

4. БЕРИЛЛИЙ

В библиотеке РОСФОНД содержатся данные для трёх изотопов бериллия: радиоактивного ${}^7\text{Be}$ (53.29 дн.), стабильного ${}^9\text{Be}$ и радиоактивного ${}^{10}\text{Be}$.

4.1. Бериллий-7

Радиоактивен. $T_{1/2}=53.12$ d.

Захват орбитального электрона

Последняя оценка нейтронных данных для этого изотопа выполнена Пейджем (P.R.Page) в 2004 г. для ENDF/B-VII. До этого имелась лишь оценка сечений нейтронных реакций, содержащаяся в EAF-2003. Из этих оценок получены следующие значения тепловых сечений и резонансных интегралов:

ENDF/B-VII:

$\sigma_{np}=37772$ барн $RI_{np}=16405$ барн

$\sigma_{n\alpha}=5 \cdot 10^{-6}$ барна $RI_{n\alpha}=0.02$ барна

EAF-2003:

$\sigma_{np}=39000$ барн $RI_{np}=16945$ барн

$\sigma_{n\alpha}=0.14$ барна $RI_{n\alpha}=0.06$ барна

Приведем для сравнения экспериментальные данные:

Bassi-63: $\sigma_{n\alpha}=0.155$ барна;

Koehler-88: $\sigma_{np}=38800 \pm 809$ барн;

Cervena-89: $\sigma_{np}=46800 \pm 4000$ барн.

Оценка Пейджа выполнена на основе анализа данных о реакциях: ${}^7\text{Li}(p,p)$ and ${}^7\text{Li}(p,n)$; ${}^6\text{Li}(d,n)$ и ${}^6\text{Li}(d,p)$; ${}^7\text{Li}(p,\alpha)$. Кроме реакций (n,p) и (n,α) оценены сечения упругого рассеяния и реакции (n,d) . К сожалению, оценка выполнена только до энергии 8.1 МэВ. Оцененные сечения главной реакции ${}^{-7}\text{Be}(n,p)$ – неплохо согласуются и между собой и с экспериментальными данными. Сечение реакции (n,α) в тепловой точке составляет всего 5 микробарн, тогда как результат единственного измерения – 155 миллибарн. Оцененные резонансные интегралы этой реакции отличаются не столь катастрофично. Достоинством оценки является представление информации об энерго-угловых распределениях продуктов реакций.

Ограниченность области рассмотрения нейтронных данных не позволяют рекомендовать оценку Пейджа в РОСФОНД непосредственно. Ее следует распространить до 20 МэВ, получить полное сечение, попытаться разобраться с сечением реакции (n,α) при тепловых энергиях. Подобная доработка для второстепенного нуклида, каковым является бериллий-7, выходит за рамки настоящей работы.

Заключение

Выводы:

В РОСФОНД принята оценка EAF-2003 (MAT=419) со следующими изменениями:

1. Присвоен MAT=407
2. Файл MF=8 опущен.

Автор проведенного отбора оцененных данных

Николаев М.Н.

4.2. Бериллий-9

1. Общие замечания

В современных библиотеках оцененных нейтронных данных содержатся 4 различных оценки данных для бериллия:

1. Оценка Франкла, Риди и Янга (S.Francle, R.Reedy, P.Young, LASL, 2000), принятая в ФОНД-2.2 и ENDF/B-VII.
2. Оценка группы авторов из Вены и Обнинска, пересмотревших в 1997 г. файл данных из библиотеки EFF-3 (European Fusion File, Ver.3) для JEFF-3.1.
3. Оценка Шибаты (K. Shibata) 1984 г. вошедшая в JENDL-3.3.
4. Оценка Дзанг Дзенкуана (Zhang Zhengqian) 1978 г., принятая в CENDL-2.

На рис.1 полное оцененное полное сечение бериллия из оценки Франкла, Риди и Янга сравнивается с основными экспериментальными данными и оценкой из JEFF-3.1

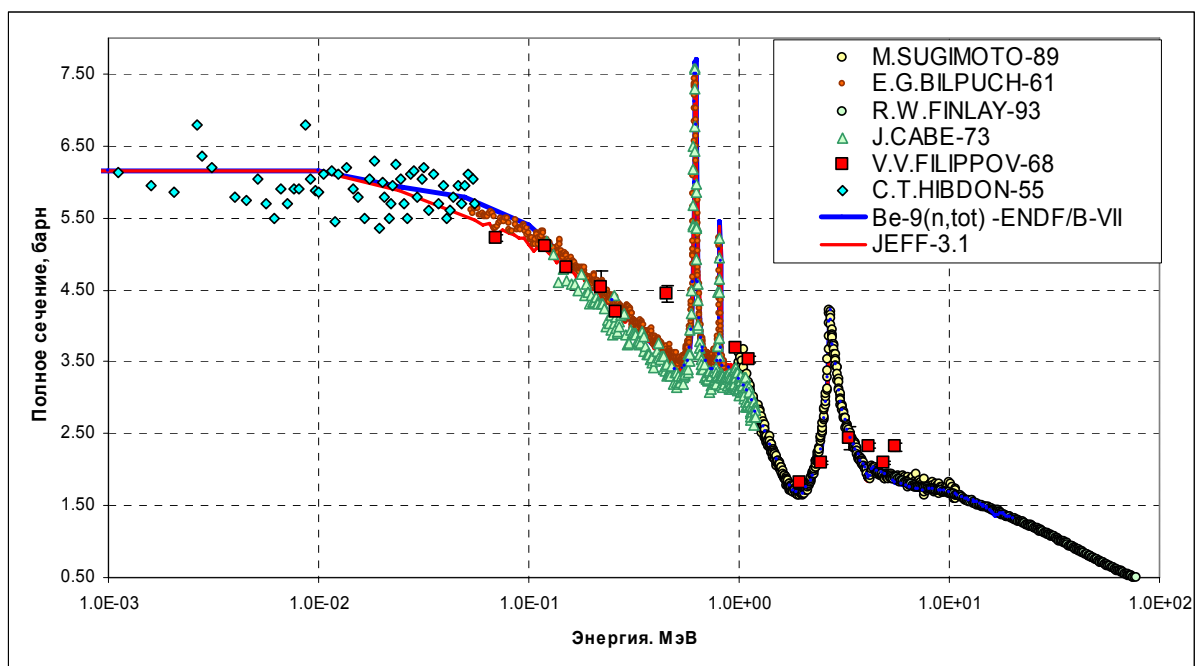


Рисунок 1. Полное сечение бериллия.

Единственное заметное различие в оценках связано с тем, что в LEFF-3.1 больший вес придан измерениям В.Филиппова, выполненными хоть и с низким разрешением, но с большим набором толщин образцов, обеспечившим высокую точность.

На Рис. 2. такое же сравнение делается для данных о реакции (n,2n)

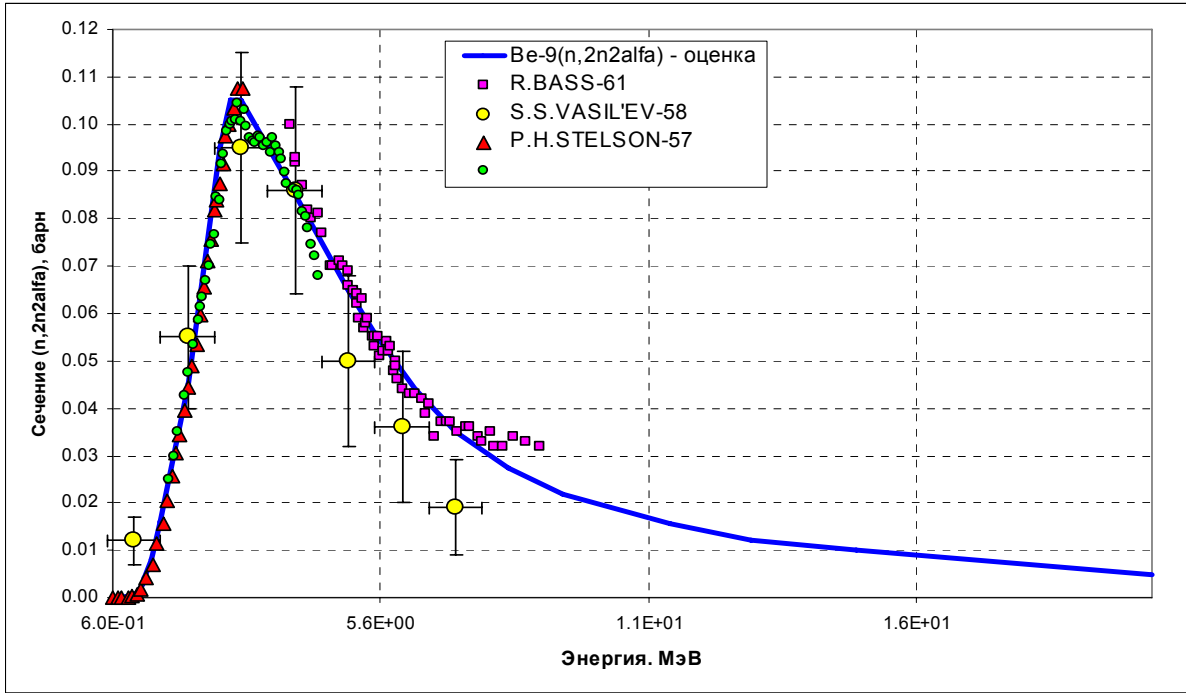


Рисунок 2.. Сечение реакции ${}^9\text{Be}(n,2n+2\alpha)$

Заметим, что оценка, принятая в JEFF-3.1, обладает тем преимуществом, что сечение реакции ${}^9\text{Be}(n,2n)$ описывается в ней явно как сумма реакций неупругого рассеяния на первых 11 уровнях ${}^9\text{Be}$, испытывающих затем распад на нейтрон и две альфа-частицы, реакций ${}^9\text{Be}(n,\alpha){}^6\text{He}^g$ и ${}^9\text{Be}(n,\alpha){}^6\text{He}^m$ с последующим испусканием двух нейтронов, реакции ${}^9\text{Be}(n,{}^5\text{He}){}^5\text{He}$ с последующим распадом ядер ${}^5\text{He}$ на нейтрон и альфа-частицу, реакции ${}^9\text{Be}(n,2n){}^8\text{Be}$ с распадом последнего на две альфа-частицы и, наконец, реакции ${}^9\text{Be}(n,\alpha){}^5\text{He}$ с последующим распадом ${}^5\text{He}$ на нейтрон и альфа-частицу. В оценке Франкла, Риди и Янга, судя по описанию, рассмотрен меньший набор возможных каналов реакции (не упоминается, в частности, о реакции ${}^9\text{Be}(n,{}^5\text{He}){}^5\text{He}$). Это различие в известной мере влияет на оценку энерго-угловых распределений вторичных нейтронов. Другим преимуществом JEFF-3.1 является наличие данных о погрешностях нейтронных данных. Судя по тому, что погрешности приводятся для каждого канала реакции ${}^9\text{Be}(n,2n)$, погрешности оценены методом наименьших квадратов при подгонке параметров расчетной модели под имеющиеся данные. Такие оценки, как правило, ведут к слишком оптимистическим погрешностям.

2. Заключение

2.1. Выводы:

В РОСФОНД следует принять оценку из JEFF-3.1.

2.2. Тепловые и интегральные сечения

Реакция	$\sigma(0.0253 \text{ эВ})$	RI	$\langle\sigma\rangle$ спектр Максвелла с $T= 1.35 \text{ МэВ}$
Упругое рассеяние	6.150 б	74.418 б	2.709 б
Рад. захват	8.600 мб	4.343 мб	0.1000 мб
Реакция (n,p)	0	0	0.00005 мб

Реакция (n,d)	0	0	0.00010 мб
Реакция (n,t)	0	0	0.00634 мб
Реакция (n, α)	0	0	36.0354 мб
Реакция (n,2n)	0	0	118.1 мб

2.3. Автор проведенного отбора оцененных данных

Николаев М.Н.

4.3. Бериллий-10

Радиоактивен. $T_{1/2}=1.51E6$ у.

Бета-распад.

Полных наборов оцененных нейтронных данных ни в одной библиотеке не содержится. Последняя оценка сечений нейтронных реакций содержится в EAF-2003. Из этой оценки следуют следующие значения тепловых сечений и резонансных интегралов:

$$\sigma_c=0.001 \text{ барнf} \quad RI_{nr}=0.0004 \text{ барнf}$$

Заключение

Выводы:

В РОСФОНД принята оценка JEFF-3.0/A (MAT=428) со следующими изменениями:

1. Присвоен MAT=410
2. Файл MF=8 опущен.

Автор проведенного отбора оцененных данных

Николаев М.Н.