

99.ЭЙНШТЕЙНИЙ

99.1. Эйнштейний-251

Радиоактивен ($T_{1/2}=33$ ч.). испытывая захват орбитального электрона превращается в ^{251}Cf (99.5%). В остальных случаях испытывает альфа-распад в ^{247}Bk .

Источником этого изотопа может служить реакция $^{252}\text{Es}_{(T_{1/2}=471.7 \text{ дн.})}(n,2n)$.

Полных наборов нейтронных данных не имеется. В библиотеке EAF-2003 содержится последняя теоретическая оценка сечений нейтронных реакций. Экспериментальных данных для их проверки нет.

Оцененные сечения для тепловых нейтронов и резонансные интегралы таковы:

$\sigma_c=37.6$ барн;

$\sigma_f= 39.0$ барн;

$RI_c= 106$ барн;

$RI_f= 20$ барн.

Энергетические зависимости сечений основных реакций показаны на рис. 1. Заметим, что существенное отличие поведения сечения деления от поведения сечения захвата в области сотен электронвольт представляется неоправданным.

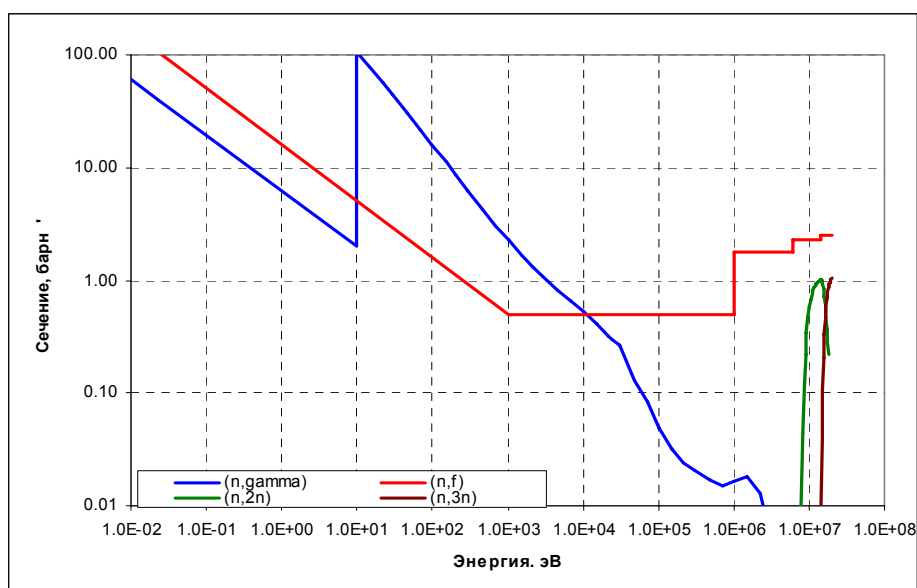


Рис.1. Нейтронные сечения эйнштейния-251

Закключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных данных из EAF-2003. Сечения возбуждения изомерных состояний, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в секцию MT=103 файла MF=3. Файлы MF=8 и MF=10 опустить.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

99.2. Эйнштейний-252

Радиоактивен ($T_{1/2}=471.7$ дн). испытывая захват орбитального электрона превращается в ^{252}Cf (22%). В остальных случаях испытывает альфа-распад в $^{248}\text{Bk}^g$.

Источником этого изотопа может служить реакция $^{253}\text{Es}_{(T_{1/2}=20.47 \text{ дн.})}(n,2n)$ (^{253}Es является продуктом бета-распада ^{253}Cf).

Полных наборов нейтронных данных не имеется. В библиотеке EAF-2003 содержится последняя теоретическая оценка сечений нейтронных реакций. Экспериментальных данных для их проверки нет.

Оцененные сечения для тепловых нейтронов и резонансные интегралы таковы:

$\sigma_c=37.6$ барн;

$\sigma_f= 4800$ барн;

$RI_c= 106$ барн;

$RI_f= 2114$ барн.

Энергетические зависимости сечений основных реакций показаны на рис. 1. Заметим, что существенное отличие поведения сечения деления от поведения сечения захвата в области сотен электронвольт представляется неоправданным.

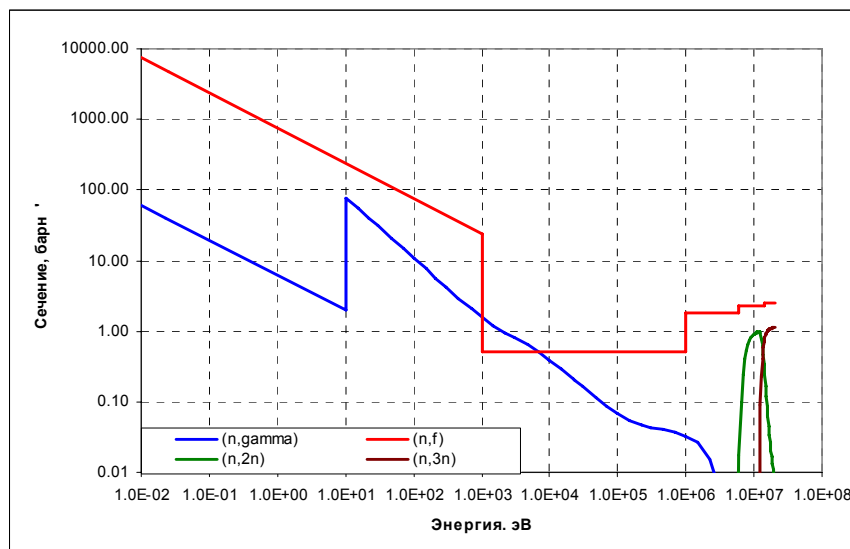


Рис.1. Нейтронные сечения эйнштейния-252

Заключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных данных из EAF-2003. Сечения возбуждения изомерных состояний, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в секцию MT=103 файла MF=3. Файлы MF=8 и MF=10 опустить.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

99.3. Эйнштейний-253

Радиоактивен ($T_{1/2}=20.47$ дн). Испытывает альфа-распад в ^{249}Bk . В редких случаях ($8.7 \cdot 10^{-6}\%$) спонтанно делится. Является продуктом бета-распада ^{253}Cf .

Полных наборов нейтронных данных не имеется. В библиотеке EAF-2003 содержится последняя теоретическая оценка сечений нейтронных реакций. Сечение радиационного захвата в этой оценке имеет сложную резонансную структуру, полученную на основе резонансных параметров, заимствованных из файла данных JEF-2.2.

В JEF-2.2 содержится оценка Бенжамина и Мак-Кроссона (R.Benjamin, F. McCrosson, 1975). Резонансные параметры (27 резонансов с максимальной энергией 97.46 эВ) сгенерированы специальной программой на основе экспериментальных данных о тепловом сечении захвата и резонансном интеграле. В области разрешенных резонансов введена подложка, учитывающая, как говорится в комментариях к файлу, влияние связанного состояния. Введена также область неразрешенных резонансов, простирающаяся до 10 кэВ. В этой области также введена линейно нарастающие с энергией подложки в сечение рассеяния и в сечение захвата

Оцененные сечения для тепловых нейтронов и резонансные интегралы в оценке JEF-2.2 таковы:

$$\sigma_c = 201 \text{ барн};$$

$$RI_c = 6337 \text{ барн.}$$

Сечение деления в файле вообще не приводится.

Приведем результаты измерений этих величин, содержащиеся в EXFOR:

Адаев-61: $RI_c^g = 70$ барн; $RI_c^m = 3430$ барн.

Folger-68¹: $\sigma_c^{g+m} = 130$ барн; $RI_c^{g+m} = 3600$ барн.

Harbor-73: $\sigma_c^g < 3$ барн; $\sigma_c^m = 155 \pm 20$ барн;

$$RI_c^g = 4299 \pm 218 \text{ барн}; RI_c^m = 3009 \pm 168 \text{ барн.}$$

Налицо противоречие в результатах измерений резонансного интеграла захвата с образованием ядра-продукта в основном состоянии.

Мухабхаб разрешил имеющиеся противоречия следующим образом:

$$\sigma_c^g = 5.8 \pm 0.7 \text{ барн}; \sigma_c^m = 178 \pm 15 \text{ барн};$$

$$RI_c^g = 114 \pm 7 \text{ барн}; RI_c^m = 3750 \pm 200 \text{ барн.}$$

Никаких оценок сечения деления Мухабхабом не сделано.

В оценке EAF-2003 приводятся и сечение деления и сечения всех других реакций, возможных при энергии ниже 20 МэВ. Тепловое сечение и резонансный интеграл захвата, естественно, совпадают с приведенными выше. Тепловое сечение и резонансный интеграл деления в этой оценке приняты такими же как для эйнштейния-252:

$$\sigma_c = 4800 \text{ барн};$$

$$RI_c = 2114 \text{ барн.}$$

Столь высокие значения этих величин представляются сомнительными, как потому, что естественней было бы принять значения сечения деления ^{253}Es таким, как у ^{251}Es , так и потому, что столь высокий резонансный интеграл должен был бы привести к существенно большему значению резонансного интеграла поглощения, измеренному по выгоранию в работе Folger-68 (см. выше).

¹ Указывается, что сечение захвата тепловых нейтронов измерялось по активации, но период продукта не указан. Резонансный интеграл, как отмечено, измерялся по выгоранию.

Заключение

Для библиотеки РОСФОНД следует скомпилировать новый файл оцененных данных, приняв резонансные параметры из JEF-2.2 (=ФОНД-2.2), но добавив делительную ширину, приняв ее такой же, как для ^{249}Bk (0.0002 эВ). Такую же среднюю делительную ширину добавить и в средние резонансные параметры.

Область неразрешенных резонансов ограничить 3.5 кэВ для более удобного сопряжения с сечениями при более высоких энергиях²

Вне резонансной области (выше 10 кэВ) полное сечение, сечение упругого рассеяния, сечения радиационного захвата, деления, реакций (n,2n), (n,3n), (n,p) и (n, α) принять такими, как они оценены Такаги для ^{255}Es (см. ниже п. 99.5). Такими же принять и энерго-угловые распределения вторичных нейтронов. В интервале от 3.5 до 10 кэВ обеспечить сопряжение сечений с данными, рассчитанными по средним резонансным параметрам с учетом подложки.

Ввести файл MF=9 с вероятностями образования ^{254}Es в основном и изомерных состояниях приняв вероятность образования изомера при энергиях ниже 1 эВ (т.е. в зоне 1-го резонанса) равной 0.77 (исходя из оцененного полного сечения захвата тепловых нейтронов и сечения образования изомера, измеренного Харбором), а выше этой энергии – равной 0.41, что соответствует значению этой вероятности в резонансной области судя по данным Харбора.

Тепловые сечения и резонансные интегралы, следующие из рекомендуемой оценки приводятся ниже:

$$\begin{aligned}\sigma_c &= 201 \text{ барн}; \sigma_f = 1.86 \text{ барн}; \\ RI_c &= 6255 \text{ барн}; RI_f = 64.14 \text{ барн}; \\ v &= 3.866\end{aligned}$$

Энергетическое поведение сечений, описываемое рекомендуемым составным файлом оцененных данных, показано на рис.1

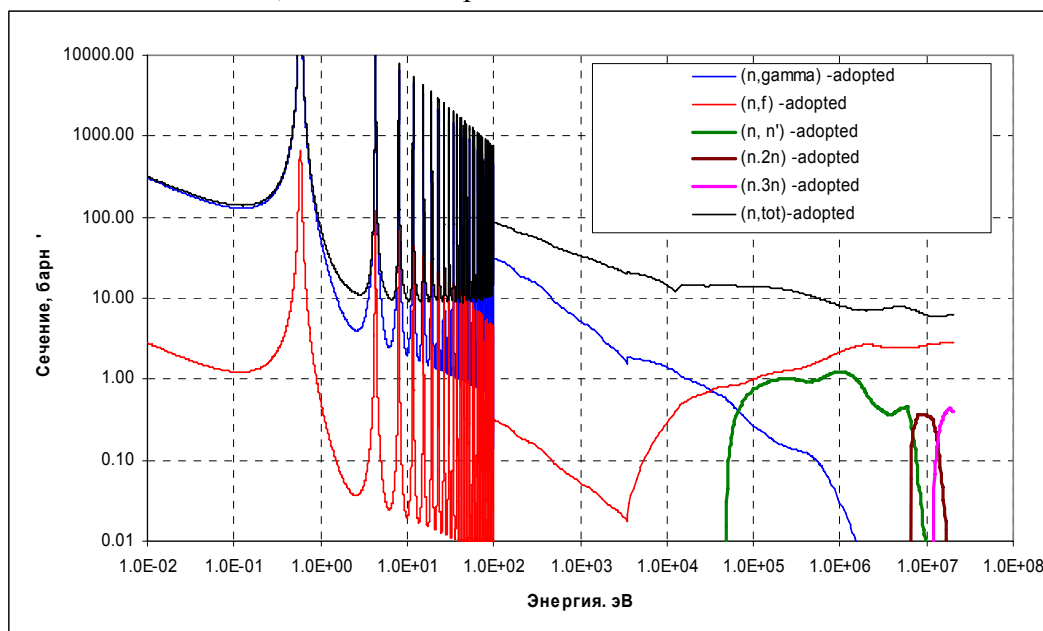


Рис.1. Оцененные нейтронные сечения эйнштейния-253.

Данные о запаздывающих нейтронах (MF=1, MT=455) в 8-групповом представлении принять в соответствии с JEFF-3.1. Ввести секцию MT=455 в файл MF=5

² Из за большой отрицательной подложки при 10 кэВ сечения, рассчитанные по данным JEF-2.2, имеют очень глубокий минимум и не сопрягаются с данными при более высоких энергиях.

приняв спектры запаздывающих нейтронов такими, как для урана-235, а выходы групп – такими, как в JEFF-3.1.

Автор рекомендации
Николаев М.Н.

99.4. Эйнштейний-254

Альфа-активен ($T_{1/2}=275.7$ дн). Распадается в бета-активный ^{250}Bk , который с периодом 3.217 ч. распадается в долгоживущий ^{250}Cf ($T_{1/2}=13.08$ лет).

Во всех современных библиотеках оцененных данных используется одна и та же оценка, выполненная в 1987 г. Такаги (N.Takagi) в токийском технологическом институте для JENDL-3.2, слегка модернизированная в 1990 г. Накагавой (T.Nakahava).

В нижеследующей таблице приводятся значения сечений захвата и деления под действием тепловых нейтронов и резонансные интегралы, следующие из этой оценки, измеренные разными авторами и принятые в РОСФОНД по излагаемым ниже причинам.

Источник	σ_c (0.0253 эВ)	RI_c	σ_f (0.0253 эВ)	RI_f
Takagi	28.3	22.5	1966	1809
Гальперин-85	28.3±2.5		2030±250	1200±250
Masmurdo-72			2830±130	2200±90
Diamond-68			3060±180	
Мухабхаб-84	28.3±2.5	18.2±1.5	1966±160	1200±250
РОСФОНД	28.3	14.0	2100	1624

На рис. 1. приведены оцененные энергетические зависимости сечений деления и захвата в сравнении с экспериментальными данными. Как видно, согласующиеся между собой и с данными других авторов результаты Данона заставляют пересмотреть оценку. Оцененные данные, принятые в РОСФОНД, изображены толстыми линиями.

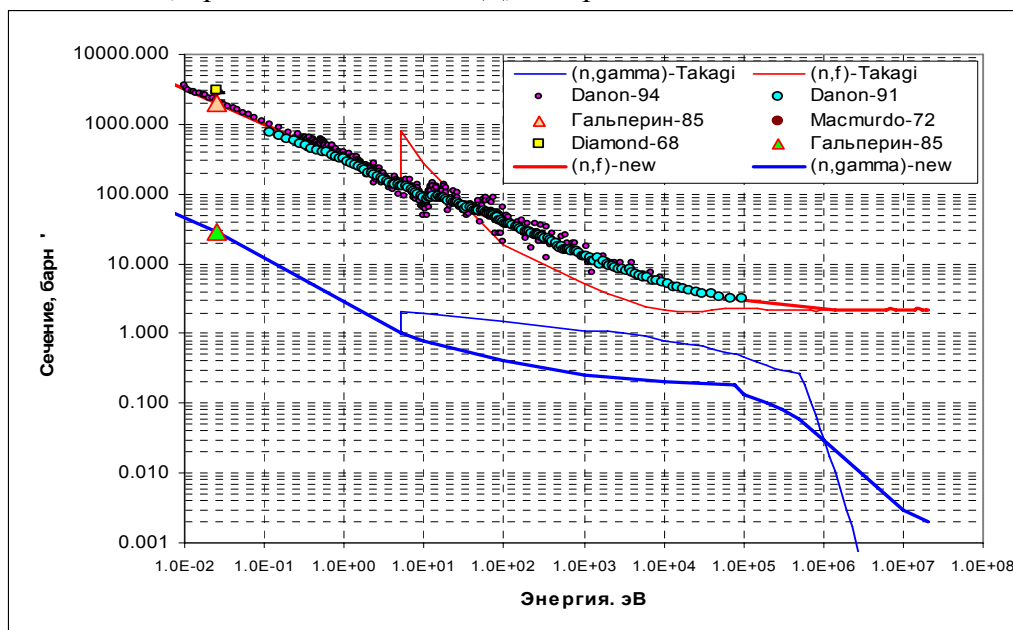


Рис.1. Сечения захвата и деления

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку Такаги, заменив в ней сечения деления и захвата показанными на рис. 1 жирными линиями. Соответственно откорректировать полное сечение. Ввести файл MF=10 с секцией MT=4 с сечением образования изомерного состояния на основе данных EAF-2003.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

99.5. Эйнштейний-254-m

Долгоживущий изомер ($T_{1/2}=39.3$ ч.). испытывает бета-распад в ^{254}Fm (98%), изомерный переход в основное состояние (около 3%), альфа-распад в ^{247}Bk или захват орбитального электрона с образованием спонтанно делящегося ^{254}Es ($T_{1/2}=60.5$ дн.). Источником этого изотопа может служить реакция $^{255}\text{Es}(T_{1/2}=39.8 \text{ дн.})(n, 2n)$.

Полных наборов нейтронных данных не имеется. В библиотеке EAF-2003 содержится последняя теоретическая оценка сечений нейтронных реакций. Экспериментальных данных для их проверки нет.

Оцененные сечения для тепловых нейтронов и резонансные интегралы таковы:

$\sigma_c=1830$ барн;

$\sigma_f=1584$ барн;

$RI_c=1056$ барн;

$RI_f=1540$ барн.

Заключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных данных из EAF-2003. Файл MF=8 опустить. Секцию MT=4 перенести из файла MF=3 в файл MF=10.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

99.6. Эйнштейний-255

Альфа-активен ($T_{1/2}=39.8$ дн). Распадается в бета-активный ^{251}Bk , который с периодом 3.217 ч. распадается в долгоживущий ^{251}Cf ($T_{1/2}=898$ лет).

Во всех современных библиотеках оцененных данных используется одна и та же оценка, выполненная в 1987 г. Такаги (N.Takagi) в токийском технологическом институте для JENDL-3.2, слегка модернизированная в 1990 г. Накагавой (T.Nakahava).

В нижеследующей таблице приводятся значения сечений захвата и деления под действием тепловых нейтронов и резонансные интегралы, следующие из этой оценки.

Единственной измеренной величиной является сечение захвата тепловых нейтронов, измерявшееся Логхидом.

Источник	$\sigma_c(0.0253 \text{ эВ})$	RI_c	$\sigma_f(0.0253 \text{ эВ})$	RI_f
Takagi	55	291	13.4	85.6
Lougheed	55±10			
Мухабхаб-84	55±10			

На рис. 1. приведены оцененные энергетические зависимости сечений деления и захвата в сравнении с экспериментальными данными. Как видно, согласующиеся между собой и с данными других авторов результаты Данона заставляют пересмотреть оценку. Оцененные данные, принятые в РОСФОНД, изображены толстыми линиями.

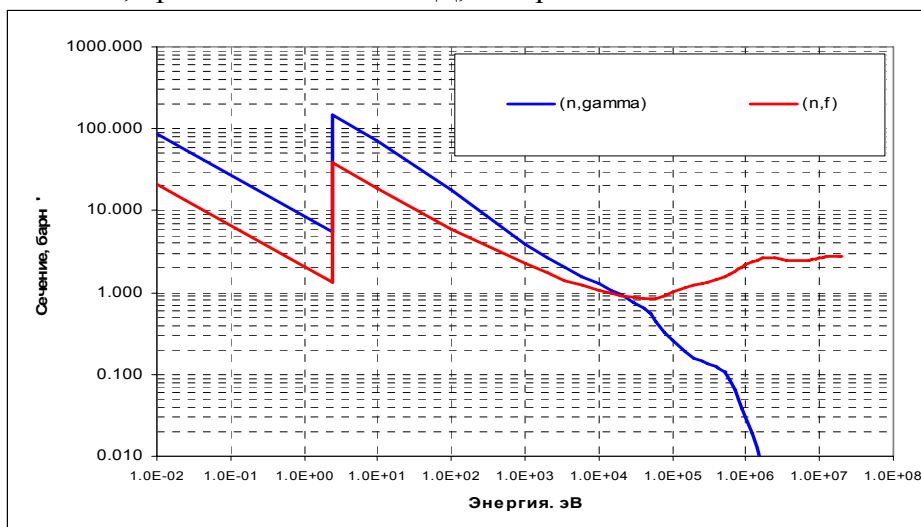


Рис.1. Сечения захвата и деления

Заключение

Принять в РОСФОНД файл оцененных нейтронных данных Такага из JENDL-3. Ввести файл MF=9 с секцией MT=102 с вероятностями образования эйнштейния-254 в основном и в изомерном состояниях.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.