

Задача 8.

Космические Бакиболы (11 баллов)

1. Космический телескоп, конечно же, не видит индивидуальные молекулы фуллерена, но с помощью телескопа можно получить спектр излучения от выбранной области неба, и в этом спектре попытаться обнаружить характерные полосы излучения, уже известные для фуллеренов на Земле. Для идентификации фуллеренов используют ИК спектр, поскольку облака пыли, в которых ищут фуллерены, сильно поглощают видимый свет. На поверхности Земли снять такой спектр мешает атмосфера, которая сильно поглощает ИК излучение. (2 балла)

2. Фуллерены и нанодIAMANTы могут образовываться в довольно специфических условиях – при высокой температуре, определенных давлениях, в неокислительной атмосфере. Поэтому сам факт их обнаружения уже говорит исследователям о возникновении вещества метеорита в таких специфических физико-химических условиях (накладывает на эти условия довольно жесткие ограничения). При образовании фуллеренов и нанодIAMANTов из окружающей газовой фазы могут захватываться атомы инертных газов и простейшие молекулы. Содержание и изотопный состав таких «гостей» также может много рассказать о месте формирования космического нанодIAMANTа, о ядерных реакциях звезд и межзвездной среды, химических процессах, протекающих в планетарных туманностях. (1 балл)

3. Объем, отвечающий внутренним полостям 1 г фуллерена C_{60} равен

$$V_{in} = \frac{m}{M_{C_{60}}} \cdot N_a \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{6} = \frac{1 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \cdot 3,14 \cdot 0,7^3 \cdot 10^{-27}}{720 \cdot 6} = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$$

Тогда концентрация гелия во внутренних полостях фуллеренов (при н.у.)

$$c = \frac{V_{He}}{V_m} \cdot \frac{1}{V_{in}} = \frac{2,09 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3}}{22,4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-7}} = 0,062 \text{ моль/м}^3$$

(2 балла)

4. Вычислим концентрацию гелия в атмосфере Земли, чтобы сравнить ее с полученной ранее величиной. В 1 м^3 воздуха содержится $5,27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ гелия, тогда

$$c = \frac{5,27 \cdot 10^{-3}}{22,4 \cdot 1} = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ моль/м}^3. \text{ То есть, концентрация гелия в фуллеренах выше в } \mathbf{263}$$

раза. Значит, фуллерены образовались вне Земной атмосферы. (1 балл)

5. Доля ${}^3\text{He}$ в выделенном из фуллеренов гелии $\frac{115 \cdot 10^{-9}}{209 \cdot 10^{-6}} = 5,5 \cdot 10^{-4}$ (550 ppm), что в

$\frac{550}{138} = 399$ раз больше, чем в Земной атмосфере. Это подтверждает предположение о

внеземном формировании фуллеренов. **(0,5 балла)**

6. По закону Менделеева-Клайперона

$$p = \frac{V}{V} RT = cRT = 0,062 \cdot 8,314 \cdot 1273 = 642 = 6,34 \cdot 10^{-3} \text{ атм. (0,5 балла)}$$

7. После Большого Взрыва и остывания Вселенной вещество состояло практически полностью из двух элементов – водорода (92%) и гелия (8%), поэтому сырья для образования молекул фуллерена не было. **(1,5 балла)**

Остальные элементы были синтезированы при протекании термоядерных реакций в недрах звезд – при превращении водорода в гелий, и образовании из последнего более тяжелых элементов. Звезды, похожие на наше Солнце, после «сгорания» водорода превращаются в красные гиганты (http://ru.wikipedia.org/wiki/Красный_гигант), в которых уже возможен синтез углерода из гелия. Однако там, где проходят ядерные реакции, слишком горячо, чтобы могли формироваться фуллерены, поэтому, их образование будет происходить преимущественно в покинувшем звезду веществе. Например, при рассеивании в космос звездного ветра от являющихся красными гигантами «углеродных звезд» (http://ru.wikipedia.org/wiki/Углеродная_звезда), или в сброшенной красным гигантом при формировании белого карлика оболочке (http://ru.wikipedia.org/wiki/Планетарная_туманность). Этот углерод, остывая, становится источником космической пыли (содержащей, в том числе, фуллерены), которая затем может попасть в метеориты, кометы, астероиды. **(2 балла)**

Рассматриваемые в задаче фуллерены вряд ли могли образоваться в Солнечной системе, поскольку соотношение изотопов гелия в фуллеренах заметно отличается от такового для Солнечной системы. Кроме того, в Солнечной системе нет мест с таким давлением гелия и необходимой температурой. **(0,5 балла)**

Однако, чуть больше, чем через миллиард лет, наше Солнце исчерпает запас водорода, и пройдет через стадию красного гиганта с образованием планетарной туманности – тогда Солнечная система на короткое (по астрономическим меркам) время может превратиться в одну из космических фабрик по производству фуллеренов.