

**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
2018/19 учебный год**

Возможные решения и критерии оценивания

9 класс

№ 1. Звезда.

Оцените радиус R звезды (в км), средняя плотность вещества которой равна плотности атомного ядра. Масса звезды $M = 2 \cdot 10^{30}$ кг. Данные о ядре: масса $m_0 \approx 2 \cdot 10^{-24}$ г; радиус $r_0 \approx 10^{-13}$ см. Что можно сказать об этой звезде? Оцените ее среднюю плотность (в г/см³).

Решение:

1. Из равенства плотностей двух тел, имеющих форму шара, следует уравнение

$$\frac{M}{R^3} = \frac{m_0}{r_0^3}. \quad 2 \text{ балла}$$

Следовательно,

$$R = r_0 \cdot \left(\frac{M}{m_0} \right)^{1/3} = 10 \text{ км}. \quad 3 \text{ балла}$$

2. Это нейтронная звезда. Ее плотность -

$$\rho = \frac{3m_0}{4\pi r_0^3} = 4,8 \cdot 10^{14} \text{ г/см}^3 \quad 3 \text{ балла}$$

№ 2. Сверхмассивная черная дыра (СЧД) в центре Галактики.

Предполагается, что в центре нашей Галактики находится сверхмассивная черная дыра (СЧД), массу которой можно вычислить по данным об орбитах ближайших к СЧД объектов, - звезд и газа. Данные наблюдений показывают например, что газ движется вокруг СЧД со скоростью $v = 75$ км/с по круговой орбите радиуса $r = 0,8$ пк. По этим данным оцените массу СЧД (в единицах солнечной массы). Гравитационная постоянная: $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ (Н·м²/кг²). Масса Солнца: $M_\odot = 2 \cdot 10^{30}$ кг. $1 \text{ пк} \approx 3 \cdot 10^{16}$ м.

Решение:

Масса СЧД находится из уравнения движения для круговых орбит:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \rightarrow M = \frac{r \cdot v^2}{G} = 2,1 \cdot 10^6 M_\odot = 1,1 \cdot 10^6 M_\odot$$

Правильный ответ

8 баллов

№ 3. Вращение Земли.

Вследствие действия приливов, вызванных притяжением Луны и Солнца, продолжительность суток на Земле увеличивается на $\Delta T = 0,001$ с за $\Delta t = 100$ лет. Через сколько миллионов лет продолжительность суток на Земле увеличится на 1 час?

Решение:

Если принять, что

$$a = \frac{\Delta T}{\Delta t} = 0,001 \left(\frac{с}{100 \text{ лет}} \right) = \text{const},$$

то продолжительность суток на Земле увеличивается во времени по линейному закону

$$T = T_0 + a \cdot t$$

Следовательно,

$$t = \frac{\Delta T}{a} = \frac{3600(с)}{0,001(с / 100 \text{ лет})} = 360 \text{ млн. лет}$$

Правильный ответ:

8 баллов

№ 4. Если бы вся вода на Земле испарилась.

Атмосферное давление на поверхности Земли $P_0 = 10^5$ Па. 1). Оцените массу атмосферы (в кг). Радиус Земли принять равным $R = 6400$ км, ускорение свободного падения на поверхности принять равным $g = 10$ м/с². 2). Теперь представим, что вся вода на Земле превратилась в пар. Каким будет новое атмосферное давление? Средняя океанская глубина $H = 2$ км. Плотность воды принять равной $\rho = 1000$ кг/м³.

Решение:

1. Т.к. давление атмосферы $P_0 = \frac{m_0 g}{S} = \frac{m_0 g}{4\pi R^2}$,

то масса атмосферы

$$m_0 = \frac{4\pi R^2 P_0}{g} \approx 5 \cdot 10^{18} \text{ кг}$$

2. После того, как вся масса воды m_v на Земле превратится в пар, давление атмосферы станет равным

$$P = \frac{(m_0 + m_v)g}{4\pi R^2}.$$

Задача сводится к тому, чтобы найти массу воды m_v . Землю можно представить в виде твердого шара, покрытого тонкой водной оболочкой толщины $H = 2$ км. Объем этой оболочки

$$V_v = 4\pi R^2 H \approx 10^{18} \text{ м}^3,$$

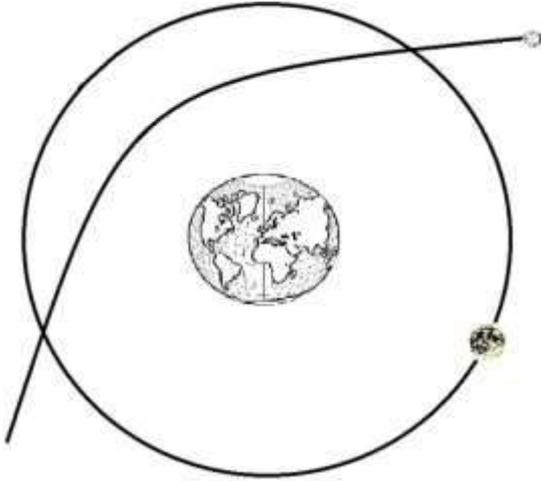
а ее масса -

$$m_v = 4\pi \rho R^2 H \approx 10^{21} \text{ кг}.$$

Т.к. $m_v \gg m_0$, то новое атмосферное давление определяется преимущественно массой испарившейся воды. Это давление равно $P \approx 2 \cdot 10^7$ Па.

Правильное решение

8 баллов



№ 5. Астероидная опасность. В ноябре 2011 г. астероид 2005 YU55 пролетел рядом с Землей на расстоянии 325 тыс. километров, то есть оказался ближе к Земле, чем Луна. Смоделируйте ситуацию: что должно было быть другим, чтобы астероид упал на Землю. В каком случае это оказалось бы возможным?

Решение:

Связанность или открытость системы определяется соотношением кинетической и потенциальной энергий, которые определяются как $\frac{m_a v^2}{2}$ и $G \frac{M_z m_a}{r}$ соответственно. Из этого видно, что масса астероида хотя и участвует в процессе, но никак на него не влияет. Следовательно, все зависит только от скорости астероида. Если бы она была меньше, то астероид мог бы быть захвачен Землей. Гипотетически, скорость астероида могла бы быть уменьшена Луной, если бы она оказалась в момент пролета астероида позади него.

Констатация того, что масса астероида не влияет на характер движения	4 балла
Гипотеза о причине возможной потери скорости	4 балла

№ 6. На Луне. Возможно ли наблюдать восход Земли на Луне?

Решение:

На первый взгляд, поскольку Луна всегда обращена к Земле одной своей стороной, положение Земли на лунном небосклоне всегда одинаково и определяется исключительно лунными координатами места наблюдения. Однако если учесть либрацию, то для наблюдателя, находящегося вблизи границы видимой части Луны, Земля будет периодически то подниматься над горизонтом, то опускаться за него с периодом в один лунный месяц.

Знание того, что Луна обращена к Земле одной своей стороной	2 балла
Знание явления либрации	2 балла
Утверждение о возможности восхода Земли	2 балла
Указание места и характера явления	1+1 балла