

Задание 5. Ряд урана

Образец радиоактивного изотопа урана-238 массой 80 г распадается со скоростью 1 миллион атомов в секунду. Продукты его распада – тоже радиоактивные, причём распадаются во много раз быстрее. Конечным продуктом распада является устойчивый свинец-206, а среди промежуточных продуктов распада есть уран-234.

1. Объясните, как из урана-238 образовался уран-234. Напишите уравнения ядерных реакций.

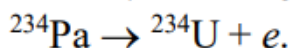
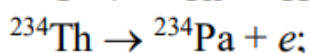
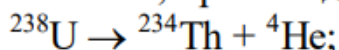
2. Сколько α - и β -распадов происходит на пути от урана-238 к свинцу-206?

3. Чему равен объём гелия (н. у.), который образуется из образца урана за 10 миллионов лет? Считайте, что скорость распада остаётся постоянной в течение этого времени.

Задание 5. Ряд урана

Решение:

1. При α -распаде заряд ядра уменьшается на 2, при β -распаде увеличивается на 1. По условию, заряд ядра остался прежним, изменилось только массовое число, следовательно, происходят один α -распад и два β -распада. Уравнения реакций:



(Поскольку школьники не обязаны знать радиоактивные ряды, принимается любая последовательность из одного α - и двух β -распадов.)

2. Массовое число от урана-238 до свинца-206 уменьшилось на 32. Это означает, что произошло $32 / 4 = 8$ α -распадов (при β -распаде массовое число не меняется). За 8 α -распадов заряд ядра уменьшается на 16, а в ряду от урана ($Z = 92$) до свинца ($Z = 82$) он уменьшается всего на 10. Следовательно, дополнительно к α -распадам произошло ещё $16 - 10 = 6$ β -распадов.

3. За 10 миллионов лет распадётся:

$$N_{\text{расп.}}(\text{U}) = 10^6 \text{ атомов/с} \cdot (10^7 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600) \text{ с} = 3,15 \cdot 10^{20} \text{ атомов урана};$$

$$\nu_{\text{расп.}}(\text{U}) = 3,15 \cdot 10^{20} / (6,02 \cdot 10^{23}) = 5,24 \cdot 10^{-4} \text{ моль}.$$

При распаде одного атома в течение всей цепочки распадов образуется 8 атомов гелия, поэтому

$$\nu(\text{He}) = 5,24 \cdot 10^{-4} \cdot 8 = 4,19 \cdot 10^{-3} \text{ моль};$$

$$V(\text{He}) = 4,19 \cdot 10^{-3} \cdot 22,4 = 0,094 \text{ л} = 94 \text{ мл}.$$

Критерии оценивания:

1. Уравнения ядерных реакций – по 1 баллу, всего **3 балла**

2. Число α - и β -распадов **3 балла**

3. Расчёт объёма гелия **4 балла**

из них

расчёт числа атомов урана – 2 балла,

расчёт числа молей гелия – 1 балл,

расчёт объёма гелия – 1 балл.

Всего за задачу – 10 баллов