

9 класс (РЕШЕНИЯ и КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ. Максимум – 48 баллов)

Задача 1

Диаметр Млечного Пути составляет 150000 световых лет. Наша Солнечная система удалена от центра Млечного Пути на 27000 световых лет и вращается вокруг него со скоростью 220 км/с.

Определите:

1. За какое время Солнце делает полный оборот вокруг центра Млечного Пути?
2. Возраст Земли составляет примерно 4.5 млрд лет. Сколько оборотов за это время сделала Земля вокруг центра Галактики?

Решение:

Период обращения Солнца вокруг центра Галактики найдем по формуле:

$$T = \frac{2\pi r_{sun}}{v_{sun}} = \frac{2\pi t_{sun}c}{v_{sun}}$$

где r_{sun} – радиус траектории Солнца, v_{sun} – скорость движения Солнца вокруг центра Галактики.

После вычислений находим

$$T = 231 \text{ млн. лет}$$

Количество оборотов Земли, соответственно, составляет $4.5 \text{ млрд} / 231 \text{ млн} = 19.5$.

Критерии оценивания:

- найдена формула для определения периода вращения Солнца (**4 балла**);
- рассчитан период обращения Солнца (**2 балла**);
- найдено число оборотов Земли (**2 балла**).

Максимум – 8 баллов.

Задача 2

Нейтронные звезды образуются при взрывах сверхновых и являются компактными, но чрезвычайно плотными объектами. Средняя плотность нейтронной звезды составляет примерно $5 \times 10^{17} \text{ кг/м}^3$. Масса Земли составляет $5.97 \times 10^{24} \text{ кг}$. Рассчитайте, каков был бы диаметр Земли, если бы она имела плотность нейтронной звезды.

Решение:

$$V = \frac{M}{\rho} = \frac{4}{3}\pi R^3 \Rightarrow D = 2R = 2 \left(\frac{3M}{4\pi\rho} \right)^{1/3} = \left(\frac{6M}{\pi\rho} \right)^{1/3} = 283.6 \text{ м}$$

Критерии оценивания:

- Использована формула объема шара (**2 балла**);

- Выведена итоговая формула для диаметра «Земли» (4 балла);
- Произведен верный расчет (2 балла)

Максимум – 8 баллов.

Задача 3

Полное солнечное затмение происходит, когда Луна проходит между Солнцем и Землей, при этом диск Луны полностью перекрывает солнечный. По приведенным ниже данным определите, на каких планетах Солнечной системы также могут наблюдаться полные солнечные затмения. Радиус Солнца 696 тыс км.

Планета	Расстояние до Солнца, млн км	Спутник	Радиус спутника, км	Расстояние до планеты
Марс	228	Фобос	11	9376 км
Юпитер	779	Каллисто	2410	1.883 млн км
Сатурн	1433	Титан	2574	1.222 млн км
Уран	2875	Оберон	761	0.584 млн км

Решение

Для того, чтобы на планете наблюдалось полное солнечное затмение, планета должна находиться в области тени своего спутника. Из условия подобия треугольников легко видеть, что

$$\frac{D}{R_S} = \frac{d_U}{R} \implies d_U = D \cdot \frac{R}{R_S}$$

где D – расстояние от планеты до Солнца, R_s – радиус Солнца, R – радиус спутника планеты, d_u – область тени вдоль линии, соединяющей спутник и планету.

Соответственно, для наблюдения затмения должно выполняться условие $d < d_u$, где d – расстояние от спутника до планеты. Таким образом можно найти, что на Марсе затмение Солнца Фобосом наблюдаться не может, в трех остальных случаях из таблицы затмения возможны.

Критерии оценивания:

- решена геометрическая часть задачи (4 балла);
- рассчитаны условия наблюдения (или не-наблюдения) затмений (4 баллов);

Максимум – 8 баллов.

Задача 4

Вы планируете экспедицию на Марс, но в вашем справочнике остались только следующие сведения:

расстояние от Земли до Солнца — 149.6 млн км;

период обращения Земли вокруг Солнца — 1 год;

период обращения Марса вокруг Солнца — 1.88 года.

Определите по этим данным минимальное расстояние от Земли до Марса (считая орбиты планет окружностями).

Решение:

Согласно 3-му закону Кеплера

$$\frac{T_E^2}{R_E^3} = \frac{T_M^2}{R_M^3} = \frac{T_M^2}{(R_E + d)^3} \Rightarrow d = \left[\left(\frac{T_M}{T_E} \right)^{2/3} - 1 \right] R_E$$

Здесь d – минимальное расстояние между Землей и Марсом, расчет дает

$d = 78.3$ млн км.

Критерии оценивания:

- запись закона Кеплера (**2 балла**);
- получено выражение для минимального расстояния (**4 балла**);
- получено верное численное значение (**2 балла**).

Максимум – 8 баллов.

Задача 5

Если бы коэффициент отражения лунной поверхности (альбедо) составлял в оптическом (видимом) диапазоне не 7%, а 0%, то как земному наблюдателю можно было бы узнать о её присутствии рядом с Землей?

Решение:

Варианты:

- солнечные затмения, покрытия звезд
- излучение вне оптического диапазона (например, инфракрасное)
- приливы и отливы
- эхо-сигналы, например, от отправленного в ее сторону радиопередатчика
- гравитационное притяжение искусственных спутников Земли
- ...

Критерии оценивания:

За каждый вариант можно дать по 2 балла, но не более двух баллов в сумме.

Максимум – 8 баллов.

Задача 6

Как определить, является наблюдаемый диффузный объект кометой или туманностью?

Решение:

Зафиксировать движение объекта на фоне звезд. Комета будет перемещаться относительно звезд, это можно зафиксировать за разумное время наблюдений (на практике – в течение десятков минут).

Критерии оценивания:

- дан верный ответ со слабым обоснованием (**6 баллов**);
- дан верный ответ с полным обоснованием (**8 баллов**).

Максимум – 8 баллов.