

**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

9 класс, 2022/2023 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.



Задача 1. События ноября (8 баллов).

Во время полного лунного затмения 8 ноября 2022 года наблюдалось еще одно интересное явление – покрытие Урана Луной.

- а) В какой фазе находилась Луна 8 ноября 2022 года?
- б) Определите дату ближайшего полнолуния.
- в) Определите, когда состоится ближайшее соединение Урана с Солнцем (достаточно указать месяц и год).

Возможное решение:

а) Полное лунное затмение наблюдается, когда Луна входит в конус тени от Земли (т.е. на одной линии оказываются Солнце, Земля и Луна, причем Земля между Солнцем и Луной). При этом земной наблюдатель видит освещенную половину Луны, что соответствует полнолунию. **(2 балла: 1 балл за ответ + 1 балл за аргументацию; только верный ответ без аргументации оценивается в 1 балл!)**

б) Смена фаз Луны происходит со средней периодичностью в один синодический (лунный) месяц – около 29,5 суток. Следовательно, следующее полнолуние наступит **8 декабря 2022 года** (точнее утром 8 декабря; в качестве верного ответа можно засчитать и **7 декабря 2022 года**, так как точного времени наступления предыдущего полнолуния учащийся не знает). **(2 балла: 1 балл за ответ + 1 балл за аргументацию; только верный ответ без аргументации оценивается в 1 балл!)**

В случае, если вместо синодического периода участник использует сидерический (27,3 сут), то за весь пункт в) ему можно поставить максимум 1 балл.

Ответы 5 декабря, 6 декабря, 9 декабря и другие не могут быть засчитаны как верные!

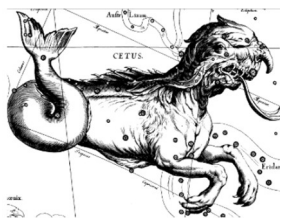
в) Так как произошло покрытие Урана Луной, то Уран вместе с Луной находились на небе в противоположной стороне от Солнца, т.е. Уран находился в **противостоянии** (1 балл). Соединение Урана с Солнцем произойдет через половину синодического периода Урана.

Первый вариант рассуждений:

Уран – внешняя планета, найдем его синодический период с помощью формулы:

$$1/S = 1/T_3 - 1/T_y. \text{ (1 балл) } T_y = 84 \text{ года, } T_3 = 1 \text{ год, значит}$$

$$1/S = 1 - 1/84 = 83/84, \text{ т.е. } S \approx 1,012 \text{ года} \approx 370 \text{ суток. (1 балл)}$$



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

9 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 48 баллов.



Соединение Урана с Солнцем произойдет через $S/2 = 185$ суток, т.е. **в середине мая 2022 года. (1 балл)**

Второй вариант рассуждений: Можно было рассуждать и без формулы следующим образом. Радиус орбиты Урана значительно больше радиуса орбиты Земли, поэтому его сидерический (звездный) период намного больше периода обращения планеты Земля вокруг Солнца, т.е. намного больше года **(1 балл)**. Значит за то время, как Земля сделает 1 оборот вокруг Солнца, Уран пройдет малую часть своей орбиты **(1 балл)**. Следовательно, соединение Урана с Солнцем должно произойти чуть позднее, чем через полгода. Противостояние было в начале ноября, значит соединение придется на **май 2022 года (1 балл)**.

Задача 2. Солнце из Юпитера (8 баллов)

При компьютерном моделировании молодой ученый Святозар объединял планеты с параметрами, сходными с Юпитером, для получения звезды, похожей на Солнце.

- а) Почему для моделирования выбран именно Юпитер?
- б) Сколько планет понадобилось Святозару?
- в) Можно ли получить «Солнце» из множества планет, похожих на Венеру?
- г) Сколько таких планет понадобится?

Возможное решение:

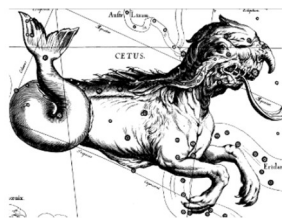
а) Химический состав Юпитера – газового гиганта – схож с химическим составом Солнца. Кроме того, он является самой крупной планетой. Это и есть основные причины выбора Святозаром именно Юпитера. **(2 балла)**. По химическому составу подходит также Сатурн, но он имеет меньший размер, поэтому понадобится больше планет для создания звезды.

б) Для создания звезды достаточно собрать нужную массу, а дальше под действием гравитации будет происходить необходимое сжатие и разогрев вещества.

Масса Солнца (см. справочные материалы) $m_c = 1,989 \cdot 10^{30}$ кг,

масса Юпитера $m_{ю} = 1,899 \cdot 10^{27}$ кг, поэтому понадобится $N = m_c / m_{ю} \approx 1047,4 \approx 1050$ планет **(2 балла)**.

в) Сделать «Солнце» из планет, похожих на Венеру, напрямую не получится, так как их химический состав очень разный **(2 балла)**.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

9 класс, 2022/2023 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.



г) Можно попробовать извлечь из Венеры водород и гелий, а потом из этого материала создавать звезду. Тогда для оценки количества планет нужно знать процент содержания водорода и гелия в составе Венеры. Маловероятно, что участники помнят состав Венеры и ее атмосферы, однако они могут оценить, что совокупное содержание водорода и гелия не может превышать 0,01% от массы Венеры (*любое меньшее значение вплоть до 0,0001% можно считать верным*). Такая оценка является завышенной, но ее достаточно для грубой оценки количества планет.

Масса Венеры $m_v = 4,869 \cdot 10^{24}$ кг, тогда $N_2 = m_c / 0,0001 m_v \approx 4 \cdot 10^9$ планет (при других допустимых оценках количество планет может быть до $4 \cdot 10^{11}$ штук). **(1 балл за идею о выделении водорода и гелия и 1 балл за оценку количества планет).**

Задача 3. Каникулярные наблюдения (8 баллов).

Однажды юный астроном Витя, отдыхая на каникулах у бабушки, обнаружил, что ровно в местную полночь Вега (α Лиры с координатами $\alpha = 18^h 37^m$, $\delta = +38^\circ 47'$) прошла через зенит. Увиденное Витя записал в дневник наблюдений, не забыв указать, в какой день это произошло.

- а) Где живет бабушка Вити? Достаточно указать географическую широту места.
- б) Какую дату Витя записал рядом с этим событием в свой дневник наблюдений? (день и месяц).

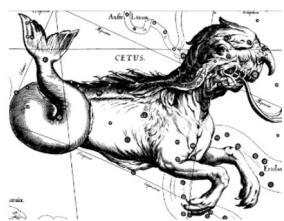
Возможное решение:

- а) Так как Вега проходит через зенит, то в момент верхней кульминации Вега находится в зените **(1 балл)**. Будем использовать формулу верхней кульминации:

$$h_B = (90^\circ - \varphi) + \delta = 90^\circ \quad (1 \text{ балл}).$$

Для нашего случая $\varphi = \delta = 38^\circ 47'$ с.ш. **(1 балл) (итого максимум 3 балла за пункт а)).**

- б) Теперь определить дату наблюдений. В задаче сказано о местной полночи, значит в этот момент Солнце находится в своей нижней кульминации **(1 балл)**. Поэтому Вега и Солнце лежат на одном большом круге небесной сферы и их прямые восхождения отличаются на



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

9 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 48 баллов.



12 ч (или на 180^0). Т.е. прямое восхождение Солнца будет: $\alpha = 18^{\text{ч}} 37' - 12^{\text{ч}} = 6^{\text{ч}} 37^{\text{м}}$. (1 балл).

Это на 37 минут к востоку от точки летнего солнцестояния, которое Солнце проходит 22 июня. Осталось посчитать, за сколько дней Солнце пройдет по эклиптике угол в 37 минут (несмотря на то, что прямое восхождение отсчитывается по небесному экватору, а не по эклиптике, будем считать, что отличие в углах невелико).

Солнце проходит по эклиптике:

$$\omega_{\odot} = \frac{360^{\circ}}{365,2426 \text{ дня}} \approx 0,99^{\circ} \text{ в день} \quad (1 \text{ балл})$$

Переведем 37 минут в градусы: $37/4 = 9,25^0$ (делим на 4, так как в одном градусе 4 временных минут).

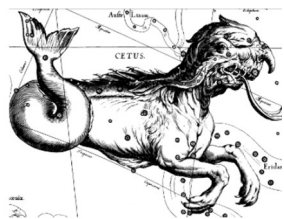
Важно также то, что Солнце вблизи солнцестояний движется параллельно небесному экватору, поэтому наклон эклиптики к небесному экватору можно не учитывать. Следовательно, пройдет примерно $9,25^0/0,99 \approx 9,3$ для (2 балла).

Теперь несложно получить и дату наблюдений – это 1 июля или самое начало 2 июля (1 балл). Так что Витя отдыхал у бабушки во время летних каникул.

Задача 4. Знаток созвездий (8 баллов).

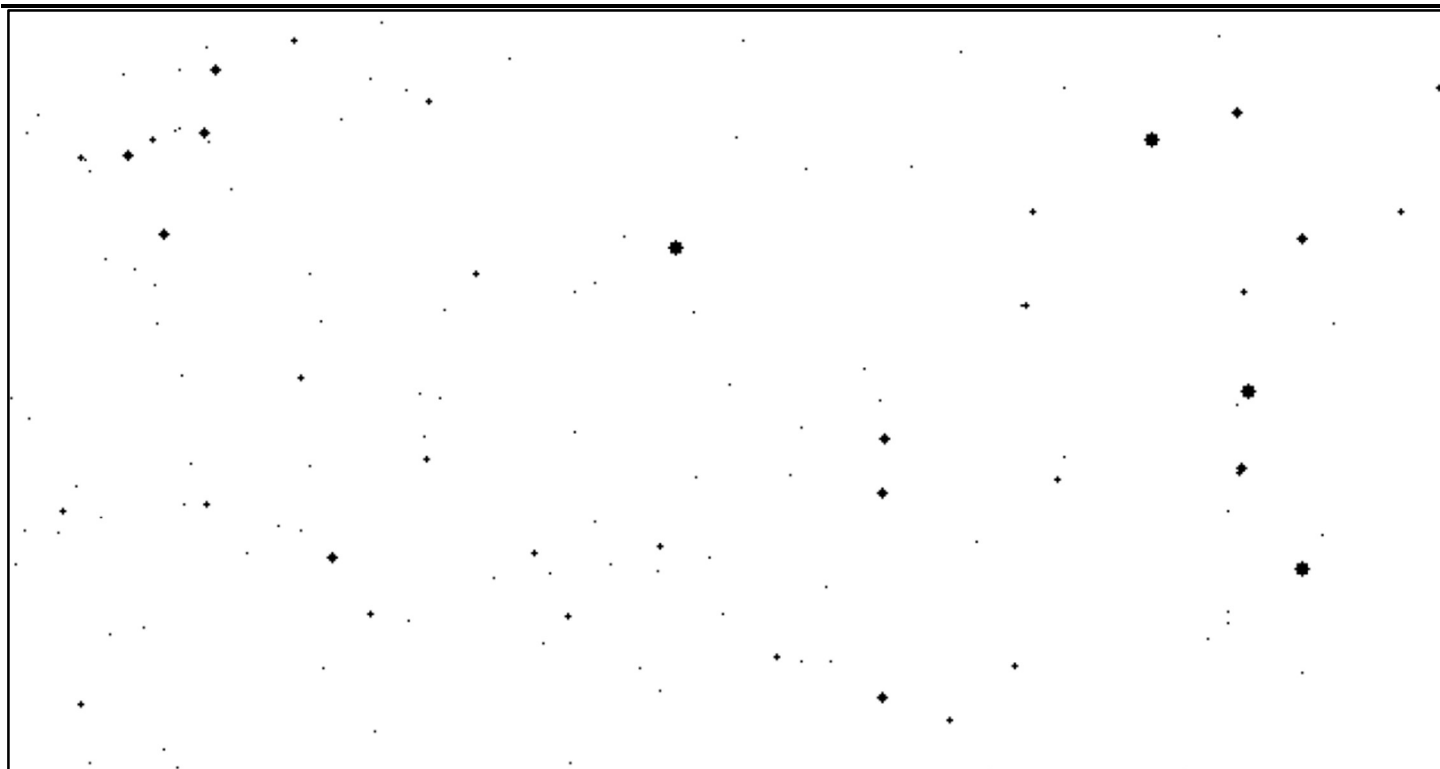
На рисунке представлен негатив фотографии звездного неба.

- а) Как называется созвездие, расположенное в правой верхней части кадра?
- б) Найдите на фотографии еще два созвездия. Как они называются?
- в) Что такое астеризм? Есть ли на фото астеризмы и если есть, то покажите их и подпишите названия.
- г) Приведите название самой известной яркой звезды из тех, что присутствуют на фото.

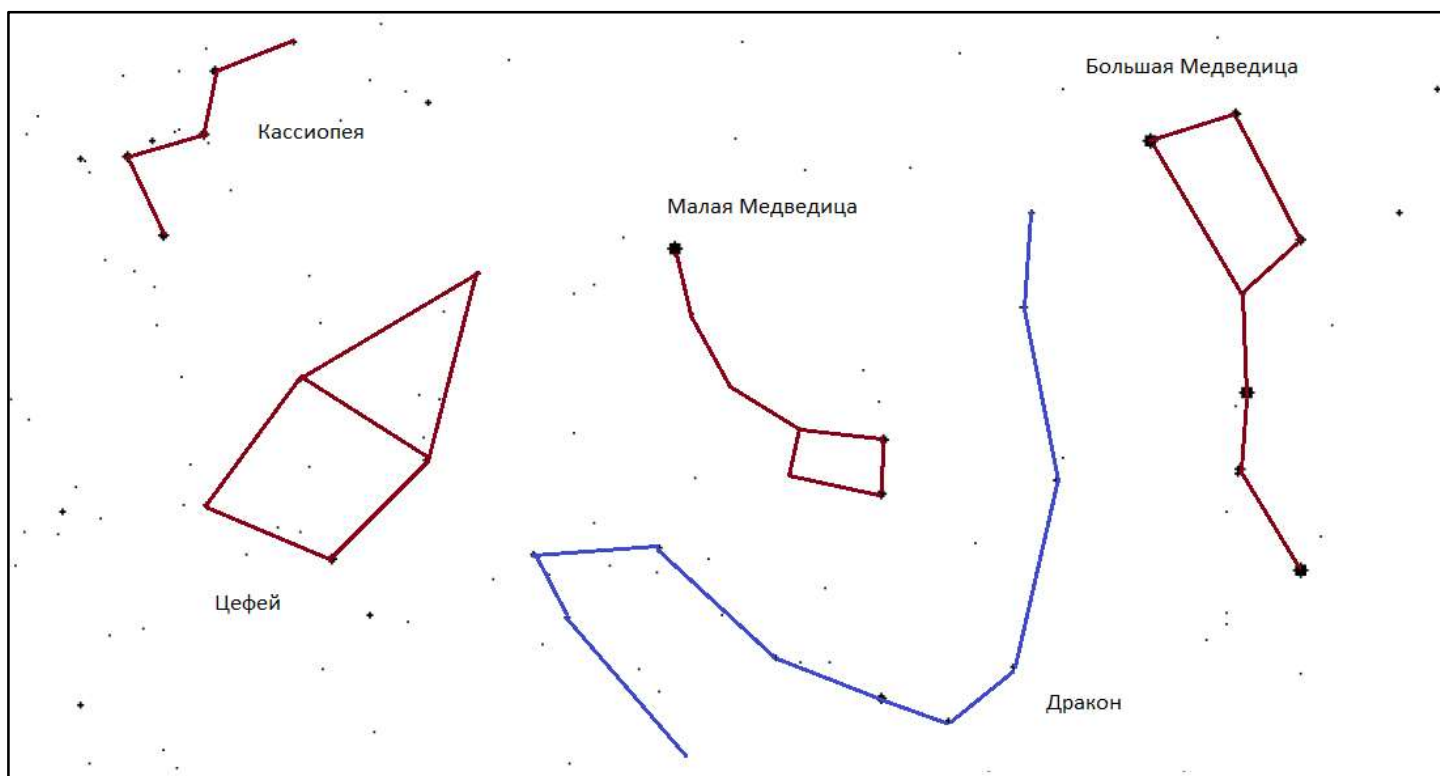


Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии

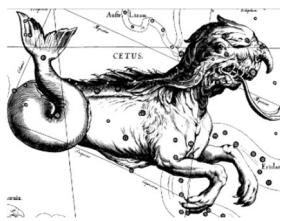
9 класс, 2022/2023 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.



Возможное решение:



а) В правой части кадра расположено созвездие **Большая Медведица**. (1 балл)



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

9 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 48 баллов.



б) На фотографии можно определить еще три созвездия – **Кассиопея, Малая Медведица и Цефей** (см. рисунок). На карте можно определить также часть созвездия Дракона (без головы). *За любые два из них ставится по 2 балла за каждое, итого максимум 4 балла за этот пункт.* С указанными созвездиями соседствуют Гончие Псы, Жираф, Ящерица, Волопас, но их частичные очертания не угадываются.

Если участник обозначил иные созвездия (неверно соединил звезды или неправильно подписал), то за каждое неверное созвездие минус 1 балл (общая оценка должна составить не менее 0 баллов за пункт б)).

в) **Астеризм** – это легко различимая группа звезд, имеющая исторически устоявшееся самостоятельное название (**1 балла**). На рисунке обозначены астеризмы **Большой ковш, Малый ковш** и астеризм «W». Достаточно указания хотя бы одного из них (**1 балл**).

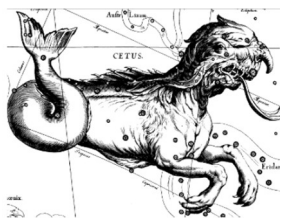
г) «Хвост» Малой Медведицы заканчивается **Полярной звездой (1 балл)**. Она указывает на Северный полюс мира и используется для ориентирования (например, в навигации).

Задача 5. Немного о будущем (8 баллов).

Заглянем в ближайшее будущее. Представим, что 1 июня 2100 года на гелиоцентрическую орбиту вывели новейший зонд для исследования космоса. Большая полуось заданной гелиоцентрической орбиты отличается от большой полуоси земной орбиты на 10%. Орбита зонда и орбита нашей планеты практически круговые и лежат в одной плоскости. Определите с точностью до недели дату (день, месяц, год), в которую Земля и космический зонд вновь окажутся на одной прямой с Солнцем по одну сторону от него.

Возможное решение:

Определим период обращения космического зонда (КЗ) вокруг Солнца. В условии не сказано, в какую сторону отличается большая полуось орбиты – в большую или в меньшую. Поэтому необходимо рассмотреть два варианта – в первом случае КЗ движется по орбите с большой полуосью $a = 1,1$ а.е., во втором случае $a = 0,9$ а.е. (**1 балл**).



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии

9 класс, 2022/2023 учебный год
Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.



Определим период обращения КЗ вокруг Солнца через III закон Кеплера:

$$\left(\frac{a}{a_{\oplus}}\right)^3 = \left(\frac{T}{T_{\oplus}}\right)^2, \quad (1 \text{ балл за формулу})$$

где в знаменателях стоят большая полуось (1 а.е.) и период обращения (1 год) Земли.

В первом случае $T_{\text{КЗ}} = \sqrt{1,1^3} \approx 1,154$ лет (1 балл);

во втором случае $T_{\text{КЗ}} = \sqrt{0,9^3} \approx 0,854$ года (1 балл).

Найдем период S повторения одинаковых конфигураций (в первом случае – противостояния, во втором случае – соединения) – синодический период обращения КЗ.

В первом случае это будет формула для внешнего тела:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{\text{КА}}}$$

Отсюда $S = 7,506$ лет ≈ 7 лет 185 дней (если подставлять уже округленное значение $T_{\text{КЗ}}$, то получим 7 лет 180 дней) (1 балл).

Во втором случае нужно использовать формулу для внутренней орбиты:

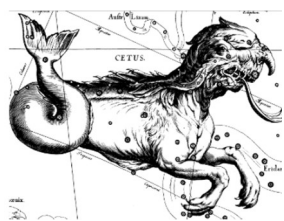
$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{КА}}} - \frac{1}{T_{\oplus}}$$

Отсюда $S = 5,841$ лет ≈ 5 лет 307 дней (если подставлять уже округленное значение $T_{\text{КЗ}}$, то получим 5 лет 310 дней) (1 балл).

Теперь можно ответить на вопрос задачи. Для этого необходимо прибавить к дате 01.06.2100 соответствующее значение S . При требуемой точности в несколько дней можно не учитывать наличие високосных лет, поэтому в первом случае получим **01.12.2107** (1 балл), а во втором случае **02.04.2106** (1 балл).

Допустимые отклонения в ответе – не более 7 дней от указанных дат.

Т.е. для первого случая от 24.11.2107 до 08.12.2107, а для второго случая от 25.03.2106 до 09.04.2106.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

9 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 48 баллов.



Возможен еще один вариант, который вряд ли был бы реализован на практике (из-за его высокой стоимости), но теоретически существует, поэтому может быть рассмотрен – это запуск зонда в сторону, противоположную движению Земли вокруг Солнца.

В этом случае для внешней и для внутренней орбит формула для вычисления синодического периода будет одинакова:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} + \frac{1}{T_{КА}}$$

Соответственно, получится либо 0,536 года = 196 суток либо 0,461 года = 168 суток.

И ответ для этого случая будет $2100,411 + 0,536 = 2100,947$ (или 14-12-2100 г.) для большей орбиты и $2100,411 + 0,461 = 2100,872$ (16-11-2100 г.) для меньшей орбиты.

За рассмотрение дополнительных случаев с обратным движением КЗ за задачу ставится +2 балла, но не более 8 баллов в сумме за задачу. (Т.е. возможен случай, когда участник рассмотрел все варианты, но допустил арифметические и иные ошибки, но суммарный балл получился максимальным).

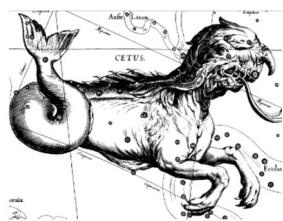
Арифметическая ошибка снижает на 1 балл оценку только того этапа, на котором она была допущена!

Задача 6. Скорость расширения (8 баллов).

В 1054 году произошла вспышка Сверхновой, в результате которой появилась Крабовидная туманность. Известно, что расстояние от Солнца до туманности примерно 2 кпк. В наше время угловой диаметр туманности оставляет 6'. Оцените среднюю скорость (в км/с), с которой края туманности удалялись от места вспышки Сверхновой.

Возможное решение:

Так как нас просят оценить среднюю скорость, а не вычислить точно, то можно считать, что с момента вспышки прошло около 1000 лет (**1 балл**). За это время края туманности прошли 3' на небе (**1 балл**). Можно найти линейное расстояние, пройденное краями



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

9 класс, 2022/2023 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 48 баллов.



туманности, используя формулу для случая малых углов (можно записывать и через тангенс угла):

$\rho = r/L$, где $L = 2000$ пк, $\rho = 3' = 0,000872$ рад, **(3 балла)**

тогда $r = 1,74$ пк $\approx 360\,000$ а.е. **(1 балл)**

Следовательно, скорость движения краев туманности составляет 360 а.е./год. Если перевести эту величину в км/с, то получим примерно 1700 км/с. **(2 балла)**

Участник олимпиады может делать более точные расчеты, поэтому результирующая скорость может отличаться от представленной. Это не является ошибкой и не должно приводить к снижению оценки за решение.