
8–9 классы

1. Определите расстояние между Нептуном и объектом пояса Койпера 2003 QX113 (радиус круговой орбиты 50 а.е.), когда последний находится в западной квадратуре по отношению к Нептуну.

Решение:

В первую очередь необходимо вспомнить, что Нептун располагается в 30 а.е. от Солнца. Кроме того, раз 2003 QX113 находится в квадратуре, это значит, что угол Солнце–Нептун–2003 QX113 — прямой, то есть три указанных объекта образуют прямоугольный треугольник. Нас интересует катет Нептун–2003 QX113 этого треугольника (обозначим как x), который можно найти при помощи теоремы Пифагора:

$$50^2 = 30^2 + x^2 \quad \Rightarrow \quad x = \sqrt{50^2 - 30^2} = \sqrt{40^2} = 40.$$

Можно было не пользоваться теоремой Пифагора, а сразу заметить, что речь идет о так называемом «Египетском треугольнике», стороны которого увеличены в 10 раз.

Комментарии:

Близкая к правильной оценка радиуса орбиты Нептуна (± 5 а.е.) — 2 балла (если оценка неверна, эти баллы не выставляются, но остальные этапы решения оцениваются полностью). Знание понятия квадратуры — 3 балла. Вычисление итогового ответа — 3 балла.

2. Начинающий астроном Вася прочитал, что звезда Алголь содержит тесную двойную звездную систему. Одна из звёзд системы имеет больший радиус и красный цвет, вторая — меньший радиус и голубой цвет. Вася решил, что первый более крупный компонент должен иметь большую температуру поверхности, чем второй. Правильный ли вывод сделал Вася?

Решение:

Вывод Васи неправильный. Цвет звезды однозначно связан с ее температурой: звезды красного цвета обладают меньшей температурой видимой поверхности, чем звезды голубого цвета.

Комментарии:

Утверждение о связи цвета и температуры — 6 баллов. Формулировка итогового ответа — 2 балла.

3. Масса карликовой планеты Цереры по оценкам равна $9.4 \cdot 10^{20}$ кг. Сколько процентов от массы пояса астероидов составляет масса Цереры, если известно, что пояс астероидов составляет по массе 4% массы Луны? Радиус Луны равен приблизительно 1740 км, средняя плотность 3.3 г/см^3 .

Решение:

Определим сначала массу Луны. Нам известен радиус и средняя плотность Луны, поэтому мы можем вычислить ее массу:

$$M_{\text{л}} = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho = \frac{4}{3}\pi \cdot (1.74 \cdot 10^6 \text{ м})^3 \cdot 3.3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \approx 7.3 \cdot 10^{22} \text{ кг}.$$

Также можно вспомнить, что масса Луны составляет всего $1/81$ массы Земли, то есть $1/81 \cdot 6 \cdot 10^{24} = 7.4 \cdot 10^{22}$ кг.

Теперь определим массу всего пояса астероидов: $m_a = 0.04 \cdot 7.3 \cdot 10^{22} = 2.9 \cdot 10^{21}$ кг.

Поделим массу Цереры на массу пояса астероидов:

$$n = \frac{m_c}{m_a} = \frac{9.4 \cdot 10^{20}}{2.9 \cdot 10^{21}} = 0.32 = 32\%.$$

Комментарии:

Вычисление массы Луны каким-либо способом — 3 балла, вычисление массы пояса астероидов — 2 балла, вычисление итогового результата — 3 балла. Промежуточные результаты могут не вычисляться явно, но если решение приводит к правильному ответу, все баллы выставляются.

4. Метеорный поток Ариетиды был открыт в конце мая 1947 года в английской радиообсерватории Джодрел-Бэнк. Как показали измерения, интенсивность Ариетид не уступает интенсивности метеорного потока Персеиды. По какой причине данный метеорный поток был открыт столь недавно и именно в такой обсерватории?

Решение:

Метеорный поток Персеиды — очень красивое явление, которое приятно наблюдать в летнюю августовскую ночь. Вдали от города и засветки опытные наблюдатели могут наблюдать около 60 метеоров за час, что было отмечено в том числе и древними греками. Значит, Ариетиды сгорают в нашей атмосфере столь же часто в конце мая, однако почему-то до 1947 года их никто не наблюдал.

Заметим, что названия метеорных потоков образованы от названия созвездия, где располагается радиант этого потока — воображаемая точка, из которой, как кажется наблюдателю, вылетают метеоры. Персеиды названы так, потому что их радиант находится в созвездии Персея. Ариетиды образованы от латинского *Aries* — Овен.

Вспомним, что в конце мая Солнце находится в созвездии Тельца, при этом вступив в него в середине мая (если быть более точным — 13 мая), а до этого находится в созвездии Овна. Таким образом, лучшее время наблюдения падающих метеоров — день. А тогда их увидеть не удастся из-за солнечной засветки (в пасмурную погоду наблюдать тоже нельзя, так как сгорание метеорных тел происходит существенно выше облачного слоя). Однако в процессе сгорания метеоры высвечивают энергию в том числе и в радиодиапазоне, и именно поэтому они и были открыты в обсерватории, изучающей небо в радиодиапазоне (она заработала сразу после Второй Мировой войны).

Другим возможным объяснением позднего открытия потока могло бы быть возникновение потока только в современную эпоху, например, в результате разрушения какой-нибудь кометы. Однако это не объясняет обнаружение потока в радиодиапазоне.

Комментарии:

Вывод (явный или нет), что интенсивность Ариетид должна быть большой (по аналогии с Персеидами) — 2 балла. Вывод, что метеоры могут наблюдаться в радиодиапазоне и по какой-то причине не видны в оптике — 2 балла. Понимание, что причиной этого является примерное совпадение радианта потока с Солнцем — 3 балла. Понимание, что радиант находится в Овне — 1 балл.

Последние три стадии решения могут быть заменены предположением, что поток возник недавно — в этом случае (при указании причины возникновения потока) соответствующая часть решения оценивается 4 баллами, а все решение в целом — максимум 6 баллами.

5. Спутник Сатурна Титан обращается вокруг Сатурна по круговой орбите с радиусом 1.2 млн. км. Найдите радиус орбиты другого спутника Сатурна, Гипериона, если известно, что за одно и то же время Титан делает ровно 4 оборота вокруг Сатурна, а Гиперион — ровно 3.

Решение:

Известно, что для двух спутников одного и того же тела квадраты периодов их обращения соотносятся так же, как кубы радиусов орбит. Поэтому радиус орбиты Гипериона в $(4/3)^{2/3}$ раза больше, чем радиус орбиты Титана. Вычисляя, получаем, что радиус орбиты Гипериона равен примерно $1.2 \cdot 1.2 \approx 1.45$ млн. км.

Комментарии:

Правильная формулировка III закона Кеплера в любом виде (или решение аналогичной задачи о движении по круговой орбите) — 4 балла. Вычисление итогового результата — 4 балла.