

**Ответы на задачи по астрономии
для муниципального тура олимпиады
среди 11 классов**

1. Период обращения Земли вокруг Солнца равен 365,25 суток. Определите период обращения астероида, если известно, что в перигелии своей орбиты он находится на расстоянии 0,3 а.е. от Солнца, а в афелии удаляется от него на расстояние 1,7 а.е. (5 баллов)

Ответ: согласно III закону Кеплера отношение квадратов периодов обращения планет равно отношению кубов их больших полуосей (1 балл). Большая полуось орбиты астероида равна $(0,3 + 1,7)/2 = 1$ а.е. (2 балла), т.е. в точности равна большой полуоси орбиты Земли (1 балл). Отсюда следует, что период обращения астероида вокруг солнца равен периоду обращения Земли, т.е. 365,25 дням. (1 балл)

2. В нашей Галактике вспыхнула сверхновая звезда в созвездии Водолея. Известно, что расстояние до неё составляет 15 кпк, а абсолютная звёздная величина равна -19^m . Оцените её видимую звёздную величину. С чем можно сравнить блеск этой сверхновой? (6 баллов)

Ответ: видимая звёздная величина вычисляется по формуле

$$m = M - 5 + 5 \lg r, \quad (3 \text{ балла})$$

где M – абсолютная звёздная величина (равная видимой звёздной величине при наблюдении со «стандартного» расстояния 10 пк), а r – расстояние, выраженное в парсеках. Подставляя численные значения, получаем видимый блеск сверхновой, равный -3^m (2 балла), что превосходит блеск всех планет, кроме Венеры.

Расчёты, представленные выше были бы неверны, если бы вспышка наблюдалась *в другом созвездии*, например, близком к плоскости Галактики. В этом случае из-за большого количества пыли в формуле следовало бы учесть изменение блеска за счёт поглощения (дополнительное слагаемое). Но так как созвездие Водолея находится далеко от плоскости нашей Галактики, то используемая формула «работает» хорошо (1 балл).

3. Представьте, что всю поверхность солнца закрыли большим чёрным экраном, оставив только небольшую дырку, через которую можно наблюдать огромное солнечное пятно. С каким из небесных тел можно сравнить его блеск: Луной, Венерой, Сатурном, полярной звездой? Размер пятна равен одной угловой минуте, температура 4500 К. (10 баллов)

Ответ: вспомним, что видимый диаметр солнца равен 30 угловым минутам (1 балл), а температура его поверхности ~ 5800 К (1 балл). Таким образом, угловая площадь видимой части солнечного диска уменьшится в 900 раз (1 балл). Кроме того, мощность излучения пропорциональна 4-й степени температуры (1 балл), и пятно будет светить слабее, чем участок Солнца такого же размера, но вне пятна в $(5800/4500)^4 \sim 3$ раза (1 балл). Значит, всего блеск уменьшится в 2700 раз (1 балл). Соответствующее изменение звёздной величины составит примерно $8,6^m$ (1 балл). Видимая звёздная величина Солнца равна $-26,8^m$ (1 балл), а блеск пятна составит $-18,2^m$ (1 балл). Это более чем в сто раз ярче полной Луны.

4. Согласно одной из гипотез, в будущем Солнце в стадии красного гиганта «раздуется» так, что поглотит Землю. Чему будет тогда равна средняя плотность «нового Солнца»? С чем можно сравнить эту величину? Масса Солнца сейчас $2 \cdot 10^{30}$ кг. Потерей массы в будущем пренебречь. (10 баллов)

Ответ: отношение плотностей равно

$$\frac{\rho_1}{\rho_0} = \frac{(M/V_1)}{(M/V_0)} = \frac{(3M/4\pi r_1^3)}{(3M/4\pi r_0^3)} = \frac{r_0^3}{r_1^3} \quad (2 \text{ балла})$$

Здесь V_1 и V_0 – новый и старый объёмы Солнца, r_1 и r_0 – новый и старый радиусы Солнца. При «раздувании» Солнце увеличит свой радиус почти в 215 раз (1 балл). При этом его плотность уменьшится почти в 10 млн. раз (точнее в 9938375 раз, но здесь важен лишь порядок величины) (2 балл). Средняя плотность Солнца составляет сейчас около $1,4 \text{ г/см}^3$ (1 балл) Уменьшение плотности при «раздувании» солнца доведёт эту величину до $0,14 \text{ г/м}^3$ (2 балла). Это соответствует плотности земной атмосферы на высоте около 65 км над поверхностью Земли (2 балла).

5. Какова максимальная элонгация Земли от Солнца при наблюдении из окрестностей Юпитера, радиус орбиты которого составляет 5,2 а.е.? (5 баллов)

Ответ: поскольку радиус орбиты Юпитера равен 5,2 а.е., а радиус орбиты Земли равен 1 а.е., то вопрос, поставленный в задаче, можно переформулировать так: под каким максимальным углом можно увидеть отрезок в 1 а.е., один из концов которого находится на расстоянии в 5,2 а.е. от наблюдателя? (3 балла) Этот угол равен $\arcsin(1/5,2) \approx 11,1^\circ$ (2 балла) Это и есть максимальная элонгация Земли при наблюдении с Юпитера.