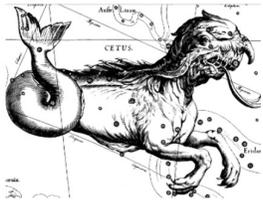
Определите максимальную разницу между моментами наступления истинного полудня в указанных городах Республики.

<i>Название города</i>	<i>Широта</i>	<i>Долгота</i>
Уфа	54° 45' с.ш.	55° 58' в.д.
Стерлитамак	53° 37' с.ш.	55° 57' в.д.
Салават	53° 23' с.ш.	55° 54' в.д.
Мелеуз	52° 58' с.ш.	55° 56' в.д.
Нефтекамск	56° 06' с.ш.	54° 17' в.д.
Янаул	56° 16' с.ш.	54° 56' в.д.
Сибай	52° 43' с.ш.	58° 40' в.д.
Октябрьский	54° 29' с.ш.	53° 28' в.д.
Учалы	54° 19' с.ш.	59° 23' в.д.

**Возможное решение:**

Истинный полдень возникает в момент, когда в данной точке Земли происходит верхняя кульминация Солнца. В разных точках Земли этот момент будет происходить в разное время, и это время зависит от долготы места наблюдения (**2 балла**). А вот на одном и том же меридиане истинный полдень будет происходить в одно и то же время.

Самый ранний полдень будет происходить в самой восточной точке, а самый поздний в самой западной. (**1 балл**, балл ставится и в том случае, если утверждение не формулируется, но города выбраны верно)



**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии**

9 класс, 2023/2024 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 48 баллов.



Самым западным городом из указанных является г. Октябрьский, его долгота  $\lambda_1 = 53^\circ 28'$  в.д.

Самый восточный из городов в таблице – г. Учалы,  $\lambda_2 = 59^\circ 23'$  в.д.

Долгота столицы, г. Уфа,  $\lambda_0 = 55^\circ 58'$  в.д.

Определим разницу долгот столицы и самого восточного города:

$$\lambda_0 - \lambda_1 = 59^\circ 23' - 55^\circ 58' = 3^\circ 25' \quad (1 \text{ балл})$$

Теперь переведем это значение в часовую меру. Нужно определить, за какое Земля провернется относительно Солнца на  $3^\circ 25'$ .

Вспомним, что за 24 часа Земля относительно Солнца проворачивается на  $360^\circ$ . Значит, за 1 час Земля поворачивается на  $15^\circ$ , за 4 минуты на  $1^\circ$ , а за 4 секунды на  $1'$ . (1 балл)

Тогда искомое время составит

$$3^\circ \cdot 4^m + 25' \cdot 4^s = 12^m 100^s = 13^m 40^s. \quad (1 \text{ балла})$$

Таким образом, истинный полдень наступит из указанных городов раньше всего в г. Учалы, причем на 10 минут раньше, чем истинный полдень в Уфе.

Аналогично можно найти разницу между моментами наступления истинного полудня в г. Октябрьский и г. Учалы:

$$\lambda_2 - \lambda_1 = 59^\circ 23' - 53^\circ 28' = 5^\circ 55' \quad (1 \text{ балла})$$

Искомая разница составит

$$5^\circ \cdot 4^m + 55' \cdot 4^s = 20^m 220^s = 23^m 40^s. \quad (1 \text{ балла})$$

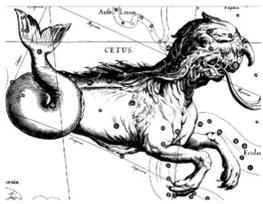
Истинный полдень в Учалах наступает на  $23^m 40^s$  раньше, чем истинный полдень в Октябрьском.

За ответ на первый вопрос «раньше остальных истинный полдень наступит в г. Учалы» без каких-либо иных рассуждений и вычислений ставится 1 балл.

**Итого максимум 8 баллов за задачу.**

---

**Задача 4. Астероид (8 баллов).**



Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии

9 класс, 2023/2024 учебный год  
Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.



Орбитальная скорость астероида в 2 раза меньше, чем орбитальная скорость Земли. Определите расстояние от Солнца до астероида. Является астероид внешним или внутренним по отношению к Земле? Определите его синодический и сидерический периоды. Астероид и Земля движутся по круговым орбитам в одном направлении.

**Возможное решение:**

Орбитальная скорость объекта, обращающегося по круговой орбите вокруг центрального тела массой  $M$ , определяется по формуле (первая космическая скорость):

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}},$$

где  $r$  – радиус орбиты. (1 балл) И Земля, и астероид обращаются вокруг Солнца, радиус орбиты Земли  $r_3 = 1$  а.е., тогда из условия следует:

$$v_3 = 2v_A; \Rightarrow \sqrt{\frac{GM}{r_3}} = 2\sqrt{\frac{GM}{r_A}}, \Rightarrow r_A = 4r_3 = 4 \text{ а.е.}$$

(1 балл за верный радиус орбиты).

Астероид является внешним по отношению к Земле. (1 балл)

Теперь найдем звездный, или сидерический, период астероида по III закону Кеплера. Астероид вращается вокруг Солнца, поэтому можно рассматривать его движение в сравнении с Землей, тогда  $T_3 = 1$  год,  $r_3 = 1$  а.е. (1 балл), значит

$$\frac{T_A^2}{T_3^2} = \frac{r_A^3}{r_3^3}, \Rightarrow r_A^3 = T_A^2, \Rightarrow T_A = r_A^{\frac{3}{2}}, \Rightarrow T_A = 4^{\frac{3}{2}} = 8 \text{ лет.}$$

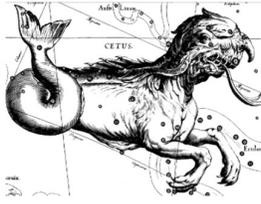
(1 балл за формулу в любом правильном виде, 1 балл за верный результат).

Найдем синодический период астероида:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_A}, \Rightarrow S = \frac{T_A \cdot T_3}{T_A - T_3} = \frac{8}{8 - 1} = 1,14 \text{ года} \approx 417 \text{ дней}$$

(1 балл за формулу (в любом правильном виде), 1 балл за верный результат).

**Итого максимум 8 баллов за задачу.**



**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии**  
9 класс, 2023/2024 учебный год  
Длительность 3 часа.      Максимум 48 баллов.



**Задача 5. Сверхновая 1006 года (8 баллов).**

Сверхновая 1006 года, вспыхнувшая в созвездии Волка, имела в максимуме звездную величину  $(-7,5)^m$ . Остаток сверхновой сейчас имеет размер 30 угловых минут и скорость расширения 10000 км/с. Определите расстояние до остатка сверхновой в парсеках. Считайте остаток сверхновой шарообразным, а скорость его расширения постоянной.

**Возможное решение:**

Определим, сколько времени прошло с 1006 года:  $t = 2023 - 1006 = 1017$  лет. **(1 балл)**

Остаток сверхновой расширяется в обе стороны, следовательно за прошедшее время он расширился на **(3 балла)**:

$$D_{\text{сн}} = 2 \cdot V \cdot t = 2 \cdot 10000 \cdot 1017 \cdot 365,26 \cdot 86400 = 6,4 \cdot 10^{14} \text{ км} \approx 20,7 \text{ пк}$$

Определим расстояние до остатка сверхновой, если мы видим его под углом

$$\theta = 30' = 1800''.$$

Воспользуемся формулой углового размера:

$$\theta = 206265'' \frac{D_{\text{сн}}}{L} \Rightarrow L = 206265'' \frac{D_{\text{сн}}}{\theta} = 206265'' \frac{20,7}{1800} \approx 2372 \text{ пк} \approx 2,4 \text{ кпк}.$$

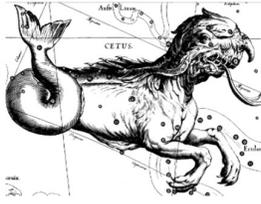
**(4 балла: 2 балла за формулу, 2 балла за полученный верный ответ)**

**Итого максимум 8 баллов за задачу.**

---

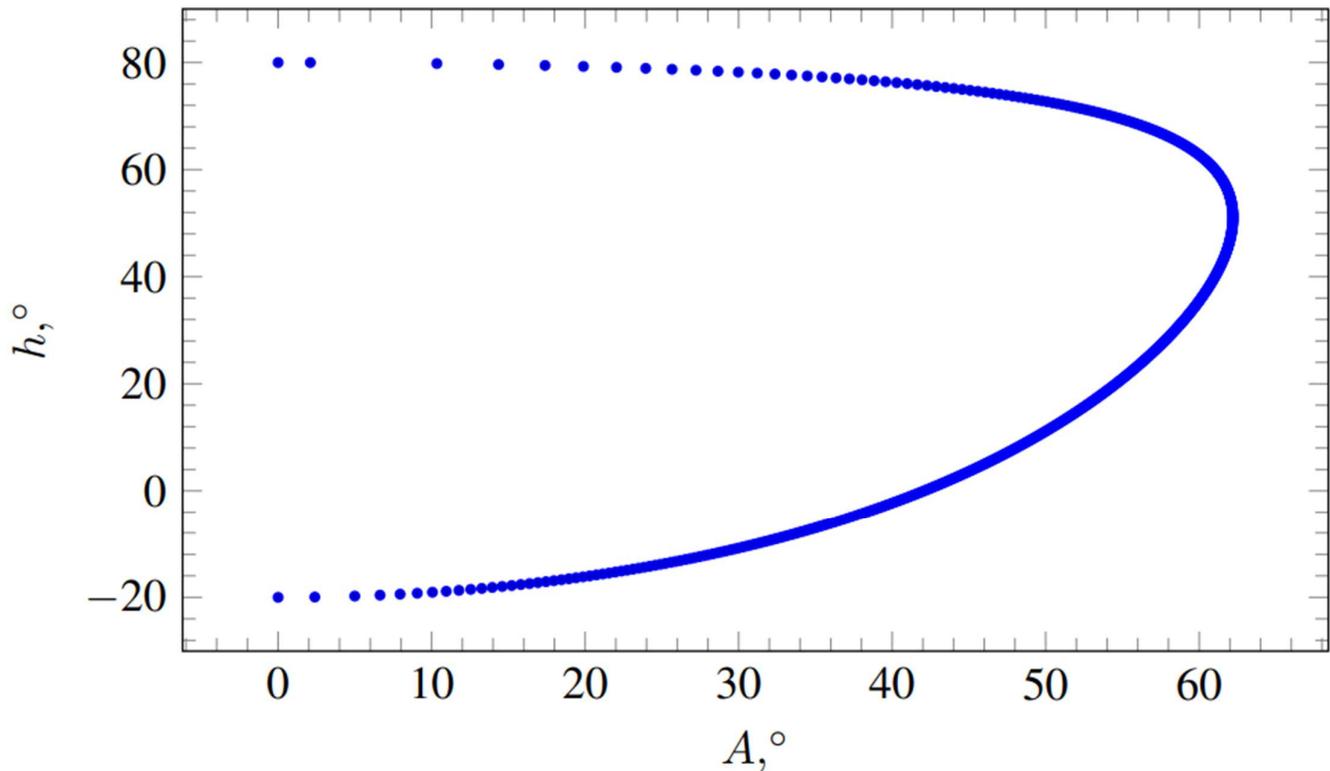
**Задача 6. Альт-азимутальная задача (8 баллов).**

Вам дана зависимость высоты некоторой звезды от ее астрономического азимута. Определите широту места наблюдения и склонение звезды.



Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии

9 класс, 2023/2024 учебный год  
Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.



**Возможное решение:**

Астрономический азимут звезды не превышает  $90^{\circ}$ , это говорит о том, что звезда не пересекает первый вертикал и все время находится в южной части неба. **(1 балл)**

Кроме того, модуль высоты верхней кульминации больше модуля высоты нижней, значит наблюдатель находится в южном полушарии. То, что событие происходит в южном полушарии можно также понять из того факта, что нижняя кульминация происходит со стороны точки юга (азимут  $0$ ), а не точки севера. В северном полушарии такая ситуация невозможна. **(1 балл за аргументированный вывод о том, что наблюдатель находится в южном полушарии)**

И верхняя, и нижняя кульминации происходят при азимуте  $A = 0^{\circ}$  **(1 балл)** на высотах:

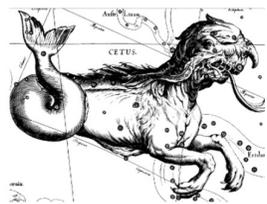
$$h_{\uparrow} = 80^{\circ}, h_{\downarrow} = -20^{\circ}. \text{ (1 балл)}$$

В нашем случае обе кульминации звезды происходят по одну сторону от зенита

$$h_{\uparrow} = 90^{\circ} + \phi - \delta; \text{ (1 балл);}$$

$$h_{\downarrow} = -90^{\circ} - \phi - \delta, \text{ (1 балл).}$$

Решим систему из двух уравнений с двумя неизвестными:



**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии**

9 класс, 2023/2024 учебный год

Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.



---

$$80^{\circ} = 90^{\circ} - \phi + \delta;$$

$$-20^{\circ} = -90^{\circ} - \phi - \delta.$$

Получим:  $80^{\circ} = 90^{\circ} + \delta - (-70^{\circ} - \delta)$ , тогда  $\delta = -40^{\circ}$  (1 балл)  $\Rightarrow \phi = -30^{\circ}$  (1 балл).

***Итого максимум 8 баллов за задачу.***

---