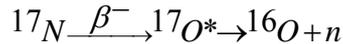


3.2 Нейтронная радиоактивность

Испускание нейтрона может происходить в цепочке распада, когда энергия возбуждения дочернего ядра превышает энергию связи нейтрона. При этом массовое число уменьшается на единицу. Пример испускания запаздывающих нейтронов



Бета-распад может приводить к образованию ядер в возбужденных состояниях с энергией больше энергии отделения нейтрона. Распад этих состояний может происходить с эмиссией нейтронов. В настоящее время известно свыше 150 ядер излучателей запаздывающих нейтронов. Часть их приведена в Табл.6. В последнем столбце таблицы указаны характерные реакции, в которых образуются излучатели запаздывающих нейтронов. Область ядер, в которой могут располагаться излучатели запаздывающих нейтронов оценивается на основе масс атомных ядер. Она простирается от самых легких ядер до тяжелых. Вероятность испускания запаздывающих нейтронов P_n зависит от степени заселения в ядре $(Z+1, N-1)$ состояний выше нейтронного порога B_n и конкуренции между распадами этих состояний с испусканием нейтронов и γ -квантов.

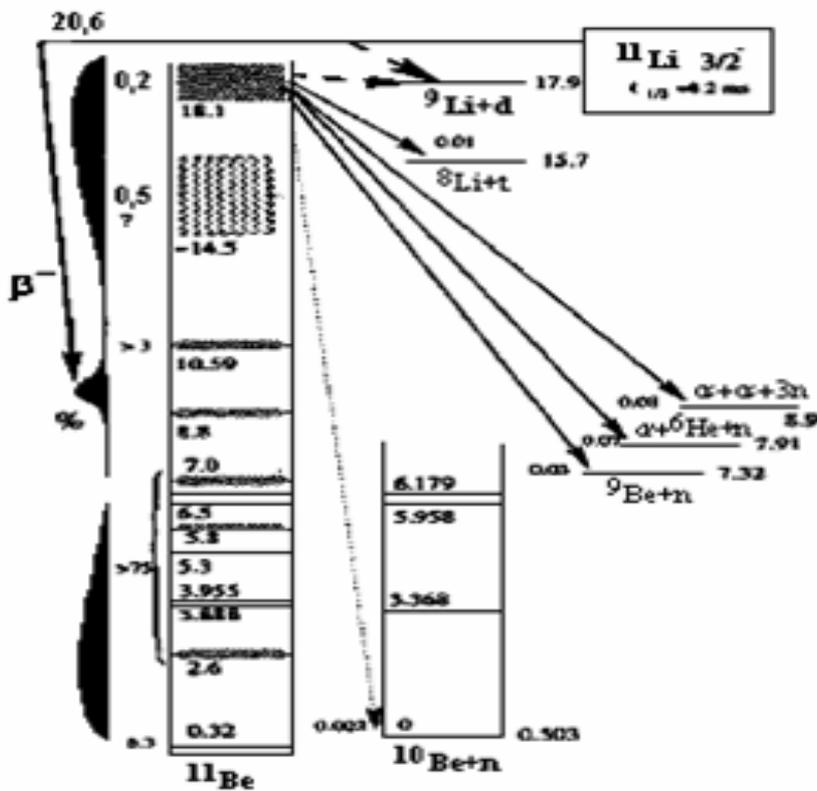
Табл. 6. Излучатели запаздывающих нейтронов

Изотоп	$T_{1/2}$, с	$Q_b - E_n$, МэВ	P_n , %	Реакция
${}^{11}\text{Li}$	0.009	22.5	82 ± 7	$p(600 \text{ МэВ}) + \text{U} \rightarrow \text{фрагментация}$
${}^{13}\text{B}$	0.0174	8.5	0.26 ± 0.04	$t + {}^{11}\text{B} \rightarrow {}^{13}\text{B} + p$
${}^{17}\text{N}$	4.16	4.5	95 ± 1	$d + ({}^{16}\text{O} + {}^{37}\text{Cl})$
${}^{27}\text{Na}$	0.295	1.6	0.08 ± 0.03	$p(\text{ГэВ}) + \text{U} \rightarrow \text{фрагментация}$
${}^{28}\text{Na}$	0.036	3.0	0.58 ± 0.12	$p(\text{ГэВ}) + \text{U} \rightarrow \text{фрагментация}$
${}^{29}\text{Na}$	0.048	4.8	21 ± 4	$p(\text{ГэВ}) + \text{U} \rightarrow \text{фрагментация}$
${}^{30}\text{Na}$	0.055	7.2	26 ± 4	$p(\text{ГэВ}) + \text{U} \rightarrow \text{фрагментация}$
${}^{31}\text{Na}$	0.018	11.3	30 ± 8	$p(\text{ГэВ}) + \text{U} \rightarrow \text{фрагментация}$
${}^{32}\text{Na}$	0.014	12.2	20 ± 8	$p(\text{ГэВ}) + \text{U} \rightarrow \text{фрагментация}$
${}^{141}\text{Cs}$	24.9	0.32	0.05	$n(\text{тепл.}) + {}^{235}\text{U} \rightarrow \text{деление}$
${}^{142}\text{Cs}$	1.7	1.04	0.28	$n(\text{тепл.}) + {}^{235}\text{U} \rightarrow \text{деление}$
${}^{143}\text{Cs}$	1.68	1.64	1.13	$n(\text{тепл.}) + {}^{235}\text{U} \rightarrow \text{деление}$
${}^{144}\text{Cs}$	1.06	1.89	1.1	$n(\text{тепл.}) + {}^{235}\text{U} \rightarrow \text{деление}$
${}^{145}\text{Cs}$	0.59	2.24	12.1	$n(\text{тепл.}) + {}^{235}\text{U} \rightarrow \text{деление}$
${}^{146}\text{Cs}$	0.35	2.09	14.2	$n(\text{тепл.}) + {}^{235}\text{U} \rightarrow \text{деление}$
${}^{147}\text{Cs}$	0.214	2.96	25.4	$n(\text{тепл.}) + {}^{235}\text{U} \rightarrow \text{деление}$

Список изотопов, которые распадаются по нейтронному каналу приведён в Табл. 7.

Табл. 7. Нейтроннестабильные ядра

Ядро	(N-Z)/A	Канал распада	Энергия распада, МэВ	Ширина Г, МэВ
^4H	0.50	$^3\text{H} + \text{n}$	3.4	≈ 3
^6H	0.67	$^3\text{H} + 3\text{n}$	2.7(4)	1.3(5)
^5He	0.20	$^4\text{He} + \text{n}$	0.89	0.60(2)
^7He	0.42	$^6\text{He} + \text{n}$	0.44	0.16(3)
^9He	0.56	$^8\text{He} + \text{n}$	1.14	≤ 1.0
^{10}He	0.60	$^8\text{He} + 2\text{n}$	1.07(7)	0.3(2)
^{10}Li	0.40	$^6\text{Li} + \text{n}$	0.24(6)	0.17
^{13}Be	0.39	$^{12}\text{Be} + \text{n}$	0.80(9)	~ 1.0
^{16}B	0.38	$^{15}\text{B} + \text{n}$	0.40(6)	< 0.10



Двунейтронная

радиоактивность – не предел: у ядер, сильно обогащенных нейтронами, таких, как ^{11}Li , ^{17}B , наблюдается распад с вылетом 2, 3 и даже 4-х нейтронов! Такие экзотические распады сейчас активно исследуют в поисках систем из связанных 2, 3 и 4-х нейтронов.

Испускание одного, двух и трех запаздывающих нейтронов наблюдалось при β -распаде ядра ^{11}Li (Рис.26). Энергия β -распада этого ядра составляет 20.6 МэВ, что превышает пороги отделения одного (0.503 МэВ), двух (7.32 МэВ) и трех (8.9 МэВ) нейтронов из ядра ^{11}Be .

Рис.26. Схематическая диаграмма эмиссии запаздывающих

частиц при β -распаде ^{11}Li

Довольно экзотический канал распада наблюдается у ^7He :

