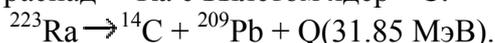


3.6 Кластерная радиоактивность

В 1984 независимые группы ученых в Англии и России, используя пучки экзотических ядер, открыли кластерную радиоактивность некоторых тяжелых ядер, самопроизвольно испускающих кластеры - атомные ядра с атомным весом от 14 до 34.

Явление испускания α -частиц радиоактивными ядрами хорошо известно. Возможно ли самопроизвольное испускание каких-то других атомных ядер, отличных от ядер ${}^4\text{He}$? Положительный ответ на этот вопрос был дан в 1984 году. Двумя независимо друг от друга работающими группами в Англии [H.J.Rose, G.A.Jones Nature 1984, vol 307 245-247] и СССР [Д.В.Александров и др. Письма в ЖЭТФ 1984 т.40 152-154] был обнаружен радиоактивный распад ${}^{223}\text{Ra}$ с вылетом ядер ${}^{14}\text{C}$.



Вероятность испускания ядер ${}^{14}\text{C}$ почти на 10 порядков меньше чем вероятность испускания α -частиц. Спонтанный вылет ядер ${}^{14}\text{C}$ был вскоре обнаружен и для других ядер ${}^{221}\text{Fr}$, ${}^{221}\text{Ra}$, ${}^{222}\text{Ra}$. В настоящее время известно свыше 10 изотопов, для которых обнаружена кластерная радиоактивность. Наряду с испусканием ядер ${}^{14}\text{C}$ наблюдалось испускание ядер ${}^{24}\text{Ne}$, ${}^{28}\text{Mg}$, ${}^{32}\text{Si}$.

Кластерная радиоактивность - явление самопроизвольного испускания ядрами ядерных фрагментов (кластеров) тяжелее, чем α -частица.

В Табл. 8 приведены экспериментально наблюдаемые случаи кластерного распада. Приводятся исходные ядра, испускаемые кластеры, отношения вероятности испускания кластера к вероятности испускания α -частицы λ_c/λ_a , периоды полураспада относительно испускания кластера. Из приведенных данных видно, что отношение вероятности испускания тяжелого кластера к вероятности испускания α -частицы варьируется в интервале $\sim 10^{-10}$ - 10^{-13} . Однако в отдельных случаях, например, в случае испускания изотопов ${}^{28,30}\text{Mg}$ оно может доходить до 10^{-17} .

Табл. 8. Экспериментальные результаты по кластерному распаду

Исходное ядро	Испускаемый кластер	Энергия распада, Q, МэВ	λ_c/λ_a (отношение вероятности испускания кластера к вероятности испускания альфа-частицы)	$T_{1/2}$, годы (период полураспада относительно испускания кластера)
${}^{221}\text{Fr}$	${}^{14}\text{C}$	31.28	$< 5 \cdot 10^{-14}$	$> 2 \cdot 10^8$
${}^{221}\text{Ra}$	${}^{14}\text{C}$	32.39	$< 1.2 \cdot 10^{-13}$	$> 7.4 \cdot 10^6$
${}^{222}\text{Ra}$	${}^{14}\text{C}$	33.05	$(3.7 \pm 0.6) \cdot 10^{-10}$ $(3.1 \pm 1.0) \cdot 10^{-10}$	
${}^{223}\text{Ra}$	${}^{14}\text{C}$	31.85	$(8.5 \pm 2.5) \cdot 10^{-10}$ $(7.6 \pm 3.0) \cdot 10^{-10}$ $(5.5 \pm 2.0) \cdot 10^{-10}$ $(4.7 \pm 1.3) \cdot 10^{-10}$ $(6.1 \pm 1.0) \cdot 10^{-10}$	
${}^{224}\text{Ra}$	${}^{14}\text{C}$	30.54	$(4.3 \pm 1.2) \cdot 10^{-11}$	$(2.3 \pm 0.6) \cdot 10^8$
${}^{226}\text{Ra}$	${}^{14}\text{C}$	28.21	$(3.2 \pm 1.6) \cdot 10^{-11}$ $(2.9 \pm 1.0) \cdot 10^{-11}$	
${}^{225}\text{Ac}$	${}^{14}\text{C}$	30,47	$< 4 \cdot 10^{-13}$	$> 7 \cdot 10^{10}$
${}^{231}\text{Pa}$	${}^{23}\text{F}$	51,84	$< 4 \cdot 10^{-14}$	$> 8 \cdot 10^{17}$
${}^{230}\text{Th}$	${}^{24}\text{Ne}$	57.78	$(5.6 \pm 1.0) \cdot 10^{-13}$	$(1.3 \pm 0.3) \cdot 10^{17}$

²³² Th	²⁶ Ne	55.97	$<5 \cdot 10^{-11}$	$>3 \cdot 10^{20}$
²³¹ Pa	²⁴ Ne	60.42	$(3.8 \pm 0.7) \cdot 10^{-12}$	$(8.6 \pm 1.6) \cdot 10^{15}$
²³² U	²⁴ Ne	62.31	$(2.0 \pm 0.5) \cdot 10^{-12}$	$(3.4 \pm 0.8) \cdot 10^{13}$
²³³ U	²⁴ Ne ²⁵ Ne	60.50 60.85	$(7.5 \pm 2.5) \cdot 10^{-13}$ $(5.3 \pm 2.3) \cdot 10^{-13}$	
²³⁴ U	²⁴ Ne ²⁶ Ne	58.84 59.47	$(4.4 \pm 0.5) \cdot 10^{-13}$ $(3.9 \pm 1.0) \cdot 10^{-13}$	
²³⁵ U	²⁴ Ne ²⁵ Ne ²⁶ Ne	57.36 57.83 58.11	$<5 \cdot 10^{-12}$	$>1.4 \cdot 10^{20}$
²³⁶ U	²⁴ Ne ²⁶ Ne	55.96 56.75	$<4 \cdot 10^{-12}$	$>6 \cdot 10^{18}$
²³⁴ U	²⁸ Mg	74.13	$(1.4 \pm 0.2) \cdot 10^{-13}$ $(2.3 \pm 0.7) \cdot 10^{-13}$	
²³⁵ U	²⁸ Mg	72.20	$<8 \cdot 10^{-13}$	$>9 \cdot 10^{20}$
²³⁶ U	³⁰ Mg	72.51	$<4 \cdot 10^{-12}$	$>6 \cdot 10^{18}$
²³⁷ Np	³⁰ Mg	75.02	$<4 \cdot 10^{-14}$	$>5 \cdot 10^{19}$
²³⁶ Pu	²⁸ Mg	79.67	$\sim 2 \cdot 10^{-14}$	$\sim 1.5 \cdot 10^{14}$
²³⁸ Pu	²⁸ Mg ³⁰ Mg	75.93 77.03	$(5.6^{+4.4}_{-2.5}) \cdot 10^{-17}$	$\sim 1.5 \cdot 10^{18}$
	³² Si	91.21	$(1.4^{+0.6}_{-0.4}) \cdot 10^{-16}$	$\sim 6.5 \cdot 10^{17}$
²⁴⁰ Pu	³⁴ Si	90.95	$<1.3 \cdot 10^{-13}$	$>5 \cdot 10^{16}$
²⁴¹ Am	³⁴ Si	93.84	$<5 \cdot 10^{-15}$ $<3 \cdot 10^{-12}$ $<4.2 \cdot 10^{-13}$ $<7.4 \cdot 10^{-16}$	$>9 \cdot 10^{16}$ $>1.4 \cdot 10^{14}$ $>1.0 \cdot 10^{15}$ $>5.8 \cdot 10^{17}$