

**Районный этап всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
в 2023/2024 учебном году в Санкт-Петербурге**

9 класс, критерии оценивания

1. Василий отправился в велосипедное путешествие в восточном направлении из Санкт-Петербурга. Его средняя суточная скорость составила 4 км/час, путешествие длилось 5 суток. Определите, насколько раньше для Василия в конечной точке путешествия произойдет восход Веги по сравнению с ее же восходом для Аркадия, оставшегося в Петербурге.

Решение:

5 суток — это $24 \cdot 5 = 120$ часов, за которые Василий переместился на восток на $120 \cdot 4 = 480$ км. Поскольку путешествие происходит на широте Петербурга ($\varphi = 60^\circ$), то радиус соответствующей параллели в 2 раза меньше радиуса Земли (можно вычислить $\cos \varphi$, можно вспомнить утверждение о том, что катет в прямоугольном треугольнике, лежащий напротив угла 30° , в два раза меньше гипотенузы). Таким образом, расстоянию 20 000 км (половина окружности экватора) соответствует разница долгот 24^h , а расстоянию 480 км — $480/20000 \cdot 24 = 0^h.576$. Переходя к более удобным единицам, получаем, что разница долгот $0.576 \cdot 60 \approx 35^m$. Поскольку моменты восхода одной и той же звезды на одной и той же широте происходят в один и тот же момент местного времени, то разница моментов восхода совпадает с разностью долгот — восход Веги для Василия произойдет примерно на 35 минут раньше, чем для Аркадия.

Комментарии к оцениванию:

Вычисление расстояния в километрах (или иных метрических единицах) — 2 балла. Вычисление разности долгот в единицах времени — 4 балла. Вывод о разности моментов восхода — 2 балла.

2. В далеком будущем исследователи космоса изучают похожую на Землю внесолнечную планету. На поверхности планеты обнаружен каньон, начало и конец которого имеют координаты 5° ю.ш., 6° з.д. и 6° с.ш., 8° в.д. Определите, во сколько раз длина каньона больше длины земного Гранд-Каньона (446 км), если радиус планеты равен 7200 км. Считайте, что географические координаты на поверхности планеты устроены аналогично земным.

Решение:

Определим угловую протяженность каньона. Можно заметить, что координаты концов каньона отличаются на сравнительно небольшое количество градусов, причем каньон располагается около экватора планеты, а это означает, что можно использовать плоское приближение и вычислить длину каньона по теореме Пифагора, считая длину дуг 1° по широте и долготе одинаковой:

$$l = \sqrt{(\varphi_1 - \varphi_2)^2 + (\lambda_1 - \lambda_2)^2} = \sqrt{(-5 - 6)^2 + (-6 - 8)^2} \approx 18^\circ.$$

Длина экватора планеты составляет $2\pi R = 45 \cdot 10^3$ км, длина каньона равна

$$\frac{18^\circ}{360^\circ} \cdot 45200 = 2.25 \cdot 10^3 \text{ км},$$

что в $2250/446 \approx 5$ раз больше длины Гранд-Каньона.

Комментарии к оцениванию:

Вывод о том, что в задаче можно воспользоваться «плоским» приближением и не учитывать изменение длины дуги параллели с широтой — 3 балла. Если он не записан явно, но фактически используется в дальнейшем решении, оценка за этот этап — 2 балла. Вычисление углового размера каньона — 2 балла. Вычисление линейного размера каньона — 2 балла. Вычисление отношения длин и формулировка итогового ответа — 1 балл.

3. 1 февраля юный астроном Вася наблюдал покрытие Спика (α Девы) Луной. Он планирует наблюдать покрытие другой звезды, входящей в 20 ярчайших звезд неба, 4 ноября этого же года. Что это звезда?

Решение:

Между указанными в условии датами 1 февраля и 4 ноября пройдет $28 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31 + 31 + 30 + 31 + 3 = 276$ суток (или 277 суток, если год високосный). Продолжительность сидерического месяца составляет 27.3 суток, поэтому между 1 февраля и 4 ноября пройдет от $276/27.3 \approx 10.11$ до $277/27.3 \approx 10.15$ сидерических месяцев.

Поскольку на эклиптике находится 13 созвездий, то за это время Луна успеет 10 раз пройти их все и пройти еще примерно $0.13 \cdot 13 \approx 2$ созвездия. Поэтому искомую звезду следует искать в созвездии, втором по порядку от Девы, то есть в созвездии Скорпиона. Возможная погрешность оценки (доли эклиптики, относящиеся к тем или иным созвездиям, не одинаковы и т.п.) дает возможность предположить, что звезда может оказаться в соседних со Скорпионом созвездиях (Весы или Змееносец), но во всех трех этих созвездиях есть только одна достаточно яркая звезда — Антарес, α Скорпиона. Именно она и является ответом.

Тот же вывод можно сделать, вспомнив, что среди 20 ярчайших звезд неба есть только четыре, находящиеся в зодиакальных созвездиях. Кроме Спика это Антарес (Скорпион), Альдебаран (Телец) и Поллукс (Близнецы), что сразу же дает возможность получить ответ по очень неточному определению доли эклиптики, пройденной Луной от Спика — Альдебаран и Поллукс находятся почти в диаметрально противоположном от Антареса направлении. В этом случае оценка продолжительности сидерического месяца в диапазоне 27 – 28 суток окажется достаточной, чтобы получить однозначный и правильный ответ (вторым потенциально возможным вариантом при этом может оказаться сама Спика, но в условии явно оговорено, что речь идет о *другой* звезде).

Комментарии к оцениванию:

Знание продолжительности сидерического месяца — 3 балла (более грубая оценка — 2 балла). Определение доли эклиптики, пройденной Луной от Спика при следующем покрытии — 2 балла. Определение созвездия (Скорпион или два соседних) — 1 балл. Вывод о том, что в этой области неба есть только одна яркая звезда (явный или неявный) и формулировка ответа — 2 балла.

4. Расставьте астрономические объекты в порядке увеличения числа звезд в них: шаровое скопление М 13, рассеянное скопление М 23, спиральная галактика М 33, астеризм М 73. Объясните свой ответ.

Решение:

Правильный ответ: М 73, М 23, М 13, М 33.

В рассеянных скоплениях содержится от нескольких сотен до нескольких тысяч звезд. Шаровые звездные скопления содержат в среднем примерно на три порядка больше звезд, чем рассеянные (от нескольких сотен тысяч до миллионов). Уже даже самые маленькие галактики больше шаровых скоплений, а М 33 — галактика спиральная, а они не бывают карликовыми (это галактика в Треугольнике, третья из крупных галактик Местной Группы). Поэтому самый последний объект — безусловно галактика.

Осталось разобраться с астеризмом. Это, строго говоря, не объект, а группа как-то примечательно расположенных по отношению друг к другу на небе звезд, объединенных общим названием. Для этого необходимо, чтобы эти звезды были видны в составе астеризма отдельно друг от друга, а отсюда сразу же следует вывод — их не может быть много, максимум один-два десятка (а конкретно в М 73 входят четыре звезды). Поэтому астеризм возглавляет список.

Комментарии к оцениванию:

Каждый один объект, находящийся на правильном месте в ответе — по 1 баллу за объект. Правильное обоснование размещения каждого объекта на соответствующем месте — по 1 баллу за объект.

5. Линейная скорость вращения на экваторе звезды составляет 1% от первой космической скорости на ее поверхности. Оцените период вращения звезды на экваторе в земных сутках, если ее средняя плотность составляет 1.3 г/см^3 .

Решение:

Запишем соотношение между линейной скоростью вращения и первой космической скоростью

$$\frac{2\pi R}{T} = 0.01 \sqrt{\frac{GM}{R}},$$

и выразим массу звезды M через плотность и радиус:

$$\frac{2\pi R}{T} = 0.01 \sqrt{\frac{G \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{R}}.$$

Выражая период T из полученного соотношения, получаем

$$T = \frac{2\pi}{0.01 \sqrt{\frac{4}{3} \pi G \rho}} = 10^6 \text{ с} = 12 \text{ суток}.$$

Комментарии к оцениванию:

Запись выражения для первой космической скорости (или его вывод) — 2 балла. Выражение для объема шара (и его использование для записи массы как произведения плотности и объема) — 2 балла. Получение формульного ответа — 2 балла. Вычисление итогового результата — 2 балла.