



Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
Ленинградская область

2024
14
ноября

9 класс

Максимальный балл за всю работу равен 40

1. Фое — единица энергии, равная 10^{44} джоулей, используемая для измерения больших количеств энергии, выделяющейся при взрывах сверхновых и гамма-всплесках. За сколько лет Солнце высветит такую энергию, если за секунду оно излучает $4 \cdot 10^{26}$ джоулей?

Решение (8 баллов):

Определим, сколько секунд потребуется на излучение такого количества энергии:

$$T = \frac{10^{44}}{4 \cdot 10^{26}} = 2.5 \cdot 10^{17} \text{ с.}$$

Далее вычислим количество секунд в году

$$N = 365.24 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \approx 3.2 \cdot 10^7 \text{ с.}$$

Тогда требуемое количество лет составит

$$\frac{2.5 \cdot 10^{17}}{3.2 \cdot 10^7} \approx 8 \cdot 10^9.$$

Заметим, что это время примерно вдвое больше современного возраста Солнца.

Комментарии к оцениванию:

Вычисление результата в секундах — 3 балла. Знание или вычисление числа секунд в году — 3 балла. Вычисление итогового ответа — 2 балла.

2. Расстояние до астероида в соединении оказалось втрое больше расстояния до него в противостоянии. Определите радиус орбиты астероида, считая ее круговой и находящейся в плоскости эклиптики.

Решение (8 баллов):

Противостоянием называется конфигурация, когда Солнце и объект находятся в диаметрально противоположных направлениях от Земли. Расстояние до астероида в противостоянии составляет $d_1 = a - a_{\oplus}$, где a — радиус орбиты астероида, а $a_{\oplus}$ — радиус орбиты Земли.

Соединение — конфигурация, при которой направления на Солнце и на объект для земного наблюдателя совпадают. Расстояние до астероида в соединении составляет $d_2 = a + a_{\oplus}$.

Тогда

$$3 = \frac{a + a_{\oplus}}{a - a_{\oplus}}, \quad 3a - 3a_{\oplus} = a + a_{\oplus}, \quad a = 2a_{\oplus}.$$

Итого радиус орбиты равен 2 а.е.

Комментарии к оцениванию:

Явное описание (или неявное правильное использование) конфигураций в соединении и противостоянии — 1 балл за каждое. Запись выражений для расстояний — по 2 балла за каждое. Вычисление итогового ответа — 2 балла.

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. Радиус Бетельгейзе составляет около 800 радиусов Солнца, а расстояние до нее — 170 пк. Оцените наблюдаемый угловой диаметр Бетельгейзе.

Решение (8 баллов):

Известно, что видимый угловой диаметр Солнца составляет примерно $30'$ (на самом деле немного больше), это $30 \times 60'' = 1800'' \approx 2 \cdot 10^3$ угловых секунд, а наблюдаем мы Солнце с расстояния, равного 1 астрономической единице. В одном парсеке примерно $2 \cdot 10^5$ астрономических единиц, следовательно, угловые размеры Солнца с расстояния 170 пк должны были быть меньше в $2 \cdot 10^5 \times 170$ раз. Однако Бетельгейзе в 800 раз больше Солнца, за счет этого угловой диаметр Бетельгейзе должен быть в 800 раз больше углового диаметра Солнца на том же расстоянии.

Итого получаем, что угловой диаметр Бетельгейзе в угловых секундах равен

$$\beta = 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{800}{2 \cdot 10^5 \cdot 170} \approx 0''.05.$$

Комментарии к оцениванию:

Знание или оценка реального углового диаметра Солнца — 2 балла. Знание соотношения между парсеками и астрономическими единицами — 2 балла. «Буквенное» выражение для ответа (или правильный переход сразу к вычислению результата) — 2 балла. Правильный численный ответ — 2 балла.

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.