

61.ПРОМЕТИЙ

61.1. Прометий-143

Радиоактивен ($T_{1/2}=265$ дн.). Захватывая орбитальный электрон превращается в неодим-143.

Полных наборов нейтронных данных не имеется. В EAF-2003 содержится последняя по времени оценка нейтронных сечений. Экспериментальных данных для ее проверки нет. Из оценки следуют следующие значения сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла:

$$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})=15 \text{ барн}$$

$$RI_c=80 \text{ барна.}$$

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения реакций, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы записать в соответствующие секции файла MF=3. Файлы MF=8 и MF=10 удалить.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

61.2. Прометий-144

Радиоактивен ($T_{1/2}=1$ год). Захватывая орбитальный электрон превращается в неодим-144.

Полных наборов нейтронных данных не имеется. В EAF-2003 содержится последняя по времени оценка нейтронных сечений. Экспериментальных данных для ее проверки нет. Из оценки следуют следующие значения сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла:

$$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})=35 \text{ барн}$$

$$RI_c=672 \text{ барна.}$$

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения реакций, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы записать в соответствующие секции файла MF=3. Файлы MF=8 и MF=10 удалить.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

61.3. Прометий-145

Радиоактивен ($T_{1/2}=17.7$ г.). Захватывая орбитальный электрон превращается в неодим-145.

Полных наборов нейтронных данных не имеется. В EAF-2003 содержится последняя по времени оценка нейтронных сечений. Экспериментальных данных для ее проверки нет. Из оценки следуют следующие значения сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла:

$$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})=29 \text{ барн}$$

$$RI_c=458 \text{ барн.}$$

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения реакций, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы записать в соответствующие секции файла MF=3. Файлы MF=8 и MF=10 удалить.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

61.4. Прометий-146

Радиоактивен ($T_{1/2}=5.53$ г.). Захватывая орбитальный электрон превращается в неодим-146 (66%) или испытывает бета-распад в очень долгоживущий самарий-146.

Полных наборов нейтронных данных не имеется. В EAF-2003 содержится последняя по времени оценка нейтронных сечений. Из оценки следуют следующие значения сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла:

$$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})=8871 \text{ барн}$$

$$RI_c=62132 \text{ барна.}$$

Эти данные опираются на единственный приведенный в EXFORe результат

Pinajian-67: $\sigma_c(0.0253 \text{ eV})=8400 \pm 1680$ барн

Оцененная энергетическая зависимость сечения захвата показана на рис.1.

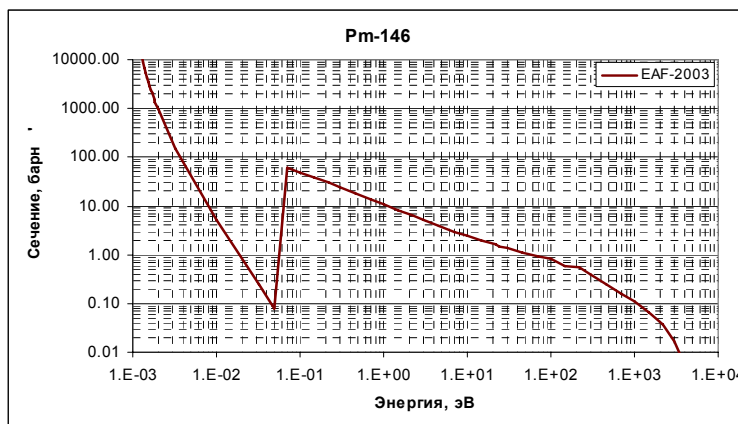


Рис.1. Сечение захвата.

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения реакций, содержащиеся в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы записать в соответствующие секции файла MF=3. Файлы MF=8 и MF=10 удалить.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

61.5. Прометий-147

Радиоактивен ($T_{1/2}=2.62$ г.). Испытывает бета-распад в самарий-147.

Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами $2.23 \cdot 10^{-2}$.

Имеется два полных набора нейтронных данных:

JEFF-3.1 – оценка Группелаара и Менапаса (H Gruppelaar, E. Menapace), 1982 г.;

оценка японской рабочей группой по продуктам деления, включенная в JENDL-3.3 и с ничтожными коррекциями принятая в 2005 г. в ENDF/B-VII подгруппой 23 международной рабочей группы по оценке нейтронных данных.

Следующие из этих оценок значения полного сечения, сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла:

	$\sigma_t(0.0253 \text{ eV})$	$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})$	RI_c
JENDL-3.3	188.7 барн	167.7 барн	2206 барн
JEFF-3.1	180.6 барн	180.6 барн	2130 барн

Приведем оценку Мухабхаба, из которой исходили оценщики, и наиболее показательные результаты измерений этих величин:

	RI_c
Мухабхаб	168.4 ± 3.5
Mowatt-71	94 ± 10
Cabell-70	96 ± 18
Fenner-67	82 ± 8
Schuman-62	124 ± 13
	2064 ± 100
	1274 ± 60
	$720 \text{ (от } 0.2 \text{ эВ)}$
	1200

Отметим, что Мухабхаб использовал результат измерения сечения захвата Гаггейером¹ не найденный нами в EXFORe. Заметим далее, что в 2004 г. Мухабхаб подтвердив свою оценку теплового сечения указал меньшее значение резонансного интеграла: 1274 ± 66 барн, что соответствует результату Кабелла.

Высокие значения сечения захвата тепловых нейтронов (181 барн) и резонансного интеграла (2141 барн) следуют и из оценки EAF-2003. Заметим также, что полное сечение в точности совпадает с результатом измерения его Ануфриевым (1976).

В связи с изложенным представляется целесообразным изменить параметры связанного состояния и 1-го резонанса так, чтобы не противореча измерению полного сечения получить более правдоподобные значения теплового сечения и резонансного интеграла. Для корректного выполнения этой операции следовало бы подгонять параметры так, чтобы наилучшим образом описать не только сечение при 0.0253 эВ и резонансный интеграл, но и энергетическую зависимость полного сечения, измеренную в работе Ануфриева и др. до 100 эВ. Не имея такой возможности, мы подобрали параметры вручную так, что получилось:

$$\sigma_t(0.0253 \text{ eV}) = 187 \text{ барн}$$

$$\sigma_c(0.0253 \text{ eV}) = 101 \text{ барн}$$

$$RI_c = 1343 \text{ барн}.$$

¹ Gaggeier, JIN, 38, 205 (76)

Это величины уже не противоречат приведенным экспериментальным данным столь разительно.

Энергетическая зависимость оцененного сечения захвата показана на рис.1. Видно, что и в области быстрых нейтронов оценка завышена относительно экспериментальных данных процентов на 40.

На рис. 2 приведено оцененные полные сечения в сравнении с данными Ануфриева. Малиновая кривая соответствует данным, непосредственно приведенным в EXFORe. Синяя кривая получена из данных о функции пропускания через образец толщиной 0.00175 ядер/ барн. Видно, что сравнение с данными Ануфриева не позволяют отдать предпочтение прежней или модифицированной оценке.

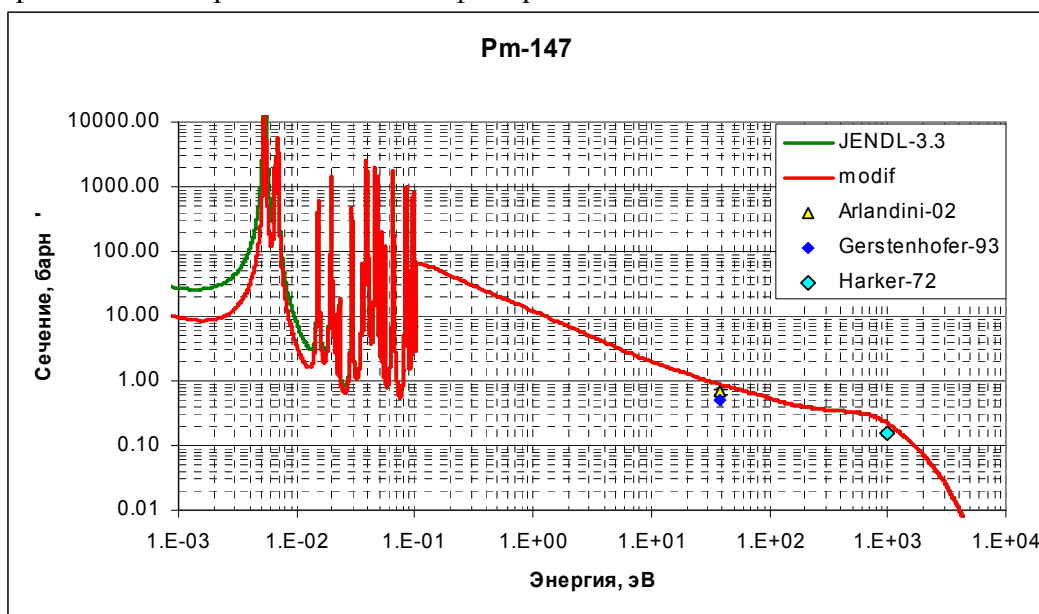


Рис.1. Сечение захвата.

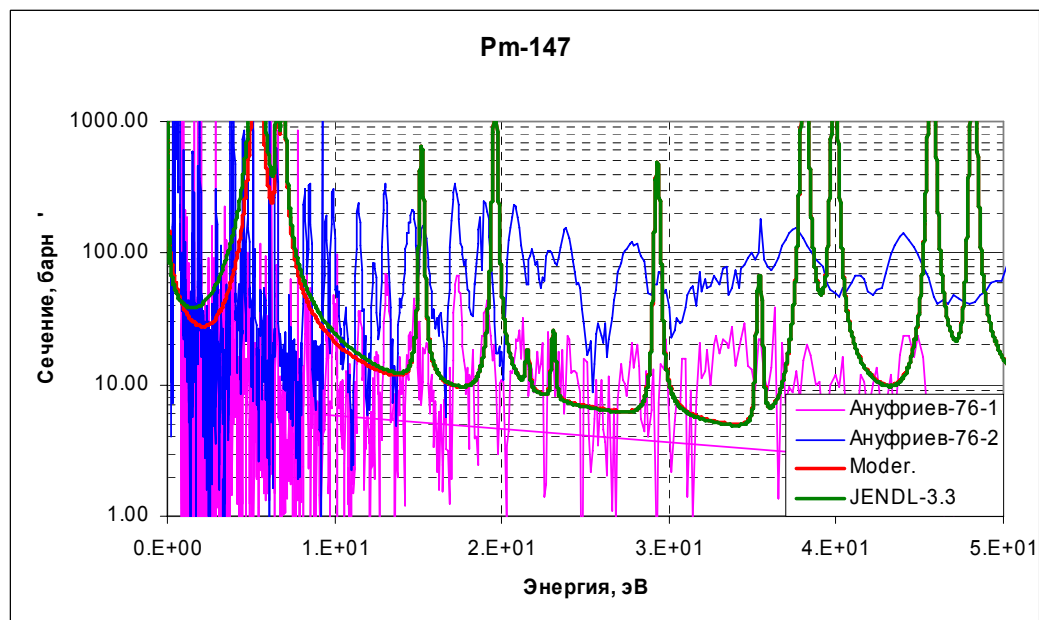


Рис.2. Полное сечение.

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку с модифицированными параметрами первых резонансов. Отметить вероятную переоценку сечения захвата вне резонансной области, возможно, до 1.5 раз.

Включить в оценку секцию 9/16 с вероятностями образования основного и метастабильного состояний прометия-148 на основе данных EAF-2003.

Автор заключения

Николаев М.Н.

61.6. Прометий-148

Радиоактивен ($T_{1/2}=5.37$ дн.). Путем бета-распада превращается в самарий-148.

Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами $4.9 \cdot 10^{-10}$.

Имеется два полных набора нейтронных данных:

JEFF-3.1 – оценка Группелаара и Менапаса (H Gruppelaar, E. Menapace), 1982г.;

оценка японской рабочей группой по продуктам деления, включенная в JENDL-3.3 и с ничтожными коррекциями принятая в 2005 г. в ENDF/B-VII подгруппой 23 международной рабочей группы по оценке нейтронных данных.

В EAF-2003 содержится последняя по времени оценка нейтронных сечений.

Из оценок следуют следующие значения сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла, сравниваемые ниже с немногими имеющимися экспериментальными данными и оценкой Мухабхаба:

	$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})$	RI_c
Мухабхаб-84	2000 ± 1000	
JENDL-3.3	2000 барн	3000 барн
JEFF-3.1	2000 барн	40010 барн
EAF-2003	1000 барн	2500 барн
Kiroujac-73		$3600 \pm 2400^{*)}$
Mathes-63	1400 барн	
Schuman-62	3000 ± 2000	44000 барн

^{*)} Принимая $RI_c(^{147}\text{Pm})=2280$ б; опираясь на оценку $RI_c(^{147}\text{Pm})=1300$ б, получим $RI_c(^{148}\text{Pm})=2050$ б

Сравнение с этими экспериментальными данными позволяет отдать предпочтение оценке JENDL-3.3, опирающейся на более надежное измерение резонансного интеграла.

На рис.1. сравниваются оцененные энергетические поведения сечения захвата. Резонанс в JENDL-3, видимо, выдуман для получения желаемых теплового сечения и резонансного интеграла.

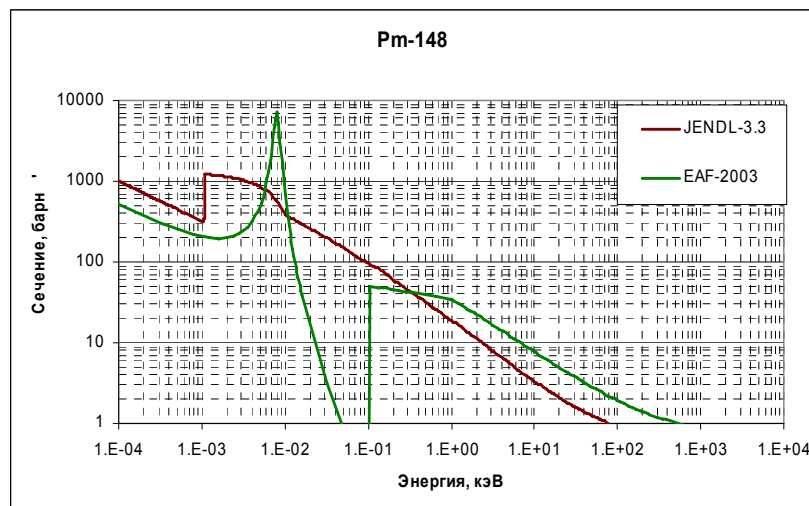


Рис.1. Сечение захвата.

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из JENDL-3.3. Дополнить их файлом MF=10 с MT=4 из EAF-2003.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

61.7. Прометий-148-m

Радиоактивен ($T_{1/2}=41.3$ дн.). Путем бета-распада превращается в самарий-148. Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами $1.0 \cdot 10^{-9}$. Имеется три полных набора оцененных нейтронных данных: CENDL-3 - оценка Жуанга и Шена (You-Xiang Zhuang, Qing-Biao Shen), 2001 г., включенная и в ENDF/B-VII; JENDL-3.3 - оценка японской рабочей группой по продуктам деления, 1990 г. JREF-3.1 - оценка Группелаара и Менапаса (H Gruppelaar, E. Menapace), 1982г.; Кроме того, в EAF-2003 содержится оценка нейтронных сечений.

И в японской и в китайской оценках задана область разрешенных резонансов, содержащая один и тот же единственный резонанс, обнаруженный в работе Кируяка². В японской оценке эта область простирается до 0.6 эВ, после чего следует область неразрешенных резонансов; в китайской – до 1 эВ; область неразрешенных резонансов отсутствует.

Из оценок следуют следующие значения сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла, сравниваемые ниже с немногими имеющимися экспериментальными данными из EXFORa и оценкой Мухабхаба:

	$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})$	RI_c
JENDL-3.3	10648 барн	4245 барн
CENDL-3	10669 барн	4786
JEFF-3.1	10616 барн	3608 барн
EAF-2003	10677 барн	3639 барн
Мухабхаб-84	10600	3600±2400 барн
Miyano-69	27000±2000 барн	

Кроме работы Мийяно Мухабхаб ссылается на масс-спектрометрические измерения Мэтьюса (Mathews, 1963) и активационные измерения Шумана (Schuman, 1962), данные которых в EXFORe отсутствуют. Поэтому оценка Мухабхаба достаточно весома. Оценки тепловых сечений и резонансных интегралов практически совпадают друг с другом и оценкой Мухабхаба : различия много меньше погрешностей.

В области быстрых нейтронов японская и китайская оценки заметно различаются и между собой и с ранней оценкой Группелаара и Менапаса, хотя едва ли это различие может иметь какое-либо практическое значение. Экспериментальных данных для обоснования этих расчетных оценок, разумеется, нет.

На рис.1. сравниваются оцененные энергетические поведения сечения захвата.

² Kirouac et al, Nucl. Sci. Eng. 52, 310, 1973.

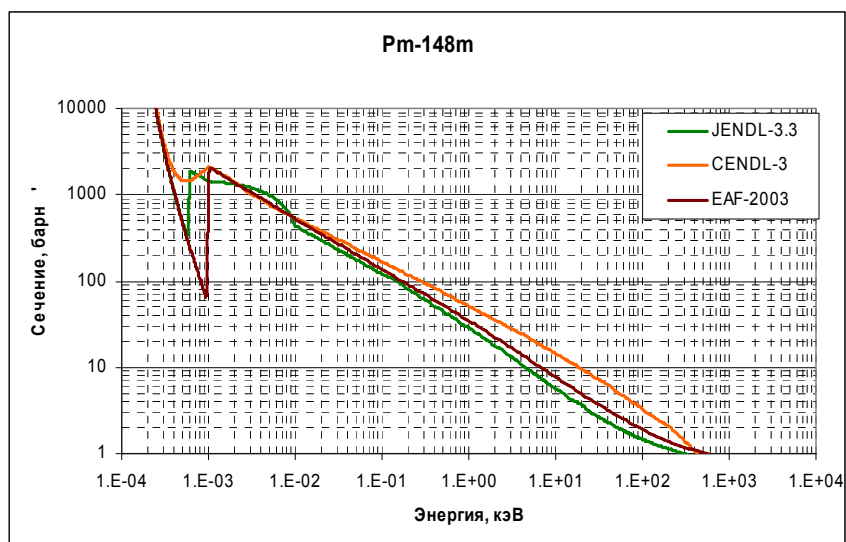


Рис.1. Сечение захвата.

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из CENDL-3 с маленькими корректировками сделанными при включении этой оценки в ENDF/B-VII. Дополнить оценку файлом 10/4 с сечением образования основного состояния прометия-148, взяв данные из EAF-2003.

Автор рекомендации
Николаев М.Н.

61.8. Прометий-149

Радиоактивен ($T_{1/2}=53.1$ ч.). Путем бета-распада превращается в самарий-149.

Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами $1.05 \cdot 10^{-2}$.

Имеется два полных набора оцененных нейтронных данных:

JEFF-3.1 - оценка Группелаара и Менапаса (H Gruppelaar, E. Menarace), 1982г.;

JENDL-3.3 - оценка японской рабочей группой по продуктам деления, 1990 г., включенная также и в ENDF/B-VII.

Кроме того, в EAF-2003 содержится оценка нейтронных сечений.

Область разрешенных резонансов отсутствует в обеих оценках. В японской оценке введена область неразрешенных резонансов до 100 кэВ.

Из оценок следуют следующие значения сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла, сравниваемые ниже с немногими имеющимися экспериментальными данными из EXFORa и оценкой Мухабхаба:

	$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})$	RI_c
JENDL-3.3	1400 барн	354 барн
JEFF-3.1	1400 барн	1155 барн
EAF-2003	1479 барн	17200 барн
Мухабхаб-84	1400 ± 300	3600 ± 2400 барн
Gaeggeler-76	1630 ± 160 барн	
Mowatt-68	1000 ± 400 барн	
Кондюров-65	1700 ± 300 барн	

Понятно, что оценщики принимают близкие значения теплового сечения (хотя, похоже, несколько заниженные в свете результата Геггелера), но разброс оценок резонансного интеграла экстремально велик.

На рис.1. сравниваются оцененные энергетические поведения сечения захвата.

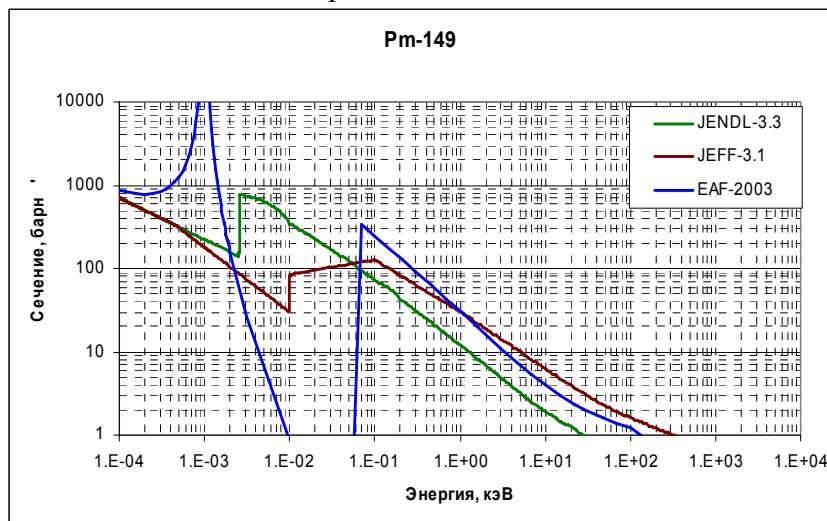


Рис.1. Сечение захвата.

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из JENDL-3. Дополнить файл секцией 9/16 с вероятностями образования прометия-148 в основном и метастабильном состояниях. Взяв данные из EAF-2003.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.

61.9. Прометий-151

Радиоактивен ($T_{1/2}=28.4$ ч.). Путем бета-распада превращается в долгоживущий самарий-151. Продукт деления. Выход при делении урана-235 тепловыми нейтронами $4.20 \cdot 10^{-3}$.

Имеется два полных набора оцененных нейтронных данных:

JEFF-3.1 - оценка рабочей группы по продуктам деления 1982г, выполненная для ENDF/B-V;

в ENDF/B-VII. - оценка Хермана, Обложинского, Сарера и Мухабхаба (Herman, Oblozinsky, Sarer, Mughabgh), 2005 г.

Область разрешенных резонансов имеется только в ENDF/B-VII (10 фиктивных резонансов от 0.03 до 123 эВ).

Из оценок следуют следующие значения сечения захвата тепловых нейтронов и резонансного интеграла:

	$\sigma_c(0.0253 \text{ eV})$	RI_c
ENDF/B-VIIb2	219655 барн	3084 барн
JEFF-3.1	700 барн	2003 барн
EAF-2003	158 барн	1847 барн
Mowatt-68	700 барн	

Поскольку тепловое сечение захвата является наиболее важной характеристикой взаимодействия нейтронов с продуктом деления, приемлемой является только оценка JEFF-3.1

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из JENDL-3.

Автор рекомендации

Николаев М.Н.