

## Лабораторная работа № 2 по радиационной экологии «Радиоактивные превращения»

Основные формулы:

1.  ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$
2.  ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + e^- + \tilde{\nu}_e$
3.  ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + e^+ + \nu_e$
4.  $e^- + {}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + \nu_e$

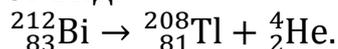
Пример решения задачи

### Задача 1.

Дано. В какое ядро превратится ядро Bi-212, испустив  $\alpha$ -частицу. Записать уравнение ядерной реакции.

Решение.

1. Обозначим неизвестное ядро  ${}^A_ZX$ .
2. Так как при  $\alpha$ -распаде атомный номер изменяется на  $-2$ , а массовое число на  $-4$ , то  $Z = 83 - 2 = 81$ ,  $A = 212 - 4 = 208$ .
3. Элемент с порядковым номером 81 в периодической системе – таллий. Следовательно, ядро Bi-212 превратится в ядро Tl-208.
4. Уравнение реакции имеет вид:



### Задача 2.

Дано. Восстановить пропущенные места во фрагменте радиоактивного ряда тория:



если известно, что превращения радионуклидов происходят только через  $\alpha$ - и  $\beta^-$ -распад, а также что в ряду отсутствуют америций и протактиний.

Решение.

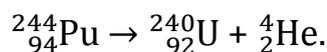
1. По таблице Менделеева определим атомный номер известных радионуклидов и перепишем исходное выражение превращения фрагмента ряда в следующем виде:



2. Так как материнское (калифорний-252) и дочернее (плутоний-244) ядро для нуклида  $X_1$  различаются по атомной массе ( $\Delta A$ ) на 8, по атомному номеру ( $\Delta Z$ ) на 4, то распад до и после  $X_1$  может быть только  $\alpha$ -распадом. Следовательно,  $A_{X_1} = 248$ ,  $Z_{X_1} = 96$ . По таблице Менделеева находим, что нуклид  $X_1 = {}^{248}\text{Cm}$  (кюрий-248).
3. Между Pu-244 и Np-240 имеем  $\Delta A = 4$ ,  $\Delta Z = 1$ . Следовательно между ними должен быть один  $\alpha$ -распад (при котором  $A$  уменьшится на 4, а

$Z$  уменьшится на 2) и один  $\beta^-$ -распад (при котором  $A$  не изменится, а  $Z$  увеличится на 1).

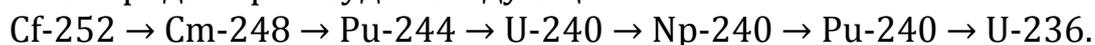
4. Предположим, что сперва происходит  $\alpha$ -распад, а затем  $\beta^-$ -распад. В этом случае уравнение превращения для  $X_2$  будет иметь следующий вид:



5. Предположим, наоборот, что сперва происходит,  $\beta^-$ -распад а затем  $\alpha$ -распад. В этом случае уравнение превращения для  $X_2$  будет следующим:



6. Так как по условию задачи америций не должен образовываться, следовательно, верно первое предположение и радионуклид  $X_2 = {}^{240}\text{U}$  (уран-240).
7. Повторяя рассуждения, выполненные для  $X_2$  относительно и  $X_3$  получаем, что если бы Np-240 был  $\alpha$ -радиоактивен, то возникал бы протактиний, что запрещено условиями задачи. Следовательно,  $X_3 = {}^{240}\text{Pu}$  (плутоний-240).
8. Таким образом, цепочка превращений данного фрагмента радиоактивного ряда тория будет следующей:



### Задача для самостоятельной работы

#### Задача 1.

Дано. В какое ядро превратится ядро (см. таблицу), испустив указанную частицу? Записать уравнение ядерной реакции.

Вариант	Радионуклид	Тип распада								
1	Th-228	$\alpha$	Rb-84	$\beta^-$	Cs-130	$\beta^+$	Cs-132	$\beta^-$	Cs-137	$\beta^-$
2	U-230	$\alpha$	Fr-223	$\beta^-$	Cu-60	$\beta^+$	Co-58	$\beta^+$	Ag-103	$\beta^+$
3	U-232	$\alpha$	Au-194	$\beta^+$	Au-199	$\beta^-$	Ag-111	$\beta^-$	Mg-28	$\beta^-$
4	Pu-236	$\alpha$	Sr-89	$\beta^-$	Sr-90	$\beta^-$	Ba-131	$\beta^+$	Ba-140	$\beta^-$
5	Ra-223	$\alpha$	Ra-228	$\beta^-$	Zn-65	$\beta^+$	Zn-72	$\beta^-$	Cd-107	$\beta^+$
6	Cm-244	$\alpha$	Hg-193	$\beta^+$	Hg-203	$\beta^-$	Co-60	$\beta^-$	In-109	$\beta^+$
7	Tl-202	$\beta^+$	Bk-245	$\alpha$	Sc-46	$\beta^-$	Y-88	$\beta^+$	Y-91	$\beta^-$
8	Ac-225	$\alpha$	Ac-227	$\beta^-$	Ce-141	$\beta^-$	Nd-147	$\beta^-$	Pm-147	$\beta^-$
9	Eu-146	$\beta^+$	Sm-153	$\beta^-$	Eu-148	$\alpha$	Eu-152	$\beta^-$	Eu-147	$\beta^+$
10	Gd-151	$\alpha$	Tb-160	$\beta^-$	Tm-171	$\beta^-$	Lu-174	$\beta^+$	Rb-79	$\beta^+$
11	Th-234	$\beta^-$	Pa-230	$\alpha$	Pa-233	$\beta^-$	Mn-52	$\beta^+$	Co-56	$\beta^+$
12	U-237	$\beta^-$	Np-235	$\alpha$	Np-234	$\beta^+$	Np-239	$\beta^-$	Ca-45	$\beta^-$
13	Pu-241	$\beta^-$	Am-240	$\alpha$	Cd-115	$\beta^-$	Cm-249	$\beta^-$	Tl-204	$\beta^-$
14	Cf-250	$\alpha$	Sn-125	$\beta^-$	Pb-210	$\beta^-$	As-74	$\beta^+$	Bi-205	$\beta^+$
15	Zr-95	$\beta^-$	Po-210	$\alpha$	Hf-181	$\beta^-$	V-48	$\beta^+$	I-126	$\beta^+$

## Задача 2.

Дано. Восстановить пропущенные места во фрагменте радиоактивного ряда (см. таблицу). Записать уравнение цепочки превращений фрагмента.

Вариант	Ряд	Фрагмент ряда	Отсутствуют в ряду
1	Th	$\text{Pu-240} \rightarrow X_1 \rightarrow \text{Th-232} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{Ac-228} \rightarrow X_3 \rightarrow \text{Ra-224}$	Pa и Fr
2	Th	$\text{Th-228} \rightarrow X_1 \rightarrow \text{Rn-220} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{Pb-212} \rightarrow X_3 \rightarrow \text{Po-212}$	Tl
3	Th	$\text{Ra-224} \rightarrow X_1 \rightarrow \text{Po-216} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{Bi-212} \rightarrow X_3 \rightarrow \text{Pb-208}$	At и Tl
4	Np	$\text{Cf-249} \rightarrow X_1 \rightarrow \text{Pu-241} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{Np-237} \rightarrow X_3 \rightarrow \text{U-233}$	U-237 и Pu-237
5	Np	$\text{Pa-233} \rightarrow X_1 \rightarrow \text{Th-229} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{Ac-225} \rightarrow X_3 \rightarrow \text{At-217}$	Ac-229 и Pa-229
6	Np	$\text{Fr-221} \rightarrow X_1 \rightarrow \text{Bi-213} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{Pb-209} \rightarrow X_3 \rightarrow \text{Tl-205}$	Tl-209 и Hg
7	Ra	$\text{U-238} \rightarrow X_1 \rightarrow \text{Pa-234} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{Th-230} \rightarrow X_3 \rightarrow \text{Rn-222}$	Np и Ac
8	Ra	$\text{Ra-226} \rightarrow X_1 \rightarrow \text{Po-218} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{Bi-214} \rightarrow X_3 \rightarrow \text{Po-210}$	At и Tl
9	Ra	$\text{At-218} \rightarrow X_1 \rightarrow \text{Po-214} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{Bi-210} \rightarrow X_3 \rightarrow \text{Pb-206}$	Rn, At-214 и Tl
10	Ac	$\text{Pu-239} \rightarrow X_1 \rightarrow \text{Th-231} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{Ac-227} \rightarrow X_3 \rightarrow \text{Ra-223}$	Ra-227, Fr
11	Ac	$\text{Fr-223} \rightarrow X_1 \rightarrow \text{Rn-219} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{Pb-211} \rightarrow X_3 \rightarrow \text{Tl-207}$	At, Rn-216 и Po
12	Ac	$\text{At-219} \rightarrow X_1 \rightarrow \text{Po-215} \rightarrow X_2 \rightarrow \text{Bi-211} \rightarrow X_3 \rightarrow \text{Pb-207}$	Rn, At-215 и Po-211