

Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии  
Ленинградская область

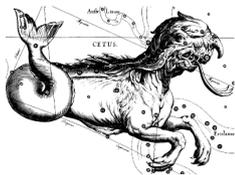
2024  
14  
ноября

---

*10 класс*

---

1. Вокруг звезды по круговым орбитам в одной плоскости вращаются две планеты. Период обращения внутренней планеты равен 8 годам, а внешняя планета оказывается в противостоянии каждые 12 лет. Определите отношение радиусов орбит планет.
2. Оцените газовое давление в фотосфере Солнца и выразите его в атмосферах, если известно, что температура газа составляет  $6 \cdot 10^3$  К, а плотность газа составляет  $10^{-7}$  г/см<sup>3</sup>.
3. Труба 26-дюймового телескопа-рефрактора Пулковской обсерватории имеет длину 10.4 метра и вращается вокруг оси, проходящей через центр трубы. Во время наблюдений некоторой звезды телескоп поворачивается так, чтобы он все время оставался наведенным на эту звезду. Какими во время наблюдений будут минимально возможная и максимально возможная скорости движения конца трубы телескопа относительно оси?
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.
5. Некоторая звезда имела видимую звездную величину  $4^m$ . Через несколько миллионов лет на прямой между звездой и наблюдателем оказалось плотное газопылевое облако, из-за чего к наблюдателю стала приходить лишь 1/100 прежнего излучения от звезды. Предположив, что глаз наблюдателя устроен так же, как и человеческий, определите, будет ли звезда доступна для наблюдения невооруженным глазом.



Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии  
Ленинградская область

2024  
14  
ноября

10 класс

Максимальный балл за всю работу равен 40

1. Вокруг звезды по круговым орбитам в одной плоскости вращаются две планеты. Период обращения внутренней планеты равен 8 годам, а внешняя планета оказывается в противостоянии каждые 12 лет. Определите отношение радиусов орбит планет.

**Решение (8 баллов):**

Синодический период равен 12 годам, что больше периода обращения внутренней планеты, что означает одинаковое направление движения планет по орбитам. В таком случае мы можем определить период обращения внешней планеты  $T_2$  из соотношения

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{ST_1}{S - T_1} = \frac{12 \cdot 8}{12 - 8} = 24 \text{ года.}$$

Запишем III закон Кеплера для движения обеих планет:

$$\frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{a_2^3}{a_1^3} \Rightarrow \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^3 = 9 \Rightarrow \frac{a_2}{a_1} = 2.1.$$

**Комментарии к оцениванию:**

Явный или неявно используемый вывод о совпадающем направлении обращения планет — 2 балла. Вычисление орбитального периода внешней планеты — 3 балла. Вычисление отношения больших полуосей — 3 балла.

На последнем этапе участник может вместо использования закона Кеплера решать задачу о движении тела по круговой орбите. Если это сделано правильно, такое решение также оценивается 3 баллами.

2. Оцените газовое давление в фотосфере Солнца и выразите его в атмосферах, если известно, что температура газа составляет  $6 \cdot 10^3$  К, а плотность газа составляет  $10^{-7}$  г/см<sup>3</sup>.

**Решение (8 баллов):**

Требуется воспользоваться уравнением состояния идеального газа в каком-либо виде, например  $p = \frac{R}{\mu} \rho T$  и учесть, что фотосфера Солнца в основном состоит из атомарного водорода, т.е.  $\mu \approx 1$  г/моль. Отсюда  $p = 5 \cdot 10^3$  Па. Поскольку давление на поверхности Земли составляет  $10^5$  Па, то  $p = 0.05$  атм.

**Комментарии к оцениванию:**

Запись уравнения состояния идеального газа — 1 балл, правильная оценка молярной массы вещества фотосферы — 3 балла (если участник использует величину 2 г/моль, за этот этап решения ставится 2 балла). Правильное вычисление давления в фотосфере в паскалях (или динах на квадратный сантиметр и т.п.) — 2 балла. Знание (или вычисление) атмосферного давления — 1 балл, окончательный ответ — 1 балл.

3. Труба 26-дюймового телескопа-рефрактора Пулковской обсерватории имеет длину 10.4 метра и вращается вокруг оси, проходящей через центр трубы. Во время наблюдений некоторой звезды телескоп поворачивается так, чтобы он все время оставался наведенным на эту звезду. Какими во время наблюдений будут минимально возможная и максимально возможная скорости движения конца трубы телескопа относительно оси?

**Решение (8 баллов):**

Телескоп должен вращаться так, чтобы оставаться неподвижным относительно звезд, т.е. его вращение должно компенсировать вращение Земли. При этом минимальной возможной скоростью, очевидно, будет нулевая — если телескоп наведен точно на северный полюс мира, а максимальной — скорость, которая потребуется при наблюдении звезды на небесном экваторе. В последнем случае конец трубы телескопа движется по окружности радиусом  $R = 5.2$  м (половина длины трубы) и совершает один оборот за сутки (более точно — за звездные сутки, примерно за 23 часа 56 минут, однако разницей между солнечными и звездными сутками при решении можно пренебречь). Следовательно, скорость движения конца трубы составляет  $2\pi R/T = 2 \cdot 3.1 \cdot 5.2 \approx 32$  метра в сутки, т.е. примерно 1.3 м/час или 2.2 см в минуту.

**Комментарии к оцениванию:**

Вывод о том, что вращение телескопа — компенсация вращения Земли, оценивается 3 баллами (эти баллы выставляются и в том случае, если вывод явно не сформулирован, но используется в дальнейшем решении). Понимание того, что максимальная скорость будет достигнута при наблюдении звезды на небесном экваторе (формулировки могут быть разными: участник может, например, написать, что максимальная угловая скорость вращения равна угловой скорости вращения Земли) — 2 балла. Вычисление максимальной скорости — 2 балла (при арифметических ошибках — 1 балл), утверждение, что минимальная скорость равна нулю — 1 балл.

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

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

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 ( $\frac{P^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(\mathcal{M}_1 + \mathcal{M}_2)}$ ), 2 балла — за знание (или вычисление) массы Солнца, 3 балла — за вычисление итогового ответа ( $9 \cdot 10^8$  м).

5. Некоторая звезда имела видимую звездную величину  $4^m$ . Через несколько миллионов лет на прямой между звездой и наблюдателем оказалось плотное газопылевое облако, из-за чего к наблюдателю стала приходить лишь 1/100 прежнего излучения от звезды. Предположив, что глаз наблюдателя устроен так же, как и человеческий, определите, будет ли звезда доступна для наблюдения невооруженным глазом.

**Решение (8 баллов):**

Звезда стала выглядеть слабее в 100 раз. Уменьшение блеска в 100 раз соответствует увеличению звездной величины на  $5^m$ , тогда звезда будет иметь видимую звездную величину

$$m = m_0 + 5 = 9^m.$$

Человеческий глаз видит звезды до  $5^m \div 6^m$ , то есть первоначально не очень заметная звезда стала из-за поглощения света совсем недоступной для наблюдения без телескопа.

**Комментарии к оцениванию:**

Понимание того, что блеск звезды ослабнет в 100 раз, оценивается 2 баллами. Понимание того, что при этом ее звездная величина увеличится на  $5^m$ , стоит 2 балла. Вычисление новой видимой звездной величины — 1 балл. Знание того, что невооруженному глазу доступны звезды 6 величины, стоит 2 балла. За формулировку окончательного ответа выставляется еще 1 балл.