

## КОСМОС. Химия, этап 2.

### Задача

Отведя взгляд от биологических образцов, вы обратили внимание на термос, расположенный неподалёку от рабочей панели. В нём находился недопитый чай, точнее то, что от него осталось спустя долгий промежуток времени. Судя по всему, он был приготовлен кем-то из вашей команды незадолго до погружения в криосон.

Осматривая содержимое книжных полок лабораторного отсека, вы обратили внимание на интересный справочник по археологии, который безусловно поможет вам ответить на ваш основной вопрос «А сколько же времени мы прибывали в криосне?»

Основным методом определения возраста биологических объектов, с которым вы ознакомились в книге, является метод радиоуглеродного датирования. Он основан на измерении содержания в образце радиоактивного углерода-14. В атмосфере земли эти ядра образуются из азота-14 под действием космических лучей. После он попадает в круговорот углерода и накапливается в живых организмах. После сбора чая на плантации обмен углеродом с окружающей средой прерывается, поэтому со временем содержание в нём радиоактивного углерода начинает уменьшаться из-за распада последнего. В качестве допущения будем считать, что за несколько сотен лет интенсивность космических лучей практически не изменилась, следовательно, и изначальное содержание углерода-14 в организмах одинаково.

Вы отобрали образец чая объёмом 300 мл и поместили в детектор радиоактивного излучения. За 100 минут измерений он зафиксировал 2009 распадов атомов радиоактивного углерода. Используя дополнительные данные, определите продолжительность вашего пребывания в криосне:

- В 100 мл чая в среднем содержится 5 г углерода
- В 1 г природного углерода содержится  $1,5 \cdot 10^{-12}$  г радиоактивного  $^{14}\text{C}$
- Период полураспада изотопа  $^{14}\text{C}$  равен  $\tau_{1/2} = 5600$  лет
- Детектор фиксирует лишь 10% от всех распадающихся атомов
- Активность радиоактивного изотопа (расп/с) прямо пропорциональна количеству атомов и обратно пропорциональна его периоду полураспада, выраженному в секундах

$$A = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} \cdot N$$

- Зависимость активности углерода-14 от прошедшего времени (t) подчиняется следующему закону:

$$A = A_0 \cdot 2^{-t/\tau_{1/2}}$$

Решение:

1. Рассчитаем изначальную активность изотопа углерода-14 в чае:

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} \cdot N_0(^{14}\text{C}) = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} \cdot \nu_0(^{14}\text{C}) \cdot N_a = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} \cdot \frac{m_0(^{14}\text{C})}{M(^{14}\text{C})} \cdot N_a = \\ &= \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} \cdot \frac{m(\text{C}) \cdot \omega(^{14}\text{C})}{M(^{14}\text{C})} \cdot N_a = \frac{0,693 \cdot 15 \text{ г} \cdot 1,5 \cdot 10^{-12}}{5600 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} \cdot 14 \text{ г/моль}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = \\ &= 3,797 \text{ расп/с} \end{aligned}$$

2. Рассчитаем текущую активность образца чая:

$$A = \frac{N}{\eta \cdot \tau} = \frac{2009 \text{ расп}}{0,1 \cdot 100 \cdot 60 \text{ с}} = 3,348 \text{ расп/с}$$

3. Рассчитаем время, которое мы провели в криосне:

$$t = -\tau_{1/2} \cdot \log_2 \frac{A}{A_0} = -5600 \text{ лет} \cdot \log_2 \frac{3,348}{3,797} = 1016,74 \text{ года} \approx 1017 \text{ лет}$$

Критерии оценивания:

Расчёт изначальной активности  $^{14}\text{C}$  в образце чая – 3 балла

Расчёт текущей активности образца чая – 3 балла

Расчёт времени, проведённого в криосне – 4 балла