



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО АСТРОНОМИИ. 2020–2021 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 10 КЛАСС

Задача 1

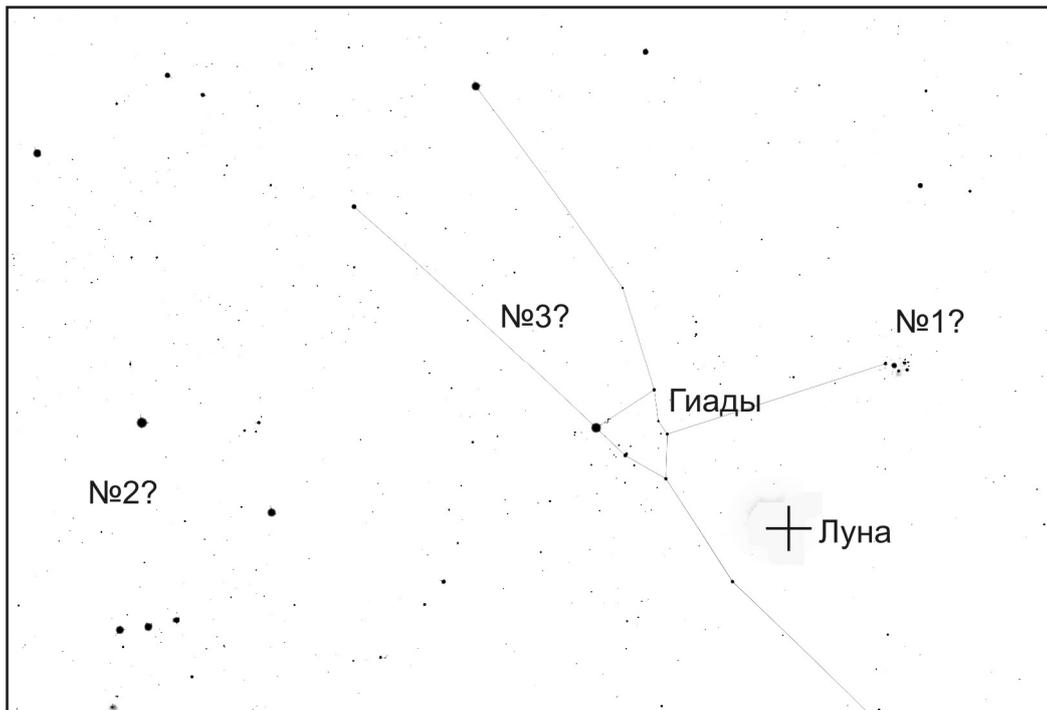
На рисунке показан фрагмент звёздной карты. Нижняя граница рисунка совпадает с западной частью горизонта в месте наблюдения в средних широтах Северного полушария Земли. Крестиком на рисунке отмечено положение молодой Луны.

Как Вы считаете, Луна в ближайшие дни уже была или ещё только будет в скоплении Гиады?

В какую сторону (к Гиадам или от них) направлены «рога» месяца?

Какой объект обозначен №1?

Какие созвездия обозначены №2 и №3?



Ответ: наблюдения ведутся в средних широтах Северного полушария Земли, при этом молодая Луна находится вблизи горизонта в его западной части. Это означает, что мы наблюдаем заход молодой Луны, а Солнце уже скрылось под горизонтом. Молодая Луна движется по небу от Солнца, а значит, она ещё не была в скоплении Гиады, но вскоре может в него вступить. «Рога» молодой Луны всегда направлены от Солнца, т.е. они «смотрят» в направлении Гиад. Значком №1 помечено рассеянное скопление Плеяды, №2 – созвездие Ориона, №3 – созвездие Тельца. *Объяснений ответов от участников не требуется (здесь оно дано в кратком виде для сведения проверяющих).*

Критерии оценивания:

- Верный ответ на вопрос о прохождении Гиад **+2 балла**.
- Верный ответ на вопрос о направлении «рогов» месяца относительно Гиад **+2 балла**.
- Полный верный ответ на вопрос об объекте №1 (наличие слов «Плеяды», «М45» и «скопление») **+2 балла** (по 1 баллу за название («Плеяды», М45) и тип (скопление)).
- Верное название созвездия №2 **+1 балл**.
- Верное название созвездия №3 **+1 балл**.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 2

Выберите верные утверждения.

- 1) Все звёзды-сверхгиганты красного цвета.
- 2) Самой длительной стадией эволюции звезды является термоядерное горение водорода в ядре.
- 3) Всякая большая планета Солнечной системы больше всякого спутника планеты.
- 4) В Москве Канопус можно наблюдать в марте.
- 5) За год на экваторе Земли можно увидеть любое созвездие.
- 6) Луна в фазе первой четверти в средних широтах Северного полушария Земли видна после полуночи.
- 7) Радиант никак не связан с измерением углов.
- 8) Юпитер в восточной квадратуре виден после захода Солнца.

Ответ: 2, 5, 7, 8

Критерии оценивания:

- Каждый правильный ответ **по + 2 балла**.
 - Каждый неправильный ответ **минус 2 балла**.
- Суммарная оценка не может быть отрицательной.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 3

Какие из перечисленных методов являются прямыми методами определения расстояния в астрономии?

- 1) радиолокация
- 2) лазерная локация
- 3) «стандартная свеча»
- 4) годичный параллакс
- 5) закон Хаббла

Ответ: 1, 2, 4

Критерии оценивания:

- Указание радиолокации и лазерной локации по **+2 балла** за каждый метод.
- Указание годичного параллакса **+4 балла**.
- Указание закона Хаббла или «стандартной свечи» снижает оценку на **2 балла** за каждый метод.

Суммарная оценка не может быть отрицательной.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 4

Известно, что звёзды образуются в гигантских молекулярных облаках, в которых концентрация частиц намного больше, чем в окружающей межзвёздной среде. В одном из таких облаков число молекул водорода в объёме, равном объёму земного шара, составляет $2.2 \cdot 10^{29}$. Радиус облака равен 20 пк. Чему равна концентрация молекул в нём? Считая, что облако полностью состоит из молекул водорода, определите его массу в массах Солнца. Радиус Земли $R_{\oplus} = 6378.2$ км, масса Солнца $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$ кг, масса протона $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$ кг.

Решение

1) Концентрация частиц – это число частиц в единице объёма, например, в 1 см^3 . Для рассматриваемого случая:

$n = \frac{N_{\oplus}}{V_{\oplus}}$, где N_{\oplus} – число молекул водорода в объёме, равном объёму Земли V_{\oplus} .

$$n = \frac{N_{\oplus}}{V_{\oplus}} = \frac{N_{\oplus}}{\frac{4}{3}\pi R_{\oplus}^3} = \frac{3N_{\oplus}}{4\pi R_{\oplus}^3},$$

$$n \approx \frac{3 \cdot 2.2 \cdot 10^{29}}{4 \cdot 3.14 (6378.2 \cdot 10^3)^3 \text{ м}^3} \approx 2 \cdot 10^8 \frac{\text{частиц}}{\text{м}^3}.$$

2) Полное число молекул в облаке:

$$N = nV = n \cdot \frac{4}{3}\pi R^3, \text{ где } R \text{ – радиус облака.}$$

Вспомним, что $1 \text{ пк} = 3.086 \cdot 10^{13} \text{ км} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$. Можно помнить, что $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.}$ или получить ту же величину из определения парсека.

$$N \approx 2 \cdot 10^8 \frac{1}{\text{м}^3} \cdot \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot (20 \cdot 3.086 \cdot 10^{16})^3 \text{ м}^3 \approx 2 \cdot 10^{62}.$$

3) Облако состоит из молекул водорода, масса каждой молекулы $m = 2m_p$ (массой электрона по сравнению с массой протона мы пренебрегаем).

Масса всего облака: $M = mN = 2m_p N$

$$M = 2 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 2.0 \cdot 10^{62} \approx 6.68 \cdot 10^{35} \text{ кг}$$

В массах Солнца $\frac{M}{M_\odot} \approx \frac{6.68 \cdot 10^{35} \text{ кг}}{2 \cdot 10^{30} \text{ кг}} \approx 3.3 \cdot 10^5$. Эта величина вполне типична для гигантского молекулярного облака.

Ответ: $n \approx 200 \frac{\text{частиц}}{\text{см}^3} = 2 \cdot 10^8 \frac{\text{частиц}}{\text{м}^3}$, $M \approx 3.3 \cdot 10^5 M_\odot$.

Критерии оценивания:

- Правильное вычисление концентрации молекул **+2 балла**.
- Вычисление полного числа молекул в облаке (допускаются отличия, вызванные округлениями либо явно указанными приближениями: например, можно написать, что будем считать облако кубическим по форме, и использовать вместо формулы для объёма шара формулу для объёма куба) **+3 балла**.
- Вычисление массы облака **+2 балла**, если участник забыл, что масса молекулы водорода равна двум массам протона, то за этот этап выставляется **1 балл**.
- Выражение массы облака в массах Солнца **+1 балл**.

В решении промежуточные вычисления могут быть вполне опущены, в таком случае объединённый этап оценивается суммой баллов за те этапы, которые были в него включены. В этом случае при большом отклонении итогового ответа ставится **0 баллов** за один «самый дорогой» этап.

В случае арифметической ошибки, не приведшей к физически (или астрономически) некорректному результату – **минус 1 балл** за каждую; если ошибка привела к конечному отклонению ответа на несколько порядков величины, то за соответствующий этап вычислений ставится **0 баллов**, но следующие этапы решения за эту ошибку не наказываются.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 5

Увидев 21 марта в истинный полдень радугу, астроном заметил, что вершина радуги находится в 12° над горизонтом. На какой широте это происходило, если угловой радиус радуги составляет 42° ? Приведите решение.

Решение

Если угловой радиус радуги составляет 42° и её вершина находится в 12° над горизонтом, то центр радуги расположен в 30° под горизонтом. Центр радуги – это точка, противоположная Солнцу. Соответственно, получается, что Солнце в истинный полдень (для Солнца это означает, что оно находилось в верхней кульминации) в день весеннего равноденствия (склонение Солнца $\delta = 0^\circ$) находилось на высоте 30° над горизонтом. Для простоты посчитаем случай для северного полушария, а потом, воспользовавшись симметричностью задачи, обобщим на южное.

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta. \text{ Отсюда:}$$

$$\varphi = \pm 60^\circ \text{ (знак «-» добавлен для Южного полушария).}$$

Ответ: на широте $\varphi = \pm 60^\circ$ (т.е. 60 с.ш. или 60 ю.ш.).

Критерии оценивания:

- Понимание того, что положение центра радуги на небе противоположно положению Солнца (явная запись или использование этого факта в записи решения), **+1 балл**.
- Определение высоты центра радуги над горизонтом **+2 балла**.
- Понимание (явная запись или использование фактов в записи решения) того, что в описанный день склонение Солнца равно 0° , **+1 балл**.
- Понимание (явная запись или использование фактов в записи решения) того, что в описанный момент Солнце было в верхней кульминации, **+1 балл**.
- Запись формулы для верхней кульминации (допускается решение и без явной записи формулы, например, определение искомой величины из рисунка; в этом случае этот балл также выставляется) **+1 балл**.
- Получение верного ответа для Северного полушария Земли **+1 балл**.
- Получение верного ответа для Южного полушария Земли **+1 балл**.

Максимум за задачу 8 баллов.

Задача 6

Астроном наблюдал верхнюю кульминацию Веги ($\alpha = 18^h 36^m 56.3^s$, $\delta = +38^\circ 47' 01''$), после чего он хотел дождаться кульминации Денеба ($\alpha = 20^h 41^m 25.9^s$, $\delta = +45^\circ 16' 49''$). Сколько времени ему надо подождать? Приведите решение и ответ в часах, минутах и секундах с точностью не меньше секунды.

Решение

Звёздное время в момент верхней кульминации звезды равно её прямому восхождению. Соответственно, между кульминациями пройдёт звёздное (!) время, равное разности прямых восхождений.

$$\Delta t_s = 20^h 41^m 25.9^s - 18^h 36^m 56.3^s = 2^h 04^m 29.6^s = 7469,6 \text{ звёздных секунд}$$

Так как время ожидания всё-таки измеряется в солнечных часах, вспомним, что 86164 солнечных секунды соответствуют 86400 звёздным секундам (солнечные сутки на 3 мин 56 с длиннее звёздных).

$$\Delta t = \Delta t_s \cdot \frac{86164}{86400} = 2 \text{ ч } 4 \text{ м } 9.2 \text{ с}$$

Ответ: придётся подождать 2 ч 04 м 09,2 с (или 7449,2 с)

Критерии оценивания:

- Явная запись утверждения, что «звёздное время в момент верхней кульминации звезды равно её прямому восхождению», или использование этого при вычислениях **+2 балла**.
- Верное вычисление разности прямых восхождений звёзд **+2 балла**.
- Понимание того, что требуется найти длительность ожидания по солнечному (гражданскому) времени, **+1 балл**.
- Явная запись, что солнечные сутки на 3 м 56 с длиннее звёздных (или что звёздные короче на эту величину) **+2 балла**. Если записано обратное соотношение (т. е. написано, что солнечные сутки короче звёздных), но сама разность указана верно, то ставится 1 балл вместо 2.
- Получение верного численного ответа (с возможным округлением десятых долей секунды) **+1 балл**.
- В случае, если в качестве ответа на задачу выдаётся разность прямых восхождений (или звёздного времени кульминаций) без перехода к солнечному времени, то за формулировку такого ответа ставится ещё **+1 балл** (максимальная оценка за решение в этом случае **5 баллов**).

Максимум за задачу 8 баллов.

Всего за работу – 48 баллов.