

Определите радиус шара с водой масса которого равна массе Земли? Солнца? Галактики Млечный Путь? Какие объекты во Вселенной имеют близкие к полученным размеры?

Решение

Радиус планеты связан с ее массой и плотностью формулой

$$R = \sqrt[3]{\frac{3M}{4\pi\rho}} \sim \rho^{-1/3}$$

Плотность воды составляет 1 г/см^3 или 1000 кг/м^3 .

Средняя плотность Земли примерно в 5.5 раз больше. Значит радиус шара с водой будет в $\sqrt[3]{5.5} \approx 1.7$ раза больше радиуса Земли, что составит 11300 км. Это вполне планетные размеры. В Солнечной системе таких планет нет (самая маленькая из планет-гигантов Нептун больше более чем в два раза), но среди внесолнечных планет есть «сверхземли» подобного размера.

Средняя плотность Солнца 1.5 г/см^3 , что совсем немного выше плотности воды. Очевидно, что искомый шар будет примерно Солнечного размера, а именно $\sqrt[3]{1.5} \approx 1.1$ радиуса Солнца или 800000 км. Таких звезд в Галактике множество. Впрочем, Солнце со временем само «распухнет» до такого размера.

Осталось разобраться с Галактикой. В нашей галактике по разным оценкам от 200 до 400 миллиардов звезд. Будем считать, что они все имеют массу Солнца. Тогда их суммарная масса около $3 \cdot 10^{11} M_{\odot}$. Однако большую часть массы Галактики составляет темная материя, которой по массе раз в 10 больше, чем барионной материи. Таким образом получаем оценку массы галактики $3 \cdot 10^{12} M_{\odot}$. Подставляем это значение в формулу и получаем радиус шара 10^{10} км или $\approx 75 \text{ а.е.}$

Таких больших одиночных объектов (планет, звезд) не существует. Для звездных скоплений это очень мало. Но вот двойные звезды вполне могут иметь такие расстояния между компонентам. Кроме того, несколько меньший размер имеет пояс Койпера, а чуть больший – размер пузыря в межзвездном газе, надутый солнечным ветром (ближайшая к нам его часть).

Надо заметить, что объекта с плотностью воды, массой равной массе галактики и найденным радиусом существовать не может. Гравитационный радиус для такой массы составляет

$$R_G = \frac{2GM}{c^2} = 8.9 \cdot 10^{13} \text{ км} \approx 600000 \text{ а.е.} \approx 2,9 \text{ пк}$$

Черная дыра такой массы получается существенно больше.