
11 класс

1. Астероид, находящийся в Главном поясе, обращается вокруг Солнца по практически круговой орбите в том же направлении, что и большие планеты Солнечной системы. Сегодня произойдёт покрытие астероидом звезды созвездия Овна, видимое в Северном полушарии. В каком направлении на небе будет двигаться астероид во время покрытия? Поясните свой ответ.

Решение:

Солнце 13 ноября находится в созвездии Весов, а в созвездии Овна будет примерно через полгода. Следовательно, астероид в момент покрытия был в противостоянии с Солнцем. Во время противостояния движение внешних планет на небе происходит в сторону, противоположную годичному движению Солнца (т.н. попятное движение). Так как в своём годичном движении Солнце перемещается с запада на восток, то астероид 13 ноября будет двигаться с востока на запад или слева направо, если смотреть из Северного полушария.

Комментарии:

Утверждение, что Овен — «весеннее» созвездие (в котором Солнце бывает весной) — 3 балла. Вывод о том, что астероид находится примерно в противостоянии с Солнцем — 2 балла. Формулировка итогового ответа — 3 балла.

2. Две нейтронные звезды вращаются вокруг общего центра масс по круговым орбитам с периодом 2.5 часа. Массы звезд одинаковы и равны 1.3 масс Солнца. Найдите расстояние между звездами.

Решение:

Так как массы звезд одинаковы, то они обращаются вокруг центра масс по одной и той же орбите, всё время находясь в диаметрально противоположных её точках. Следовательно, расстояние между звездами равно диаметру или удвоенному радиусу этой орбиты. Радиус орбиты можно найти из III закона Кеплера, не забыв, что масса системы в данном случае — это удвоенная масса одной звезды. Запишем III закон Кеплера в системе единиц «масса Солнца – астрономическая единица – год»:

$$\frac{P^2}{a^3} = \frac{1}{M_1 + M_2} = \frac{1}{2M_1}$$

и выразим период в годах: $P = 2.5 / (365 \cdot 24) \approx 3 \cdot 10^{-4}$ года. Тогда расстояние между звездами a будет равно

$$a = \sqrt[3]{P^2 \cdot 2M_1} \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ а.е.} = 9 \cdot 10^5 \text{ км,}$$

т.е. чуть больше радиуса Солнца.

Комментарии:

Понимание того, что расстояние между звездами равно диаметру относительной орбиты — 2 балла, при его отсутствии остальное решение оценивается в полной мере. Запись III закона Кеплера или получение аналогичного выражения для периода движения тела по окружности — 2 балла. Подстановка в закон Кеплера суммы масс звезд — 1 балл. Вычисление итогового результата — 3 балла. Если в качестве итогового ответа указан радиус, а не диаметр орбиты, оценка снижается на 1 балл.

3. Галактика М 61, похожая на нашу, имеет угловой диаметр на небе $10'$ и видна на небе плашмя. Оцените ее видимую звездную величину, если известно, что ее абсолютная звездная величина равна -21^m .

Решение:

Как известно, наша Галактика имеет диаметр около 30 кпк, М 61 похожа на нее, так что ее линейные размеры должны быть примерно такими же. Поскольку $10' \approx 1/57,6 = 0.003$ радиана, то расстояние до М 61 можно найти как $30/0.003 = 10^4$ кпк или 10^7 пк. Известно, что абсолютная звездная величина галактики -21^m , поэтому видимую звездную величину можно найти из соотношения

$$m = M + 5 \lg r - 5 = -21 + 5 \cdot 7 - 5 = 9^m.$$

Комментарии:

Оценка диаметра нашей Галактики — 2 балла. Вычисление расстояния до М 61 — 3 балла. Вычисление видимой звездной величины М 61 — 3 балла.

4. Титания, спутник Урана, движется по круговой орбите вокруг него на расстоянии 436 тыс. км. Можно ли наблюдать «лунные» затмения Титании, находясь на «поверхности» Урана? Зависит ли ответ от времени года на Уране?

Решение:

Лунные затмения возможны благодаря тому, что радиус тени Земли на расстоянии орбиты Луны заметно больше, чем радиус Луны, поэтому Луна полностью помещается в тень Земли.

Вспомним, что радиус орбиты Луны вокруг Земли — 400 тыс. км. Тогда можно заметить, что Титания отодвинута от Урана всего на 10% дальше, чем Луна от Земли. Зато сам Уран в 4 раза больше Земли, поэтому тень от него на расстоянии орбиты Титании заведомо будет больше, чем тень Земли на расстоянии орбиты Луны, раза в 3–4. И Титания, и Луна относятся к крупнейшим спутникам Солнечной системы, так что можно считать, что они примерно одинакового размера (на самом деле, Титания даже в 2 раза меньше Луны). Таким образом, Титания полностью помещается в тень Урана и затмения возможны.

Однако следует помнить, что Уран обладает необычной особенностью: плоскость его экватора (и плоскости орбит крупных спутников, в частности, Титании) почти перпендикулярна плоскости орбиты Урана вокруг Солнца. Положение орбиты Титании в течение уранианского года не меняется, поэтому затмения возможны только в те сезоны, когда Солнце находится примерно в плоскости экватора Урана и орбиты Титании вокруг Урана — иначе говоря, в окрестности моментов равноденствий. Очевидно, что такие сезоны существуют, но также очевидно, что это условие выполняется не всегда.

Комментарии:

Оценка радиуса орбиты Луны как близкого к радиусу орбиты Титании — 1 балл. Утверждение о том, что Уран существенно превышает Землю по размеру — 1 балл. Утверждение, что Титания сравнима с Луной по размерам или меньше — 1 балл. Вывод о возможности затмений — 2 балла. Понимание ориентации орбиты Титании по отношению к плоскости орбиты Урана вокруг Солнца — 2 балла. Вывод о том, что затмения возможны только весной и осенью (на Уране) — 1 балл.

5. Юпитер является ярким радиоисточником. Он излучает на частоте 18 МГц, причем известно, что излучение порождается электронами, находящимися в магнитном поле Юпитера. Оцените величину индукции этого магнитного поля.

Решение:

Пусть электрон массы m и заряда q движется в магнитном поле индукции B со скоростью v перпендикулярно силовым линиям по окружности радиуса r . Тогда его движение

описывается вторым законом Ньютона, где силой является сила Лоренца:

$$qBv = F = ma = m \frac{v^2}{r} \quad \Rightarrow \quad B = \frac{mv}{qr}$$

Частота излучения $\nu = 1/T$ связана с периодом обращения электрона $T = 2\pi r/v$, значит ее можно подставить в уравнение выше:

$$B = \frac{2\pi m \nu}{q} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 9 \times 10^{-31} \cdot 18 \times 10^6}{1.6 \times 10^{-19}} \approx 640 \times 10^{-6} \text{ Тл} = 6.4 \times 10^{-4} \text{ Тл.}$$

Комментарии:

Описание механизма генерации радиоизлучения — 4 балла. Получение результата — 4 балла.