

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по
астрономии**

2024-2025 уч. год

11 класс

Возможные решения

1. Расставьте в порядке увеличения длины волны следующие диапазоны электромагнитного излучения:

- 1) инфракрасный**
- 2) видимый**
- 3) ультрафиолетовый**
- 4) рентгеновский**
- 5) гамма**
- 6) радио**

Решение.

гамма – рентгеновский – ультрафиолетовый – видимый – инфракрасный – радио (или 5–4–3–2–1–6).

Правильный ответ – 8 баллов. Отсутствие одной цифры в ответе снижает оценку на 1 балл. За отсутствие двух и более цифр ставится 0 баллов. В случае такой ошибки, при которой удаление из ответа ученика одной цифры позволяет получить в остатке верно упорядоченную последовательность, ставится 4 балла. Например, ответ 5–4–2–1–6–3 при удалении из него 3 даёт последовательность 5–4–2–1–6. Эта последовательность соответствует шкале электромагнитных колебаний и оценивается в 4 балла. Все остальные варианты – 0 баллов.

Максимум за задачу – 8 баллов.

2. Сопоставьте широту места наблюдения и измеренную в этом месте в некоторое время высоту Полярной звезды над горизонтом.

Широта	Высота Полярной звезды
А) 45°	1) $60^\circ 30'$
Б) 61°	2) 45°
В) $29^\circ 30'$	3) 29°

Решение.

как известно, высота полюса Мира над горизонтом равна широте места наблюдения. Известно также, что Полярная звезда в настоящее время находится недалеко от полюса Мира (а точнее, на расстоянии чуть меньше градуса от него). Т.е. высота Полярной звезды может несколько меняться в течение суток, но она всё равно будет близка к широте места наблюдения.

Ответ: А-2, Б-1, В-3.

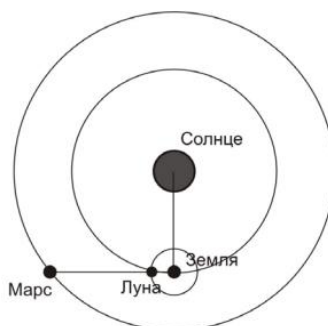
Правильный ответ оценивается в 8 баллов. Другие варианты – 0 баллов.

Максимум за задачу – 8 баллов.

3. Марс, находящийся в восточной квадратуре, и Луна наблюдаются в соединении. Какова фаза Луны в этот момент? Ответ объясните, приведите рисунок, на котором изобразите описываемую ситуацию.

Решение.

На рисунке показаны положения всех тел, участвующих в описываемой ситуации (такой рисунок должен быть приведён в работе: 4 балла). При таком положении Луны относительно Земли и Солнца будет наблюдаться первая четверть (растущая Луна) (4 балла).



Максимум за задачу – 8 баллов.

4. Светимости звезд прямо пропорциональны площади их поверхности и четвертой степени температуры поверхности. Белый карлик имеет массу в 2 раза меньше массы Солнца, светимость в тысячу раз меньше, а температуру поверхности в 2 раза больше. Во сколько раз его плотность больше солнечной?

Решение.

Площадь поверхности звезды пропорциональна квадрату радиуса, поэтому светимость звезды пропорциональна $R^2 T^4$ (2 балла), а, значит, радиус звезды пропорционален $L^{1/2}/T^2$ (2 балла). Плотность звезды прямо пропорциональна отношению массы звезды к кубу ее радиуса. Следовательно, плотность звезды пропорциональна $m \cdot T^6 \cdot L^{-3/2}$ (2 балла). Тогда $\rho_{\text{к}}/\rho_{\text{с}} \approx 10^6$ (2 балла).

Максимум за задачу – 8 баллов.

5. 26 октября Венера находилась в наибольшей западной элонгации, то есть в этот день угловое расстояние между Солнцем и Венерой достигло максимального значения в 46° . На угловом расстоянии в 1° от Венеры в тот день находилась планета Юпитер, а в $3,5^\circ$ – Марс.

1. Расположите три планеты (Венера, Марс, Юпитер) в порядке увеличения расстояния от Земли в этот день, от самой близкой до самой далёкой.

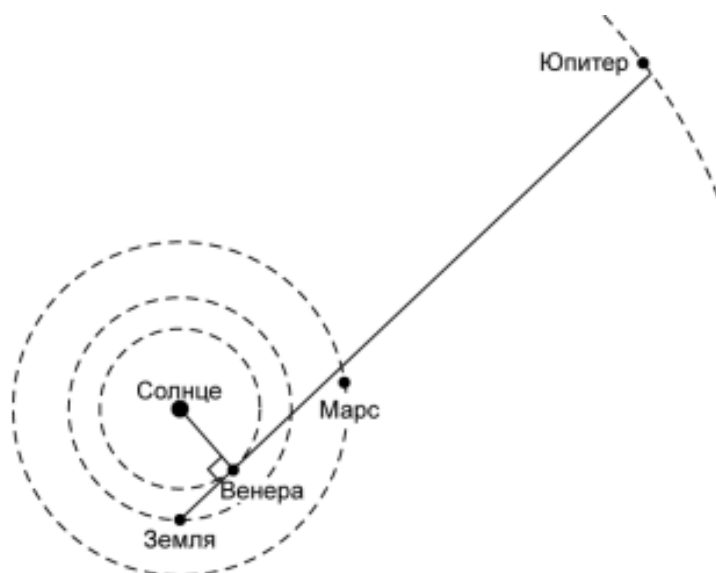
2. Расположите три планеты в порядке убывания их яркости на нашем небе в этот день, от самой яркой до самой тусклой.

3. Расположите три планеты в порядке убывания их углового размера на небе в этот день, от самой большой до самой маленькой.

4. Определите фазу Венеры и Юпитера.

Решение.

Конфигурация планет показана на рисунке.



Расстояния до планет следуют из него явным образом, для определения блесков и угловых размеров потребуются некоторые знания. Венера – практически всегда самая яркая планета при наблюдении с Земли, Марс может быть сравним по блеску с Юпитером, но лишь вблизи собственного противостояния. Венера может превысить угловой размер Юпитера, но лишь вблизи нижнего соединения, когда расстояние между Венерой и Землёй минимально.

Ответы

1. Венера – Марс – Юпитер (2 балла)
2. Венера – Юпитер – Марс (2 балла)
3. Юпитер – Венера – Марс (2 балла)
4. Фаза Венеры 0,5 или 50% (1 балл), фаза Юпитера стремится к 1 (100%).(1 балл)

Максимум за задачу – 8 баллов.

6. По одной из гипотез массивное гало вокруг галактик создается не темной материей, а, например, большим количеством коричневых карликов. Считая массу тёмного гало Млечного Пути равной 10^{12} масс Солнца, характерный радиус гало равным 200 килопарсекам, а среднюю массу коричневого карлика равной 0,03 массы Солнца, определите

среднее расстояние (в парсеках) между коричневыми карликами в таком гало.

Решение.

Определим количество объектов:

$$N = \frac{M_{\text{гало}}}{M_{\text{кк}}} = \frac{10^{12}}{0.03} = 3 \cdot 10^{13}$$

Объем, занимаемый гало, равен

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi \cdot (2 \cdot 10^5 \text{ пк})^3 = 3 \cdot 10^{16} \text{ пк}^3$$

Тогда на каждый коричневый карлик приходится объем $V_0 = V/N = 10^3 \text{ пк}^3$. Если представлять, что такой элементарный объем имеет форму куба, то его ребро будет равно $\sqrt[3]{V_0} = 10 \text{ пк}$. Эту величину и можно считать средним расстоянием между коричневыми карликами.

Вычисление количества объектов — 3 балла. Оценка объема гало — 3 балла. Вычисление итогового ответа — 2 балла. Представленные в условии параметры гало — всего лишь оценки с точностью до порядка. Поэтому в решении можно вместо объема шара посчитать объем куба со стороной, равной диаметру шара — итоговый результат принципиально не изменится, такое решение засчитывается как полное.

7. Звезды Бетельгейзе и главный компонент двойной звезды EQ Пегаса обладают одинаковыми температурами поверхности, но Бетельгейзе обладает массой 15 масс Солнца при радиусе 760 радиусов Солнца, а компонент EQ Пегаса обладает массой 0,36 массы Солнца при радиусе 0,36 радиуса Солнца. Во сколько раз отличаются ускорения свободного падения в фотосферах этих звезд?

Решение.

Звезды можно считать сферически-симметричными, поэтому ускорение свободного падения мы можем рассчитать как

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

Тогда отношение ускорений:

$$\frac{g_{\text{EQ}}}{g_{\text{B}}} = \frac{GM_{\text{EQ}}}{R_{\text{EQ}}^2} : \frac{GM_{\text{B}}}{R_{\text{B}}^2} = \frac{M_{\text{EQ}}}{M_{\text{B}}} \cdot \left(\frac{R_{\text{B}}}{R_{\text{EQ}}} \right)^2 = \frac{0.36M_{\odot}}{15M_{\odot}} \cdot \left(\frac{760R_{\odot}}{0.36R_{\odot}} \right)^2 = 10^5$$

Это число не должно вызывать удивление: Бетельгейзе — сверхгигант, обладающий очень протяженной атмосферой, поэтому, несмотря на большую массу, эта звезда обладает небольшой поверхностной гравитацией.

Запись выражения для ускорения свободного падения — 4 балла.

Вычисление отношения ускорений — 4 балла.

Максимум за задачу – 8 баллов.

8. У первооткрывателя Плутона Клайда Томбо был собственноручно изготовленный любительский телескоп с зеркалом диаметром 23 см (9 дюймов). Смог бы Томбо увидеть в свой телескоп Плутон, если в момент открытия тот имел 15 видимую звездную величину?

Решение.

При максимально благоприятных условиях (отсутствие потерь света в телескопе, правильно подобранный окуляр и т.д.) предельные освещенности, доступные для наблюдения в телескоп (E) и невооруженным глазом (E_0), обратно пропорциональны площадям объектива телескопа и зрачка глаза, т.е. $E/E_0 = (d/D)^2$, где D — диаметр объектива телескопа, d — диаметр зрачка. Тогда проникающая способность телескопа m и глаза m_0 могут быть записаны как

$$\begin{cases} m = -2.5 \lg E + \text{const} \\ m_0 = -2.5 \lg E_0 + \text{const} \end{cases}$$

$$\text{откуда } m - m_0 = -2.5 \lg \left(\frac{d}{D} \right)^2 = 5 \lg \frac{D}{d}.$$

Поскольку предельная проникающая способность человеческого глаза $m_0 = 6^m$, а диаметр зрачка $d = 6$ мм, то проникающая способность телескопа

$$m = 6 + 5 \lg \frac{230}{6} \approx 14^m$$

Отсюда итоговый вывод: нет, при проведении визуальных наблюдений с этим телескопом увидеть Плутон было невозможно. В действительности Клайд Томбо открыл Плутон, наблюдая на более крупном телескопе и используя в качестве приемника изображения фотопластинки.

Получение или запись выражения для оценки проникающей способности телескопа — 4 балла. Вычисление итогового результата и вывод — 4 балла.

Участник может в качестве оценки диаметра зрачка использовать значения от 5 мм до 7 мм, это не является ошибкой.

Максимум за задачу — 8 баллов.