

Оценка ядерно-физических характеристик и схем распада изотопов кюрия

В. П. ЧЕЧЕВ, В. В. ЧЕЧЕВ

Центр радионуклидных данных, Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, С.-Петербург, Россия,
e-mail: chechev@khlopin.ru

Представлены оцененные значения характеристик радионуклидов ^{242}Cm , ^{243}Cm , ^{244}Cm и ^{245}Cm , полученные с учетом информации, опубликованной к 2013 г. Разработана компьютерная программа построения и визуализации схем распада радионуклидов, на ее основе выполнены схемы распада указанных изотопов кюрия.

Ключевые слова: радионуклид, схемы распада, α -распад, γ -излучение.

The assessed values of decay characteristics of radionuclides ^{242}Cm , ^{243}Cm , ^{244}Cm and ^{245}Cm obtained taking into account the information published to 2013 are presented. The software for construction and visualization of radionuclides decay schemes was developed. On its basis the decay schemes for these curium isotopes were constructed.

Key words: radionuclide, decay scheme, α -decay, γ -rays.

Изотопы кюрия ^{242}Cm , ^{243}Cm , ^{244}Cm и ^{245}Cm используются в атомной науке для определения их концентраций в ядерном топливе и реакторных материалах; изготовления источников α -излучения различного назначения; мониторинга окружающей среды; защиты от ионизирующих излучений; обращения с радиоактивными отходами, дозиметрии и т. д. В последние годы интерес к младшим актинидам, в том числе к изотопам кюрия, возрос в связи с их важностью для предстоящего строительства фабрик атомной энергии, в которых топливо будет содержать согласующиеся и контролируемые количества этих нуклидов. Следовательно, для указанных изотопов кюрия желательно иметь достоверные значения характеристик распада, оцененные (и при необходимости обновленные) по состоянию на текущий период.

Оцененные значения основных характеристик распада ^{242}Cm , ^{243}Cm , ^{244}Cm и ^{245}Cm , представленные в этой статье, получены с учетом информации, опубликованной к 2013 г. Список характеристик включает период полураспада радионуклида, полную энергию распада, энергии и абсолютные вероятности эмиссии наиболее интенсивных компонентов α - и γ -излучений.

Методика и технология оценки различных ядерно-физических характеристик (ЯФХ), включая рассмотренные здесь, были изложены ранее в [1—3]. Эта методика использована для оценки ЯФХ четырех изотопов кюрия. Погрешности приведенных ниже значений (1σ) даны в единицах последнего значащего разряда величины, например, запись 70,6(11) означает, что погрешность равна $\pm 1,1$.

Таблицы экспериментальных данных и оценка характеристик распада изотопов кюрия. Характеристики распада ^{242}Cm были оценены в 2006 г. [3]. Так как с тех пор новых

результатов измерений не опубликовано, рекомендованные в [3] значения ЯФХ сохраняют свою силу и в настоящее время. Здесь приведем лишь некоторые основные оцененные значения ЯФХ вместе с таблицами экспериментальных данных, которые не были указаны в [3]. Период полураспада ^{242}Cm : **162,86(8) сут** (здесь и далее полужирным шрифтом даны оцененные (рекомендуемые) значения). Полная энергия распада ^{242}Cm подтверждена в новых таблицах оцененных атомных масс нуклидов [4]: $Q(\alpha) = \mathbf{6215,56(8) \text{ кэВ}}$.

В табл. 1 представлены оцененные значения энергии основных групп α -частиц ^{242}Cm , выведенные из значения $Q(\alpha)$ и принятых значений энергии уровней дочернего ^{238}Pu . Они сравниваются с имеющимися экспериментальными данными. Для идентификации литературного источника здесь и в дальнейшем ссылки в таблицах на экспериментальные работы даны в коде, принятом для классификации работ по ядерной тематике Nuclear Science References (NSR) [5]. По этой классификации ссылку легко найти в Интернете.

Из табл. 1 следует, что оцененные данные согласуются с результатами прямых измерений, но имеют меньшие погрешности.

В табл. 2 для тех же α -групп приведены оцененные (рекомендуемые) значения абсолютной вероятности эмиссии α -частиц ^{242}Cm , полученные статистической обработкой имеющихся экспериментальных данных.

Оцененные значения абсолютной вероятности эмиссии γ -излучения в распаде ^{242}Cm получены в [3] на основе схемы распада из баланса интенсивностей для соответствующих уровней дочернего ядра ^{238}Pu с использованием оцененных значений абсолютной вероятности эмиссии α -излучения и теоретических коэффициентов внутренней конверсии [6]: $\gamma 44,08(3) \text{ кэВ} — \mathbf{0,0330(7) \%}$ числа распадов, $\gamma 101,92(4) \text{ кэВ} — \mathbf{0,00251(14) \%}$, $\gamma 157,42(9) \text{ кэВ} — \mathbf{0,00145(16) \%}$.

Таблица 1

Экспериментальные и оцененные значения энергии, кэВ, α -частиц в распаде ^{242}Cm

α -группа	1953As14	1958Ko87	1963Dz07	1966Ba07 1971Bb10	1971Gr17	Оцененное значение
$\alpha_{0,0}$	6113	6114	6113 (1)	6112,9 (3)	6112,72 (8)	6112,72 (8)
$\alpha_{0,1}$	6069	6070	6069 (1)	6069,5 (5)	6069,43 (12)	6069,37 (9)
$\alpha_{0,2}$	5968	5968 (2)	5969 (3)	5970	—	5969,24 (9)
$\alpha_{0,3}$	—	5816 (2)	—	5817	—	5816,39 (11)

Таблица 2

Оцененные значения абсолютной вероятности, %, эмиссии α -частиц ^{242}Cm , полученные из совокупности экспериментальных данных

α -группа	E_{α} , кэВ	1953As14	1958Ko87	1963Dz07	1966Ba07	1998Ya17	Оцененное значение
$\alpha_{0,0}$	6113	73,7 (5)	73,5 (5)	74 (2)	74,2 (5)	74,08 (7)	74,06 (7)
$\alpha_{0,1}$	6069	26,3 (5)	26,5 (5)	26,0 (9)	25,8 (5)	25,92 (6)	25,94 (7)
$\alpha_{0,2}$	5969	0,035 (2)	0,030 (2)	0,035 (2)	0,036 (2)	—	0,034 (2)
$\alpha_{0,3}$	5816	—	0,0046 (5)	—	0,0046	—	0,0046 (5)

Рекомендуемое значение периода полураспада ^{243}Cm основано на экспериментальных результатах, приведенных в табл. 3.

Таблица 3

Экспериментальные и переоцененные значения периода полураспада ^{243}Cm

Ссылка (код NSR)	Первый автор ссылки	$T_{1/2}$, лет (в оригинальной публикации)	$T_{1/2}$, лет (пероцененное значение)	Примечание
1950Th52	Thompson	Около 100	—	Не использовано
1953As40	Asaro	35	—	То же
1958Ch38	Choppin	29,0(8)	28,5(2)*	—
1986Ti03	Тимофеев	29,20(12)	29,20(13)*	—

* Скорректировано на современное значение периода полураспада ^{244}Cm $T_{1/2} = 18,11(3)$ лет.

Средневзвешенное значение 29,0 лет набора из двух переоцененных расходящихся экспериментальных результатов определяется точным значением, полученным в измерении Г. А. Тимофеева и др. (1986) [7]. Компьютерная программа LWEIGHT [8] расширила погрешность этого измерения с 0,13 до 0,20 г. и выбрала средневзвешенное (28,85 лет) и внешнюю погрешность (0,35 г.) для среднего скорректированного набора данных ($\chi^2/\nu = 6,13$). Таким образом, оцененное значение периода полураспада ^{243}Cm составляет **28,9 (4) лет**.

Рекомендуемое значение полной энергии распада ^{243}Cm подтверждено в новых таблицах оцененных атомных масс нуклидов [4] и составляет $Q(\alpha) = \mathbf{6168,80 (10) \text{ кэВ}}$.

В табл. 4 приведены оцененные значения энергии основных групп α -частиц ^{243}Cm , выведенные из значения $Q(\alpha)$ и принятых значений энергии уровней дочернего ^{239}Pu . Для четырех наиболее интенсивных α -переходов они сравниваются с экспериментальными результатами спектрометрических измерений.

Таблица 4

Экспериментальные и оцененные (рекомендуемые) энергии, кэВ, α -частиц в распаде ^{243}Cm

α -группа	1957As83	1963Dz07	1966Ba07	Оцененное значение
$\alpha_{0,0}$	6061(3)	—	6067(2)	6067,2(10)
$\alpha_{0,3}$	5987(3)	5992(3)	5993(2)	5992,7(10)
$\alpha_{0,6}$	5780(3)	5785(3)	5784,5(10)	5786,4(10)
$\alpha_{0,7}$	5736(3)	5740(3)	5741,6(10)	5742,5(10)

В табл. 5 для α -групп ^{243}Cm с интенсивностью больше 1 % числа распадов приведены оцененные (рекомендуемые) значения абсолютной вероятности эмиссии α -частиц, полученные статистической обработкой имеющихся экспериментальных данных.

Для α -распада ^{243}Cm вероятности интенсивных γ -переходов с энергиями 7,86; 57,27 и 67,84 кэВ были выведены из баланса интенсивностей ($P(\gamma + se)$) переходов, идущих на основное состояние и уровни ^{239}Pu с энергиями 0; 57,3 и 7,86 кэВ, соответственно. Остальные вероятности γ -переходов были получены из оцененных вероятностей эмиссии γ -излучения $P(\gamma)$ и полных коэффициентов внутренней конверсии (КВК). Значения $P(\gamma)$ приняты из экспериментальных данных [9], умноженных на α -ветвление **0,9971 (3)** [10]. Оцененные характеристики наиболее интенсивных γ -переходов в α -распаде ^{243}Cm ($P(\gamma + se) > 0,01$) приведены в табл. 6. Она включает энергии $E(\gamma)$, вероятности γ -переходов $P(\gamma + se)$, вероятности γ -излучения $P(\gamma)$, мультипольности σ_L и коэффициенты внутренней конверсии α_K , α_L , α_M и полный КВК α_T .

Таблица 5

Оцененные значения абсолютной вероятности, %, эмиссии α -частиц ^{243}Cm , полученные из совокупности экспериментальных данных

α -группа	E_{α} , кэВ	1957As83	1963Dz07	1966Ba07	1973Ah04	2009KoZV	Оцененное значение
$\alpha_{0,0}$	6066	1,0(2)	—	1,5(2)	—	—	1,3(2)
$\alpha_{0,1}$	6058	5	—	4,7(3)	4,3(2)	4,5(3)	4,4(2)
$\alpha_{0,2}$	6010	—	0,95	—	1,05(5)	1,1(2)	1,05(12)
$\alpha_{0,3}$	5992	6,0(2)	5,4(2)	5,63(20)	5,6(2)	5,8(2)	5,7(2)
$\alpha_{0,6}$	5785	73(4)	73(4)	73,54(40)	74,2(8)	72,9(12)	73,6(4)
$\alpha_{0,7}$	5742	11,5(6)	12,3(6)	10,65(60)	11,1(2)	11,6(4)	11,3(2)
$\alpha_{0,8}$	5686	—	1,7	1,6	1,52(5)	1,8(1)	1,6(1)

Таблица 6

Оцененные значения ЯФХ для γ -переходов в α -распаде ^{243}Cm

$E(\gamma)$, кэВ	$P(\gamma + se)$, %	$P(\gamma)$, %	α_L	α_K	α_L	α_M	α_T
7,861 (2)	85,5	0,015	M1+E2	—	—	4200 (300)	5700 (400)
44,663 (5)	12,7 (23)	0,131 (16)	M1+E2	—	72 (9)	18 (3)	96 (13)
49,412 (4)	25,4	0,20	M1+E2	—	92 (6)	24,8 (17)	126 (8)
57,273 (4)	13,4	0,06	E2	—	161,1 (23)	45,0 (7)	222 (4)
57,30 (2)	2,4	0,08	[M1]	—	21,5 (3)	5,24 (8)	28,6 (4)
67,841 (7)	20 (5)	0,20 (5)	E2	—	71,5 (10)	20,0 (3)	98,5 (14)
209,753 (2)	14,0 (5)	3,29 (10)	M1(+E2)	2,56 (4)	0,511 (8)	0,1241 (18)	3,24 (5)
228,183 (2)	37,7 (11)	10,6 (3)	M1+E2	2,02 (3)	0,403 (6)	0,0979 (14)	2,56 (4)
277,599 (2)	34,3 (10)	14,0 (4)	M1+E2	1,142 (16)	0,230 (4)	0,0560 (8)	1,448 (21)

Как и в случае ^{242}Cm , характеристики распада ^{244}Cm были оценены в 2006 г. [3], и здесь приведены только основные результаты оценки и таблицы имеющихся экспериментальных данных. Период полураспада ^{244}Cm составляет **18,11 (3) лет**. Рекомендуемое значение полной энергии распада ^{244}Cm подтверждено в новых таблицах оцененных атомных масс нуклидов [4]: $Q(\alpha) = \mathbf{5901,74 (5) \text{ кэВ}}$.

В табл. 7 приведены оцененные значения энергии основных групп α -частиц ^{244}Cm , выведенные из значения $Q(\alpha)$

и принятых значений энергии уровней дочернего ^{240}Pu . Они сравниваются с имеющимися экспериментальными данными.

В табл. 8 для тех же α -групп приведены оцененные (рекомендуемые) значения абсолютной вероятности эмиссии α -частиц ^{244}Cm в сравнении с экспериментальными данными 1984—2002 гг.

Таблица 7

Экспериментальные и оцененные (рекомендуемые) энергии, кэВ, α -частиц в распаде ^{244}Cm

α -группа	1960As11	1963Dz07	1966Ba07	1971Gr17	1992Fr04	1998Ga19	Оцененное значение
$\alpha_{0,0}$	5805	5805 (3)	5805 (1)	5804,77 (5)	5803,6 (22)	—	5804,77 (5)
$\alpha_{0,2}$	5666	5665	5664 (3)	—	—	5664 (2)	5665,41 (5)
$\alpha_{0,3}$	5514	5514	5513 (3)	—	—	5515 (3)	5515,29 (6)

Таблица 8

Оцененные значения абсолютной вероятности, %, эмиссии α -частиц ^{244}Cm в сравнении с экспериментальными данными

α -группа	E_{α} , кэВ	1984BuZJ	1996Bu50	1996Sa24	1998Ga19	1998Ya17	2002Da21	Оцененное значение
$\alpha_{0,0}$	5805	76,98 (5)	76,8 (7)	76,9 (5)	76,63 (18)	76,31 (5)	77,16 (11)	76,7 (4)
$\alpha_{0,1}$	5763	23,00 (5)	23,2 (5)	23,1 (5)	23,34 (18)	23,69 (6)	22,80 (5)	23,3 (4)
$\alpha_{0,2}$	5664	0,0163 (7)	—	0,0135 (2)	0,0205 (15)	—	0,020 (1)	0,0204 (15)
$\alpha_{0,3}$	5515	—	—	—	0,0038 (5)	—	0,012 (1)	0,00352 (18)

Оцененные значения абсолютной вероятности эмиссии γ -излучения в распаде ^{244}Cm получены на основе схемы распада из баланса интенсивностей для соответствующих уровней дочернего ядра ^{240}Pu с использованием оцененных значений абсолютной вероятности эмиссии α -излучения и теоретических КБК [6]: γ 42,824 (8) кэВ — **0,0258 (7) %** числа распадов, γ 98,860 (13) кэВ — **0,00136 (9) %**, γ 152,63 (2) кэВ — **0,00102 (5) %**.

Рекомендуемое значение периода полураспада ^{245}Cm основано на экспериментальных результатах, приведенных в табл. 9.

Для нахождения оцененного значения периода полураспада ^{245}Cm были выбраны два согласующихся экспериментальных результата, полученных разными методами (1969Me01 и 2009KoZV), и исключены результаты двух других измерений. Средневзвешенное для этого ограниченного набора из двух измерений — $8,25 \cdot 10^3$ лет с внутренней погрешностью

0,065 и внешней погрешностью 0,0084 ($\chi^2/\nu = 0,02$). Оцененное (рекомендуемое) значение периода полураспада ^{245}Cm принято равным **$8,25 (7) \cdot 10^3$ лет**. Рекомендуемое значение полной энергии α -распада ^{245}Cm $Q(\alpha) = 5622,3 (5)$ кэВ получено из результатов измерений энергии α -частиц. Экспериментальные и рекомендуемые вероятности α -переходов, наблюдающихся в α -распаде ^{245}Cm , приведены в табл. 10.

Абсолютные вероятности эмиссии γ -излучения в α -распаде ^{245}Cm были выведены из оцененных относительных вероятностей эмиссии γ -излучения с использованием нормировочного множителя $N = P(\gamma 175,0 \text{ кэВ}) = 0,0983(22)$, полученного из баланса интенсивностей в основное состояние дочернего ^{241}Pu . Это оцененное значение согласуется с непосредственно измеренными $P(\gamma 175,0 \text{ кэВ}) = 0,095 (7)$ и $P(\gamma 175,0 \text{ кэВ}) = 0,101 (1)$. Сводка оцененных характеристик наиболее интенсивных γ -переходов в α -распаде ^{245}Cm ($P(\gamma + \text{ce}) > 0,01$) приведена в табл. 11.

Таблица 9

Экспериментальные значения периода полураспада ^{245}Cm

Ссылка (код NSR)	Первый автор	$T_{1/2} \cdot 10^{-3}$, лет (в оригинальной публикации)	$T_{1/2} \cdot 10^{-3}$, лет (переоцененное значение*)	Примечание
1954Hu50	Hulet	Около 20	—	Не использовано
1954Fr19	Friedman	11,5 (50)	11,3 (50)	То же
1955Br02	Browne	14,3 (29)	—	»
1957Hu76	Huizenga	7,5 (19)	—	Статистический выброс
1961Ca01	Carnall	9,32 (28)	9,60 (29)	То же
1969Me01	Metta	8,265 (180)	8,270 (180)	—
1971Ma32	MacMurdo	8,532 (53)	8,537 (71)	Не использовано
1982Po14	Полюхов	8,445 (100)	8,450 (100)	То же
2009KoZV	Kondev	8,245 (70)	—	—

* Скорректировано на современное значение периода полураспада ^{244}Cm $T_{1/2} = 18,11(3)$ лет.

Таблица 10

Рекомендуемые значения абсолютной вероятности, %, эмиссии α -частиц ^{245}Cm в сравнении с экспериментальными данными

α -группа	E_{α} , кэВ	1966Fr03	1975Ba65	Получено из баланса интенсивностей	Рекомендуемое значение
$\alpha_{0,0}$	5530,4 (5)	1,1	0,58	—	0,58
$\alpha_{0,1}$	5488,5 (5)	0,9	0,83	—	0,83
$\alpha_{0,2}$	5436,1 (5)	0,2	0,04	—	0,04
$\alpha_{0,3}$	5371,8 (5)	—	—	0,39 (22)	0,39 (22)
$\alpha_{0,4}$	5371,4 (5)	—	—	0,0210 (9)	0,0210 (9)
$\alpha_{0,5}$	5361,8 (12)	91	93,2 (5)	95,3 (21)	93,2 (5)
$\alpha_{0,6}$	5303,6 (12)	6,2	5,0 (1)	—	5,0 (1)
$\alpha_{0,7}$	5234,4 (12)	0,5	0,32	—	0,32

Таблица 11

Оцененные значения ЯФХ для γ -переходов в α -распаде ^{245}Cm

$E(\gamma)$, кэВ	$P(\gamma + ce)$, %	$P(\gamma)$, %	α_L	α_K	α_L	α_M	α_T
41,972 (1)	38,2 (22)	0,369 (2)	M1+E2	—	76,2 (4)	19,4 (4)	102,4 (2)
53,807 (1)	3,34 (2)	0,073 (4)	M1+E2	—	33,3 (8)	8,42 (21)	44,7 (11)
56,89 (3)	3,16 (17)	0,036 (2)	M1+E2	—	64 (5)	17,3 (14)	87 (7)
79,2728 (18)	2,8 (7)	0,120 (7)	M1+E2	—	16 (5)	4,3 (12)	22 (6)
133,081 (2)	34,7 (1)	2,81 (7)	M1+E2	8,80 (13)	1,92 (3)	0,473 (7)	11,36 (17)
136,156 (9)	1,13 (12)	0,113 (4)	M1+E2	6,2 (12)	2,04 (15)	0,52 (5)	9 (1)
175,0523 (14)	61,0 (16)	9,83 (22)	M1+E2	4,07 (7)	0,855 (12)	0,209 (3)	5,21 (8)
189,965 (10)	0,889 (22)	0,204 (6)	M1+E2	2,46 (15)	0,665 (1)	0,1680 (25)	3,36 (15)

Компьютерная программа и построение схем распада ^{242}Cm , ^{243}Cm , ^{244}Cm , ^{245}Cm . Для построения схем распада рассмотренных изотопов кюрия (рис. 1—4) были использованы оцененные данные из предыдущего раздела и энергии уровней ядер ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , представленные в файлах DDEP [10] и ENSDF [11]. С целью визуализации схем распада было разработано специализированное программное обеспечение DSG (Decay Scheme Generator), позволяющее по данным об энергии уровней и γ -переходах генерировать и автоматически масштабировать схему распада.

Программа была разработана на языке C# для работы под управлением операционной системы Microsoft Windows при наличии программной платформы NET Framework версии 3.5. В качестве входных данных для программы используются наборы энергетических уровней дочернего ядра и γ -переходов между уровнями. На схеме распада отображаются также ядерные α -, β -переходы и указываются некоторые характеристики дочернего и родительского ядер (символы нуклидов и др.).

Характеристиками уровня дочернего ядра служат энергия, спин и номер. С учетом энергии уровня программно осуществляется масштабирование уровней. Для γ -переходов указываются номера уровней, между которыми происходит переход, и интенсивность γ -излучения в процентах числа распадов. Программа автоматически располагает стрелки и подписи, соответствующие γ -переходам. Для ядерных переходов указывается номер уровня, на который происходит переход, их тип и вероятность перехода (в процентах числа распадов).

87,74 (3) л

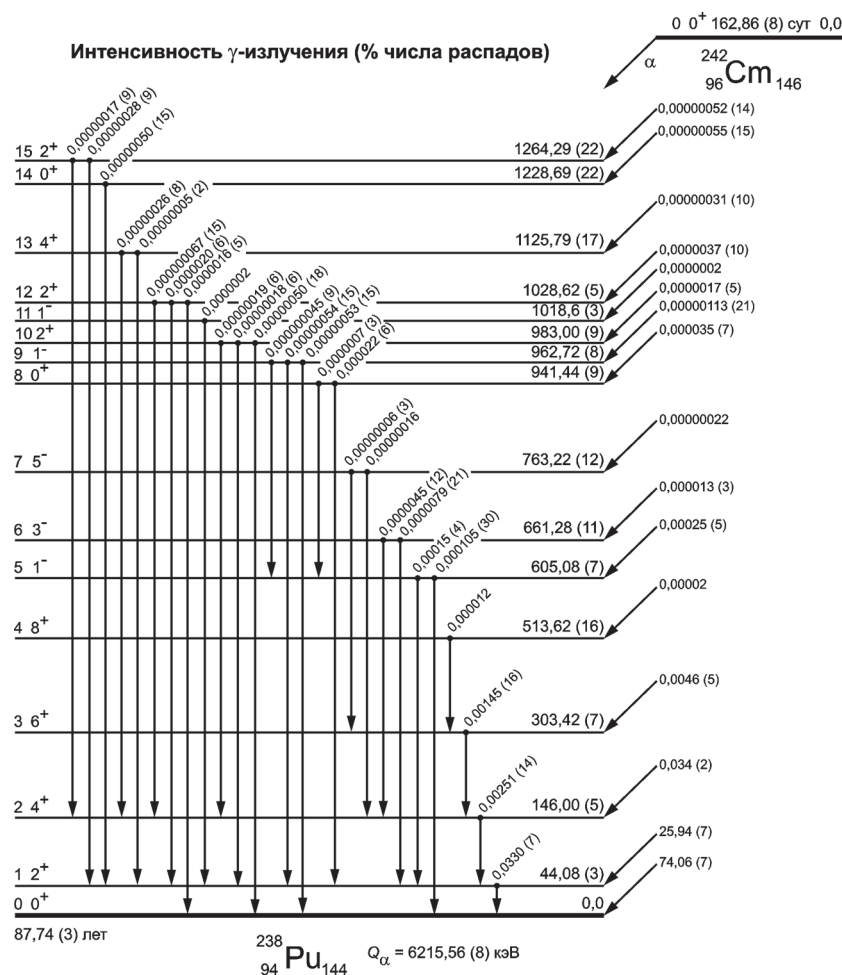


Рис. 1. Схема α -распада ^{242}Cm

распадов). Все эти характеристики можно ввести вручную в соответствующие формы через графический интерфейс или указав текстовый файл, данные из которого программа должна проанализировать автоматически.

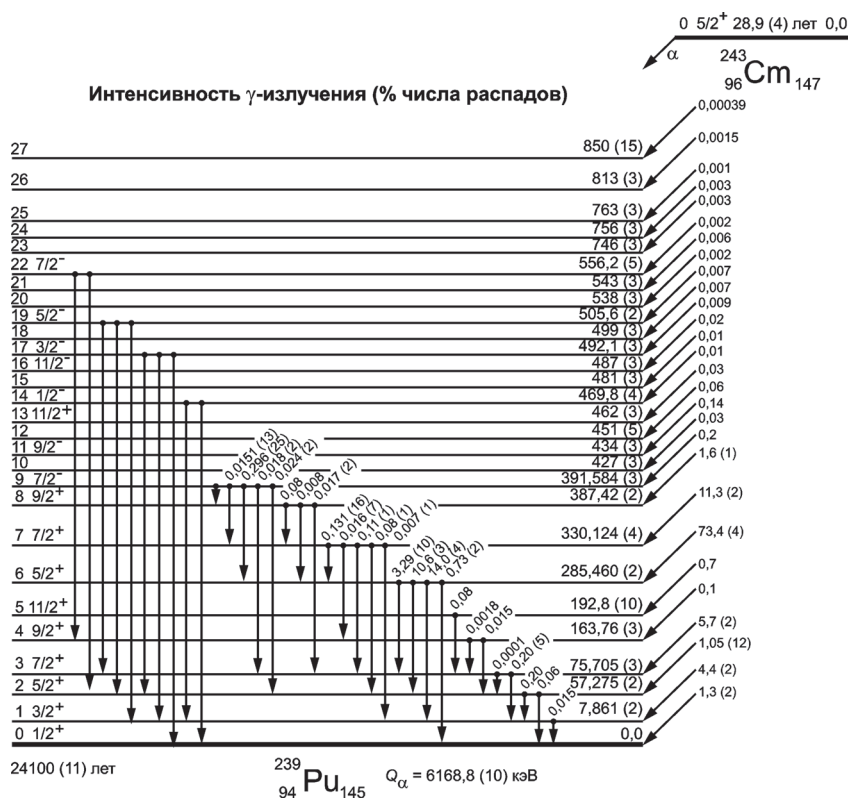
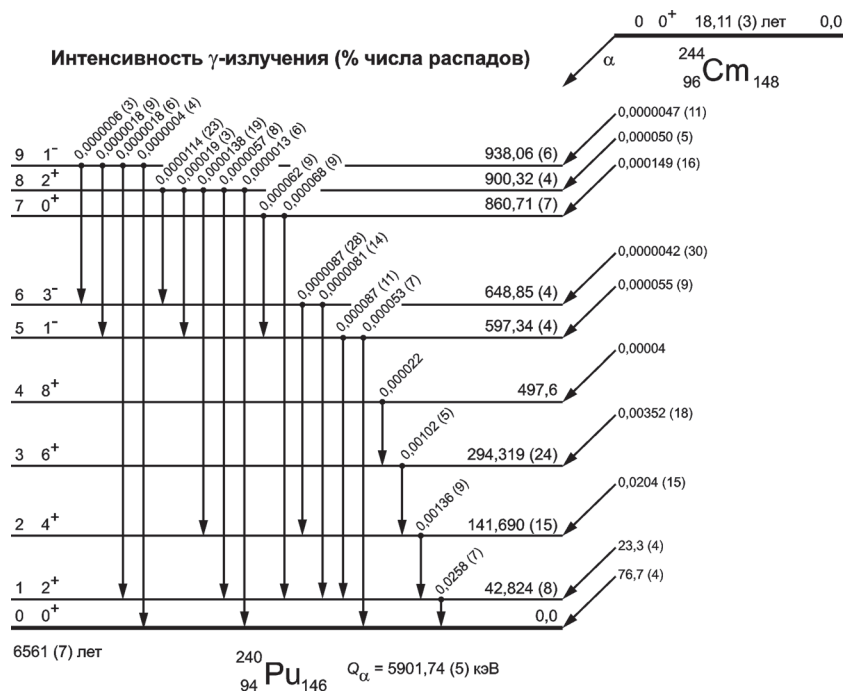
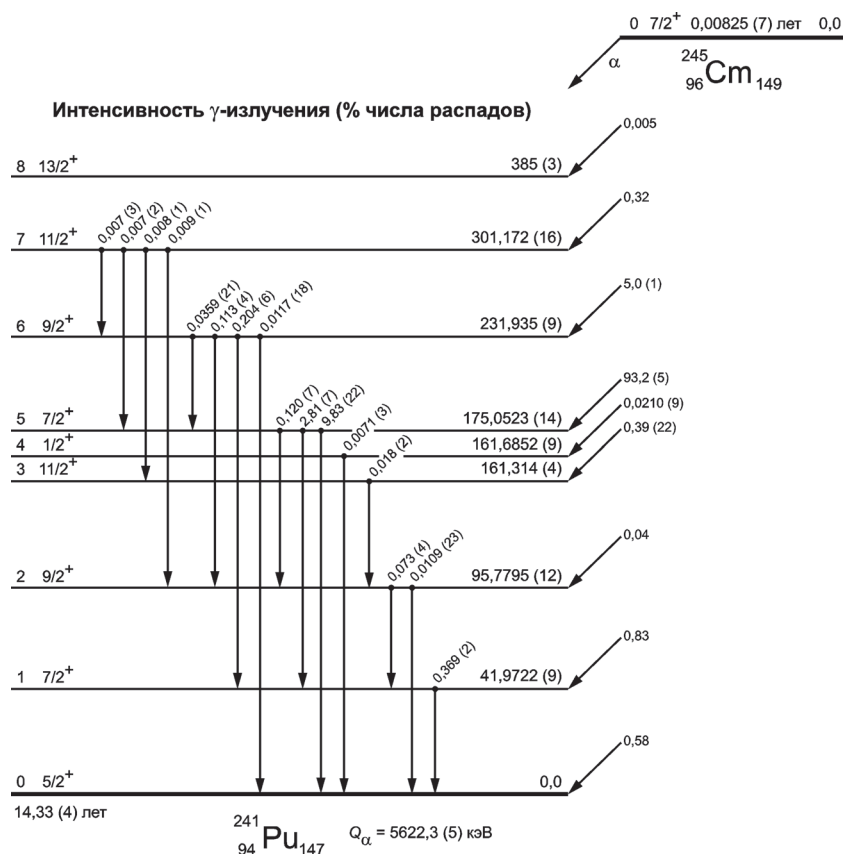
Рис. 2. Схема α -распада ^{243}Cm Рис. 3. Схема α -распада ^{244}Cm

Схема распада отображается в окне программы. По мере добавления данных схема обновляется. После сведения всех данных имеется возможность отредактировать их, используя графический интерфейс. Это также приведет к обновлению схемы. При необходимости масштабирование будет запущено заново.

После завершения работы со схемой распада пользователь может сохранить ее. По умолчанию программа сохраняет схему в специально разработанном для нее формате DSF (DecaySchemeFile), содержащем исходные данные и схему в векторном формате. Также можно применять форматы SVG и PNG. Схема распада строится в векторном формате, который используется в компьютерной графике и основан на применении геометрических примитивов, таких как точки, линии, сплайны и многоугольники. Векторный формат позволяет при изменении схемы распада не перерисовывать ее всю, а лишь менять расположение и размеры фигур. Расположение графических объектов — линий (для уровней), стрелок (для переходов) и текста (для подписей) — на схеме происходит автоматически по входным данным.

Автоматическое масштабирование обеспечивает расположение энергетических уровней на схеме на расстояниях, пропорциональных разности их энергий. При этом требуется выбрать оптимальные ширину и высоту схемы, масштаб, откорректировать расположение близких по энергии уровней, подобрать удобное для восприятия размещение переходов.

Разработанная программа позволяет пользователю задать минимальные и максимальные размеры схемы, после чего автоматически выбирается масштаб в заданных пределах. Если пара уровней при заданном масштабе располагается слишком близко (подписи к одному уровню пересекают другой уровень), то происходит корректировка их расположения, т. е. нарушение масштаба в целях улучшения визуализации схемы. Уровни располагаются на минимально возможном расстоянии друг от друга. Расстояние между стрелками γ -переходов выбирается исходя из доступного места на линиях уровней, чтобы стрелки не пересекали подписи к уровням.

Рис. 4. Схема α -распада ^{245}Cm

Литература

1. Чечев В. П. Методы получения оцененных значений ядерно-физических характеристик радиоактивных нуклидов. // ГСССД МО 130-2007. М., 2007. Деп. во ФГУП «Стандартинформ» 20.09.2007, № 829-07 кк.

2. Чечев В. П. Оцененные значения характеристик распада бета-излучающих актинидов ^{233}Th , ^{239}U , ^{236}Np , ^{236m}Np , ^{238}Np , ^{239}Np // Измерительная техника. 2009. № 12. С. 50—54; Chechev V. P. Evaluated Values of the Decay Characteristics of the Beta-Radiating Actinides ^{233}Th , ^{239}U , ^{236}Np , ^{236m}Np , ^{238}Np and ^{239}Np // Measurement Techniques. 2009. V. 52. N 12. P. 1358—1364.

3. Chechev V. P. Evaluation of ^{242}Cm and ^{244}Cm Decay Data. // Phys. Atomic Nuclei. 2006. V. 69. N 7. P. 1188—1197.

4. Audi G., Meng W. Atomic Mass Evaluation 2013 [Электрон. ресурс]. <http://amdc.in2p3.fr/masstab/Ame2011int/mass.mas114> (дата обращения 10.08.2013 г.).

5. Nuclear Science References (NSR). Database version of February 14, 2013. N.Y.: Brookhaven Nat. Lab. USA [Официальный сайт]. <http://www.nndc.bnl.gov/nsr/> (дата обращения 10.02.2013 г.).

6. Kibedi T. e. a. Evaluation of theoretical conversion coefficients using Brcc // Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. 2008. V. A589. P. 202—229.

7. Тимофеев Г. А., Калягин В. В., Привалова П. А. Определение периода полураспада ^{243}Cm // Атомная энергия. 1986. Т. 60. С. 286—288.

8. Browne E. Limitation of Relative Statistical Weights, a method for evaluating discrepant data // Report INDC(NDS)-363, IAEA, Mar. 1998.

9. Ahmad I., Wahlgren M. Long-Lived Standards for the Efficiency Calibration of Ge(Li) Detectors // Nucl. Instrum. Methods. 1972. V. 99. P. 333—337.

10. Recommended Data by the Decay Data Evaluation Project working group [Электрон. ресурс]. http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm (дата обращения 10.02.2013 г.).

11. Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF). National Nuclear Data Center (NNDC), Brookhaven Nat. Lab. USA [Официальный сайт]. <http://www.nndc.bnl.gov> (дата обращения 10.02.2013 г.).

Дата принятия 13.03.2013 г.

Уважаемые читатели! В статье М. Д. Клионского, Ю. П. Семенова «Новая поверочная схема для средств измерений индуктивности», опубликованной в № 3, 2013 г., в табл. 2 допущена опечатка. Приносим свои извинения. Следует читать:

Номинальное значение или диапазон	40—100 Гц		1 кГц		10 кГц		30 кГц		100 кГц		0,3—1 МГц	
	РЭ 1-го разряда	РЭ 2-го разряда	РЭ 1-го разряда	РЭ 2-го разряда	РЭ 1-го разряда	РЭ 2-го разряда	РЭ 1-го разряда	РЭ 2-го разряда	РЭ 1-го разряда	РЭ 2-го разряда	РЭ 1-го разряда	РЭ 2-го разряда
10—50 нГн	—	—	—	—	(0,3+0,002L) нГн	(0,3+0,005L) нГн	(0,3+0,003L) нГн	(0,3+0,01L) нГн	(0,3+0,003L) нГн	(0,3+0,01L) нГн	(0,3+0,003L) нГн	(0,3+0,01L) нГн
100—500 нГн	—	—	(0,5+0,005L) нГн	(0,5+0,01L) нГн	(0,5+0,005L) нГн	(0,5+0,01L) нГн	(0,5+0,005L) нГн	(0,5+0,01L) нГн	(0,5+0,005L) нГн	(0,5+0,01L) нГн	(0,5+0,005L) нГн	(0,5+0,01L) нГн
1—5 мкГн	—	—	0,5	1,0	0,5	1,0	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5
10—50 мкГн	—	—	0,1	0,2	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5
100—500 мкГн	0,03	0,1	0,03	0,1	0,1	0,25	0,1	0,25	0,1	0,25	0,1	0,25
1—5 мГн	0,03	0,1	0,03	0,1	0,06	0,2	0,1	0,25	0,1	0,25	—	—
10 мГн	0,03	0,1	0,01	0,03	0,06	0,2	0,06	0,25	0,1	0,25	—	—
20—50 мГн	0,03	0,1	0,03	0,1	0,06	0,2	0,06	0,1	—	—	—	—
100 мГн	0,03	0,1	0,03	0,1	0,06	0,2	0,06	0,1	—	—	—	—
200 мГн	0,03	0,1	0,03	0,1	0,06	0,2	0,06	0,1	—	—	—	—
1—10 Гн	0,03	0,1	0,03	0,1	0,06	0,2	—	—	—	—	—	—
100 Гн	0,03	0,1	0,03	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—
1 кГн	0,03	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10 кГн	0,1	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—