



Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии  
Ленинградская область

2024  
14  
ноября

11 класс

Максимальный балл за всю работу равен 40

1. Юный астроном Вова заметил, что угловой размер Солнца при наблюдении с Земли меняется от  $31'27''$  до  $32'33''$ . Определите по этим данным эксцентриситет орбиты Земли.

**Решение (8 баллов):**

Поскольку линейный размер Солнца не меняется, то отношение максимального углового размера к минимальному равно отношению расстояния в афелии  $r_\alpha = a(1 + e)$  к расстоянию в перигелии  $r_\pi = a(1 - e)$  (тут  $a$  — большая полуось орбиты Земли,  $e$  — эксцентриситет).

Поэтому

$$\frac{\varphi_\pi}{\varphi_\alpha} = \frac{32.55}{31.45} = \frac{1 + e}{1 - e} \approx 1.035,$$

откуда

$$2.035 e = 0.035.$$

В итоге получаем  $e = 0.017$ .

**Комментарии к оцениванию:**

Утверждение о том, что угловые размеры обратно пропорциональны расстоянию — 2 балла. Корректный перевод угловых размеров в одинаковые единицы (угловые минуты или любые другие) — по 1 баллу за каждое значение. Запись выражений для расстояний в перигелии и афелии или неявное правильное их использование — по 1 баллу за каждое. Вычисление итогового правильного ответа — 2 балла.

2. В первом списке приведены газы, во втором — объекты Солнечной системы, в состав атмосфер которых эти газы входят. Для каждого газа найдите объект, в атмосфере которого этот газ — наиболее распространенный. Объясните свой выбор.

- 1) Атомарный водород, молекулярный азот, углекислый газ, молекулярный водород.
- 2) Земля, Марс, Солнце, Юпитер.

**Решение (8 баллов):**

Молекулярный азот — основная составляющая земной атмосферы (78%). Марс имеет сравнительно малую массу, поэтому в его атмосфере не могут удерживаться легкие газы, а из оставшихся вариантов тяжелым является только углекислый газ (действительно, атмосфера Марса на 95% состоит из него). Атмосфера Солнца заметно горячее, чем у Юпитера ( $\sim 10^4$  К против  $\sim 10^2$  К), поэтому молекулярный водород там отсутствует, так как он диссоциировал в атомарный водород. Соответственно, атмосфера Юпитера преимущественно состоит из молекулярного водорода (его примерно в 6 раз больше, чем гелия).

**Комментарии к оцениванию:**

Каждая правильно указанная пара «газ–объект» оценивается 1 баллом, каждое правильное обоснование для выбора пары (формирование какой-либо четвертой пары «методом исключения также допустимо») также оценивается 1 баллом.

3. Светимость Денеба в предположении, что расстояние до него составляет 3200 световых лет, оценивается как 250 тысяч светимостей Солнца. Чему была бы равна видимая звездная величина такого Денеба, если он находился бы на том же расстоянии от Солнца, что и Сириус? Расстояние от Сириуса до Солнца равно 8.6 световых лет.

**Решение (8 баллов):**

Определим абсолютную звездную величину Денеба, записав формулу Погсона для Солнца и Денеба:

$$M_D - M_{\odot} = -2.5 \lg \frac{L_D}{L_{\odot}} = -2.5 \lg 250000 \Rightarrow M_D = 4.8^m - 2.5 \lg 250000 = -8.7^m.$$

Далее свяжем видимую и абсолютную звездные величины с расстоянием:

$$m = M - 5 + 5 \lg r = -8.7^m - 5 + 5 \lg(8.6/3.26) \approx -16^m.$$

**Комментарии к оцениванию:**

Знание абсолютной звездной величины Солнца — 2 балла (допустимы значения от  $+4^m.7$  до  $+5^m.0$ ). Вычисление абсолютной звездной величины Денеба — 2 балла (результат может несколько отличаться от указанного выше из-за выбора другого значения  $M_{\odot}$ ). Перевод световых лет в парсеки (коэффициент 3.26 или округленное значение, можно просто 3) — 2 балла. Вычисление видимой звездной величины с учетом сделанных ранее приближений — 2 балла.

4. В двойном пульсаре массы компонентов равны и составляют 1.3 массы Солнца каждая, а орбитальный период системы равен 2.6 часа. Найдите большую полуось системы.

**Решение (8 баллов):**

Если массы компонент системы  $\mathfrak{M}_1$  и  $\mathfrak{M}_2$  выражены в массах Солнца, орбитальный период  $P$  — в годах, а большая полуось  $a$  — в астрономических единицах, то III закон Кеплера имеет вид

$$\frac{P^2}{a^3} = \frac{1}{\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2}.$$

Переведем 2.6 часа в годы, получим  $P = \frac{2.6}{365.25 \cdot 24} = 3 \cdot 10^{-4}$  года. Отсюда

$$a = \sqrt[3]{2.6 \cdot (3 \cdot 10^{-4})^2} = \sqrt[3]{234 \cdot 10^{-9}} \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ а.е.}$$

**Комментарии к оцениванию:**

Схема оценивания задачи различается в зависимости от того, какие единицы измерения использует участник. В том случае, если решение следует авторскому, 3 балла выставляется за формулировку III закона Кеплера, 2 балла — за перевод орбитального периода в годы, 3 балла — за вычисление итогового ответа.

Если же участник использует метрические единицы, то 3 баллами оценивается формулировка III закона Кеплера в общем виде ( $\frac{P^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2)}$ ), 2 балла — за знание (или вычисление) массы Солнца, 3 балла — за вычисление итогового ответа ( $9 \cdot 10^8$  м).

5. Звезда удаляется от Солнца со скоростью 300 км/с. На какой длине волны будет видна в спектре звезды линия, имеющая лабораторную длину волны 656.3 нм?

**Решение (8 баллов):**

Воспользуемся формулой эффекта Доплера

$$\frac{v}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}.$$

Поскольку скорость удаления в  $10^3$  раз меньше скорости света,  $\Delta\lambda \approx 0.65$  нм и наблюдаемая длина волны увеличивается по сравнению с лабораторной,  $\lambda' = \lambda + \Delta\lambda = 657.0$  нм.

**Комментарии к оцениванию:**

Запись формулы эффекта Доплера — 3 балла. Знание (или неявное использование) величины скорости света — 1 балл. Указание (или неявное использование), что при удалении источника наблюдаемая длина волны увеличивается — 2 балла. Вычисление итогового результата — 2 балла (эти баллы выставляются и в том случае, если участник перепутал красное и фиолетовое смещение).