

Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии

8 класс, 2024/2025 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 50 баллов.



Задача 1. Нейтронная звезда (8 баллов).

Один из возможных результатов эволюции звезд – это сверхплотная нейтронная звезда. Состоит нейтронная звезда преимущественно из нейтронов и покрыта тонкой корой тяжелых атомных ядер. Пусть радиус некоторой нейтронной звезды равен 16 км, а плотность $3 \cdot 10^{14}$ г/см³. Пренебрежем наличием у нейтронной звезды тонкой коры из тяжелых атомных ядер и будем считать ее одним огромным атомным ядром, состоящим целиком из нейтронов. Сколько нейтронов в такой нейтронной звезде? Оцените среднее расстояние между центрами соседних нейтронов в этой звезде. Масса одного нейтрона $1,675 \cdot 10^{-27}$ кг.

Возможное решение:

Сначала определим объем нейтронной звезды (**1 балл**, численное значение получать не обязательно, можно решать в общем виде):

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot (16000)^3 \approx 17 \cdot 10^{12} \text{ м}^3.$$

и массу данной в условии нейтронной звезды (**1 балл**, численное значение получать не обязательно, можно решать в общем виде):

$$m = \rho V = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = 3 \cdot 10^{17} \cdot \frac{4}{3}\pi \cdot (16000)^3 = 5,15 \cdot 10^{30} \text{ кг}.$$

Теперь определим количество нейтронов в звезде. Для этого полученное значение массы нужно разделить на массу нейтрона $1,675 \cdot 10^{-27}$ кг (**1 балл** за формулу + **1 балл** за численный ответ):

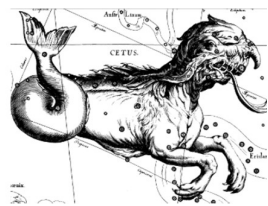
$$N = \frac{m}{1,675 \cdot 10^{-27}} = 3,1 \cdot 10^{57} \text{ штук}.$$

Теперь оценим среднее расстояние между центрами нейтронов. На каждый нейтрон приходится некоторый объем $V_0 = V/N \approx 5,5 \cdot 10^{-45} \text{ м}^3$. (**1 балл**, численное значение получать не обязательно, можно решать в общем виде).

Если считать этот объем кубом, то ребро этого куба $a = \sqrt[3]{V_0} \approx 1,8 \cdot 10^{-15} \text{ м}$ (**1 балл** за формулу + **1 балл** за численный ответ).

Это и можно считать оценкой расстояния между центрами соседних нейтронов в звезде.

Рассмотрение объема, приходящегося на каждый нейтрон, в виде шара даст другой численный ответ, что не является ошибкой. Такой подход при верных вычислениях оценивается в полном объеме.



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии

8 класс, 2024/2025 учебный год

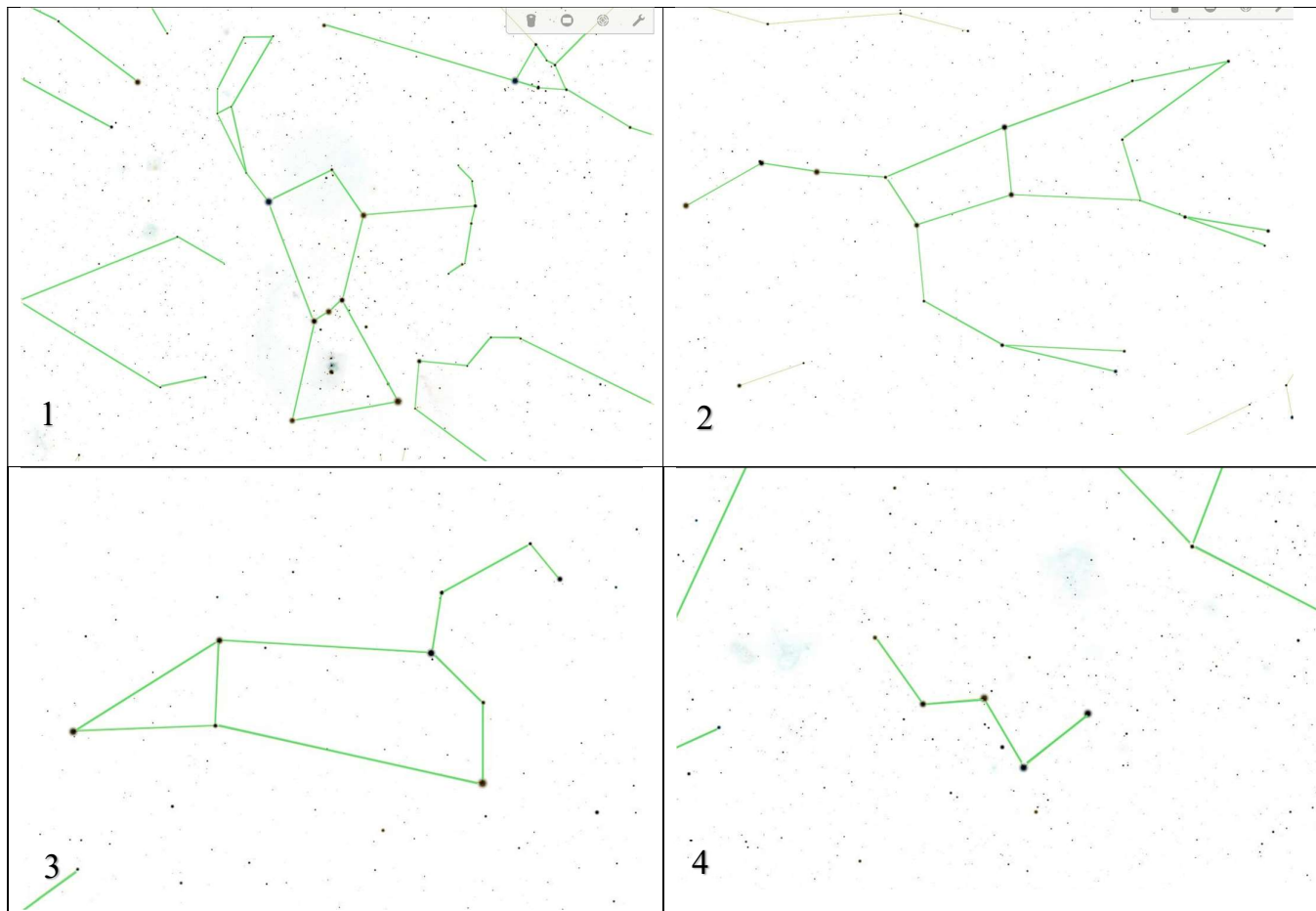
Длительность 3 часа.

Максимум 50 баллов.



Задача 2. Что по созвездиям? (8 баллов)

На рисунках ниже приведены 4 созвездия. Что это за созвездия? Какие наиболее яркие звезды в этих созвездиях вам известны? В какое время года видны эти созвездия в Башкирии. Есть ли среди них созвездия, которые видны круглый год?



Возможное решение:

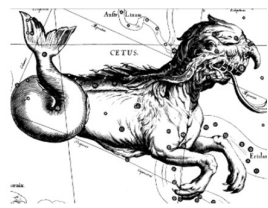
1 – Орион. Яркие звезды Бетельгейзе, Ригель. Созвездие может быть видно в конце лета (начиная с середины августа), осенью, зимой и в первой половине весны (до середины апреля), наилучшие условия для наблюдений в ноябре — январе.

2 – Большая Медведица. Яркие звезды Алиот, Дубхе. В Башкирии видно круглый год.

3 – Лев. Яркая звезда Регул. Солнце находится в созвездии с 10 августа по 15 сентября, в этот период созвездие нельзя наблюдать. Лучшее время наблюдения – февраль и март.

4 – Кассиопея. Яркие звезды Шедар, Каф. В Башкирии видно круглый год.

Принцип оценивания одинаков для каждого из созвездий: 0,5 балла за верное название созвездия + 0,5 балла за хотя бы одну верную яркую звезду + 1 балл за условия видимости.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

8 класс, 2024/2025 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 50 баллов.



Задача 3. Много событий (8 баллов)

В один из богатых на событие дней астрономы зафиксировали сразу несколько интересных событий. Ниже перечислены некоторые из этих событий с указанием момента фиксации по всемирному времени.

- 1) От Солнца оторвался огромный протуберанец и улетел в космос в 2 часа 25 минут.
- 2) Над Турцией видели очень яркий метеор в 2 часа 23 минуты.
- 3) На Луне вблизи кратера Иделер упал метеорит размером 10 метров в 2 часа 14 минут.
- 4) значительное изменение яркости одной из звезд в рассеянном звездном скоплении Гиады в 3 часа 10 минут.
- 5) На спутнике Сатурна Энцеладе начал извергаться один из отслеживаемых вулканов в 2 часа 43 минуты (Сатурн в этот момент находился в противостоянии).
- 6) В Туманности Андромеды вспыхнула новая звезда в 3 часа 52 минуты.

Расставьте эти события в хронологической последовательности (от того, которое произошло раньше всех, до самого позднего). Свою расстановку событий объясните.

Возможное решение:

Из-за конечности скорости света чем дальше от нас объект, тем дольше от него идет свет, поэтому мы по сути видим «прошлое» объекта. Момент времени t , который зафиксировали астрономы, связан с моментом времени t_0 , в который в действительности произошло событие, следующим образом:

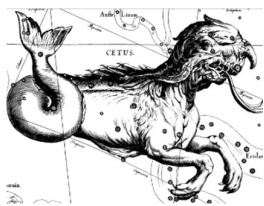
$t_0 = t - l/c$, где l – расстояние до объекта, $c = 300\,000$ км/с – скорость света. **(1 балл)**

Найдем t_0 для каждого из указанных событий.

1) Солнце расположено от нас на расстоянии $l_1 = 149\,600\,000$ км. Свет от Солнца до нас идет: $l_1/c = 149\,600\,000 / 300\,000 = 499$ с = 8,3 минуты, т.е. 8 минут 19 секунд. Поэтому отрыв протуберанца произошел на самом деле в 2 часа 17 минут примерно (большая точность не требуется).

2) Событие происходит очень близко от поверхности земли (буквально в нескольких десятках километра), поэтому разница времени незначительная. Будем считать, что время события равно времени фиксации 2 часа 23 минуты.

3) Луна находится на расстоянии 384000 км от Земли. Свет проходит это расстояние за $384\,000/300\,000 = 1,28$ секунды. Значит, время фиксации практически совпадает с временем события 2 часа 14 минут.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

8 класс, 2024/2025 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 50 баллов.



4) Рассеянное звездное скопление Гиады расположено от нас на расстоянии около 150 световых лет, т.е. мы видим событие, произошедшее около 150 лет назад.

5) Расстояние до Энцелада можно примерно считать равным расстоянию до Сатурна. Для Сатурна афелий равен примерно 10 а.е., перигелий примерно 9 а.е. Значит если Сатурн находится в противостоянии, то расстояние до него не может быть меньше 8 а.е. $1 \text{ а.е.} = 149\,600\,000 \text{ км}$, тогда $8 \text{ а.е.} = 1\,196\,800\,000 \text{ км}$. Это расстояние свет проходит за $1\,196\,800\,000 \text{ км} / (300\,000 \text{ км/с}) = 3989 \text{ с} = 66,5 \text{ мин}$. Тогда извержение вулкана началось примерно в 1 час 36 минут.

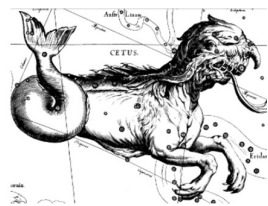
6) Туманность Андромеды – это ближайшая к нам из крупных галактик. Расстояние до нее 800 кпк, т.е. $800 \cdot 3260 = 2\,608\,000 \text{ лет}$. Свет от нее до нас идет более 2,5 миллионов лет! Так что все события в ней происходили на самом деле очень давно.

Теперь восстановим хронологию событий.

Первым из представленных произошло событие 6) в Туманности Андромеды, затем 4) в Гиадах, далее событие 5) на Энцеладе, после чего события 3), 1) и 2). Верная последовательность: **645312**.

(по 1 баллу за анализ каждого из событий (итого максимум 6 баллов) + 1 балл за верную последовательность).

Для верного ответа на вопрос не нужно знать расстояния до Гиад и Туманности Андромеды. Достаточно понимания того, что Гиады находятся за пределами Солнечной Системы, но в пределах нашей Галактики, а Туманность Андромеды – другая Галактика, поэтому свет от Гиад идет точно не один год, а от Туманности Андромеды – намного дольше.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

8 класс, 2024/2025 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 50 баллов.



Задача 4. Яблони и Марс (8 баллов).

Витя прочитал в журнале про человека, который сажал одну яблоню у себя в саду каждое противостояние с Марсом. Первую яблоню этот человек посадил ровно в 6 лет, а умер он через несколько дней после своего 77-летия. Сколько всего яблонь посадил этот человек за все это время?

Возможное решение:

Посчитаем синодический период Марса. Марс – внешняя по отношению к Земле планета, сидерический период Марса 687 дней (из справочных данных). **(1 балл)**

Поэтому **(2 балла)**:

$$1/S = 1/T_3 - 1/T.$$

Тогда $S = T \cdot T_3 / (T - T_3) = 365,25 \cdot 687 / (687 - 365,25) = 780$ суток = 26 месяцев **(2 балла)**

Человек с момента посадки первого дерева прожил еще $77 - 6 = 71$ год ≈ 852 месяца и успел посадить $852/26 = 32,7$ т.е. 32 дерева **(2 балла)**.

С учетом первого посаженного дерева в саду человека после смерти оказалось 33 яблони **(1 балл)**.

Задача 5. Гражданское время (8 баллов).

Определите, чему равно гражданское время в Уфе ($54^\circ 44'$ с.ш., $55^\circ 58'$ в.д., часовой пояс UTC +5) в момент верхней кульминации Солнца. Уравнением времени и эллиптичностью орбиты Земли пренебречь.

Возможное решение:

На долготе 0 (Гринвич) верхняя кульминация Солнца происходит ровно в 12 часов. **(2 балла)**

Гринвич западнее Уфы, поэтому когда в Уфе происходит верхняя кульминация Солнца, на Гринвиче еще утро. Поэтому всемирное время в Уфе в полдень $T_G = T_y - (\lambda_y - \lambda_G)$. **(2 балла за формулу)**

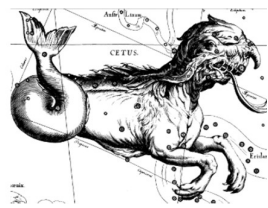
Переведем $(\lambda_y - \lambda_G)$ из градусов в часы: $(55^\circ 58' / 360^\circ) \cdot 24^h = 3$ ч 43 мин 52 с. **(1 балл за перевод)**

Тогда $T_G = 8$ ч 16 мин 8 с. **(1 балла за верное численное значение)**

Теперь определим гражданское время в Уфе, учтя часовой пояс:

$T = 8$ ч 16 мин 8 сек + 5 ч = 13 ч 16 мин 8 с. **(2 балла)**

Примечание по оцениванию: участник может не решать задачу поэтапно, а составить одну формулу, внутри которой выполнить перевод и сделать расчеты один раз. В этом случае все соответствующие этапы решения засчитываются автоматически.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

8 класс, 2024/2025 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 50 баллов.



Задача 6. Вторая Луна? (10 баллов).

8 августа 2024 года к Земле приблизился астероид 2024 PT5 из группы астероидов Арджуна. В средствах массовой информации написали, что у Земли появилась «вторая Луна» и представили фотографию, приведенную ниже.

- 1) Оцените, на каком расстоянии от Земли должен находиться астероид, чтобы его угловой размер был таким, как на фотографии. Угловой размер Луны считать равным $0,5^\circ$, линейный размер астероида 10 м.
- 2) Проанализируйте с физической и астрономической точки зрения, возможно ли на самом деле такое сближение астероида с Землей.

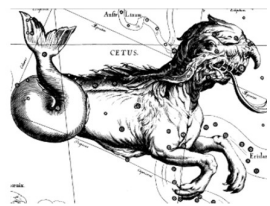
Приведены два экземпляра фотографии для удобства построений.

При необходимости этот лист с построениями и пометками можно сдать вместе с работой.



Возможное решение:

Указание: перед началом проверки необходимо провести контрольные измерения на распечатанном комплекте заданий и пересчитать все значения с учетом полученных значений.



**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии**

8 класс, 2024/2025 учебный год

Длительность 3 часа.

Максимум 50 баллов.



1) Судя по рельефу, Луна находится слева (более яркий и меньший по размерам объект), а астероид – справа (**1 балл**)

Отношение измеренных диаметров равно отношению угловых размеров, т.е.

$$x_1/x_2 = 0,5/\alpha, \text{ откуда } \alpha = 0,5 \cdot x_2/x_1 \text{ (**1 балл**)}$$

Воспользуемся формулой:

$$\alpha \approx d/r, \text{ где } d = 10 \text{ м, а } r - \text{ искомое расстояние до астероида. Отсюда } r = d/\alpha. \text{ (**1 балл**)}$$

Для уменьшения погрешности измерения нужно проводить минимум 3 раза (в разных местах), затем находить среднее значение.

Измерим линейкой диаметр Луны минимум в трех местах (чтобы уменьшить погрешность), найдем среднее значение x_1 . *(Если выполнено 1 измерение, то ставится **0,5 балла**, если 2 измерения – ставится **1 балл**, если 3 и более – **1,5 балла**).*

Затем также линейкой измерим диаметр «астероида» минимум в трех местах и тоже найдем среднее значение x_2 . *(Если выполнено 1 измерение, то ставится **0,5 балла**, если 2 измерения – ставится **1 балл**, если 3 и более – **1,5 балла**).*

У авторов при измерениях получились следующие значения: $x_1 = 23$ мм, $x_2 = 34$ мм, тогда $\alpha \approx 0,74^\circ$. Переведем в радианы: $1 \text{ рад} = 206265''$, тогда $0,74^\circ \approx 2664'' \approx 0,013 \text{ рад}$. Посчитаем $r = 744$ метра.

Важно! Поскольку в формулах фигурирует отношение x_1 и x_2 , то оно не должно существенно отличаться от полученного, поэтому численное значение r тоже не должно существенным образом отличаться. Однако все равно необходимо провести контрольные измерения на выданных детям распечатках.

*(Получено численное значение r в диапазоне плюс-минус 5% от контрольного: **2 балла**)*

Итого максимум 8 баллов за данный пункт.

2) Расстояние до астероида получилось порядка 1 км. Это всего примерно в 5 раз больше, чем относительная высота шихана Торатау в Ишимбайском районе (относительная высота 280 м). На таком расстоянии данный астероид не мог бы быть спутником планеты, помешало бы трение и сильное гравитационное притяжение Земли. Если бы астероид приближался на такое расстояние, то он бы уже существенно ускорился и при вхождении в атмосферу Земли из-за трения скорее всего либо полностью бы сгорел, либо его остатки упали бы в виде метеоритов.

*(Обоснованно получен ответ, что такое сближение невозможно: **0,5 балла** за ответ «невозможно» + **1,5 балла** за адекватное с физической и астрономической точек зрения обоснование).*