

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. $e^- + {}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + \nu_e$

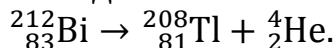
Пример решения задачи

Задача 1.

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

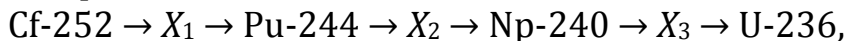
Решение.

1. Обозначим неизвестное ядро A_ZX .
2. Так как при α -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.

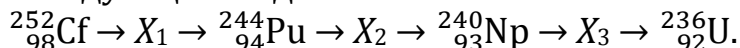
Дано. Восстановить пропущенные места во фрагменте радиоактивного ряда тория:



если известно, что превращения радионуклидов происходят только через α - и β^- -распад, а также что в ряду отсутствуют америций и протактиний.

Решение.

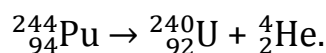
1. По таблице Менделеева определим атомный номер известных радионуклидов и перепишем исходное выражение превращения фрагмента ряда в следующем виде:



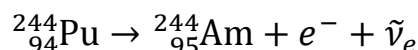
2. Так как материнское (калифорний-252) и дочернее (плутоний-244) ядро для нуклида X_1 различаются по атомной массе (ΔA) на 8, по атомному номеру (ΔZ) на 4, то распад до и после X_1 может быть только α -распадом. Следовательно, $A_{X_1} = 248$, $Z_{X_1} = 96$. По таблице Менделеева находим, что нуклид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

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

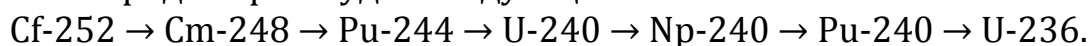
4. Предположим, что сперва происходит α -распад, а затем β^- -распад. В этом случае уравнение превращения для X_2 будет иметь следующий вид:



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

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