

71.ЛЮТЕЦИЙ

71.1. Лютеций-169

Радиоактивен ($T_{1/2}=1.42$ дн.). Испытывая захват орбитального электрона, превращается в иттербий-169, которых, в свою очередь, тем же путем превращается ($T_{1/2}=32.026$ дн.) в стабильный туллий-169. В реакторах может образовываться в ничтожных количествах за счет реакций $^{170}\text{Lu}_{(T_{1/2}=2.0 \text{ дн.})}(n,2n)$ или $^{171}\text{Lu}_{(T_{1/2}=8.22 \text{ дн.})}(n,3n)$

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации нет.

Оцененные тепловое сечение и резонансный интеграл захвата:

$\sigma_c=75$ барн; $RI= 1586$ барн.

Заключение

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

Файлу присвоить MAT=7169.

Автор заключения

Забродская С.В.

71.2. Лютеций-170

Радиоактивен ($T_{1/2}=2.01$ дн.). Испытывая захват орбитального электрона, превращается в стабильный иттербий-170. В реакторах может образовываться в ничтожных количествах за счет реакций $^{171}\text{Lu}_{(T_{1/2}=8.22 \text{ дн.})}(n,2n)$ или $^{172}\text{Lu}_{(T_{1/2}=6.7 \text{ дн.})}(n,3n)$. Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации нет.

Оцененные тепловое сечение и резонансный интеграл захвата:

$\sigma_c=89.11$ барн; $RI= 1683$ барн.

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файлы MF=8, 9, 10 опустить.

Файлу присвоить MAT=7170.

Автор заключения

Забродская С.В.

71.3. Лютеций-171

Радиоактивен ($T_{1/2}=8.24$ дн.). Испытывая захват орбитального электрона, превращается в стабильный иттербий-171В реакторах может образовываться в ничтожных количествах за счет реакций $^{172}\text{Lu}_{(T_{1/2}=6.7 \text{ дн.})}(n,2n)$ или $^{173}\text{Lu}_{(T_{1/2}=1.37 \text{ лет})}(n,3n)$.

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации нет.

Оцененные тепловое сечение и резонансный интеграл захвата:

$\sigma_c=54.32$ барн; $RI=1548$ барн.

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файлы MF=8, 9, 10 опустить.

Файлу присвоить MAT=7171.

Автор заключения

Забродская С.В.

71.4. Лютеций-172

Радиоактивен ($T_{1/2}=6.70$ дн.). Испытывая захват орбитального электрона, превращается в стабильный иттербий-172. В реакторах может образовываться в ничтожных количествах за счет реакций $^{173}\text{Lu}_{(T_{1/2}=1.37 \text{ л.})}(n,2n)$ или $^{174}\text{Lu}_{(T_{1/2}=3.31 \text{ л.})}(n,3n)$.

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003.

Экспериментальных данных для их валидации нет.

Оцененные тепловое сечение и резонансный интеграл захвата:

$\sigma_c=70.84$ барн; $RI=1555$ барн.

Заключение

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

Файлу присвоить MAT=7172.

Автор заключения

Забродская С.В.

71.5. Лютеций-173

Радиоактивен ($T_{1/2}=1.37$ лет). Испытывая захват орбитального электрона, превращается в стабильный иттербий-173. В реакторах может образовываться в ничтожных количествах за счет реакций $^{172}\text{Lu}(T_{1/2}=6.7 \text{ дн.})(n,\gamma)$, $^{174}\text{Lu}(T_{1/2}=3.31 \text{ г.})(n,2n)$ или $^{175}\text{Lu}(n,3n)$.

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации нет.

Оцененные тепловое сечение и резонансный интеграл захвата:

$\sigma_c=47.16$ барн; $RI=1119$ барн.

Заключение

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

Файлу присвоить MAT=7173.

Автор заключения

Забродская С.В.

71.6. Лютеций-174

Радиоактивен ($T_{1/2}=3.31$ г.). Испытывая захват орбитального электрона, превращается в стабильный иттербий-174. В реакторах может образовываться в ничтожных количествах за счет реакций $^{175}\text{Lu}(n,2n)$ или $^{176}\text{Lu}(n,3n)$.

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации нет.

Оцененные тепловое сечение и резонансный интеграл захвата:

$\sigma_c=56.43$ барн; $RI=1550$ барн.

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=8 опустить. В файле MF=10 сохранить только секцию MT=4.

Файлу присвоить MAT=7174.

Автор заключения

Забродская С.В.

71.7. Лютеций-174-m

Долгоживущий изомер ($T_{1/2}=142$ дн.). Испытывая захват орбитального электрона, превращается в стабильный иттербий-174 с вероятностью 0.7% и с 99.3% испытывает изомерный переход в основное состояние.

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации нет.

$\sigma_c=56.44$ барн; $RI=1550$ барн.

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=8 опустить. Секцию MT=4 из файла MF=3 перенести в MF=10.

Файлу присвоить MAT=7114.

Автор заключения

Забродская С.В.

71.8. Лютеций-175

Содержание в естественной смеси 97.41%.

Имеется единственная полная оценка нейтронных данных Райта и Леонард-Стюарта (R.Q. Wright, Leonard-Stewart), принятая в библиотеках ENDF/B-VIIb2 и JEFF-3.1. В других библиотеках полных файлов для этого нуклида не содержится.

1. Тепловая и резонансная области

В табл. 1 тепловые сечения сравниваются с рекомендацией Мухабхаба¹.

Табл. 1. Тепловые сечения и резонансные интегралы захвата

	$\sigma(0.0253\text{эВ})$	RI
JEFF-3.1	23.09	621.31
Мухабхаб-03 ¹	23.5 ± 3.1	880 ± 40

Область разрешенных резонансов содержит 115 резонансов выше энергии связи нейтрона и одно связанное состояние. Максимальная энергия - 487.71 эВ. Граница области - 411 эВ. Все резонансы идентифицированы как s-резонансы. Их параметры приняты в соответствии с рекомендацией Мухабхаба¹ (резонансам, спины которых определены не были, эти спины приписаны составителями оценки).

На рис.1 приведена нарастающая сумма резонансов. На рис. 2 показана нарастающая сумма приведенных нейтронных ширин. Из Рис. 1 можно заключить, что заметного пропуска резонансов нет: их сумма нарастает практически линейно. Однако, сумма приведенных ширин (рис.2) после 50 эВ резко снижает свой наклон. Создается впечатление, что выше 100 эВ значительную долю разрешенных резонансов составляют узкие p-резонансы.

¹ S.F.Mughabghab. Thermal neutron Capture Cross Sections, Resonance Integrals and g-Factors. INDC (NDS)-440, Feb.2003.

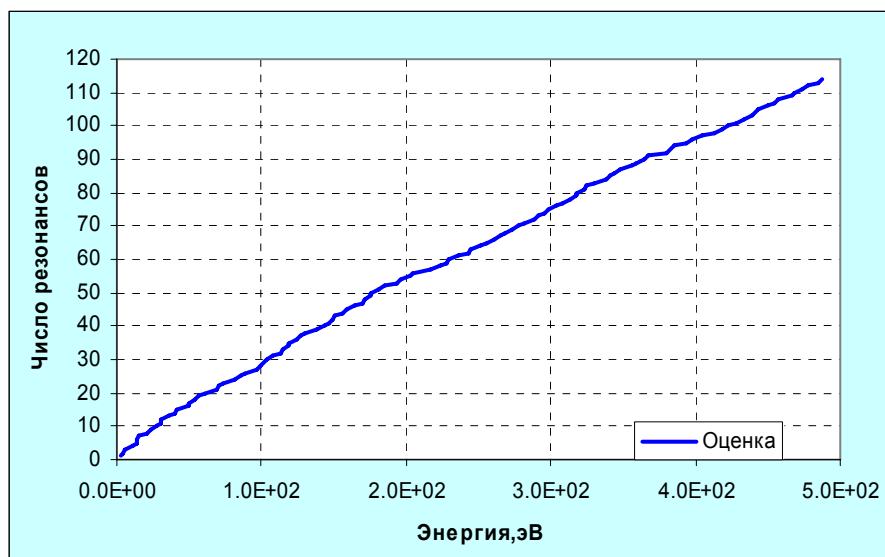


Рис.1. Нарастающая сумма числа резонансов

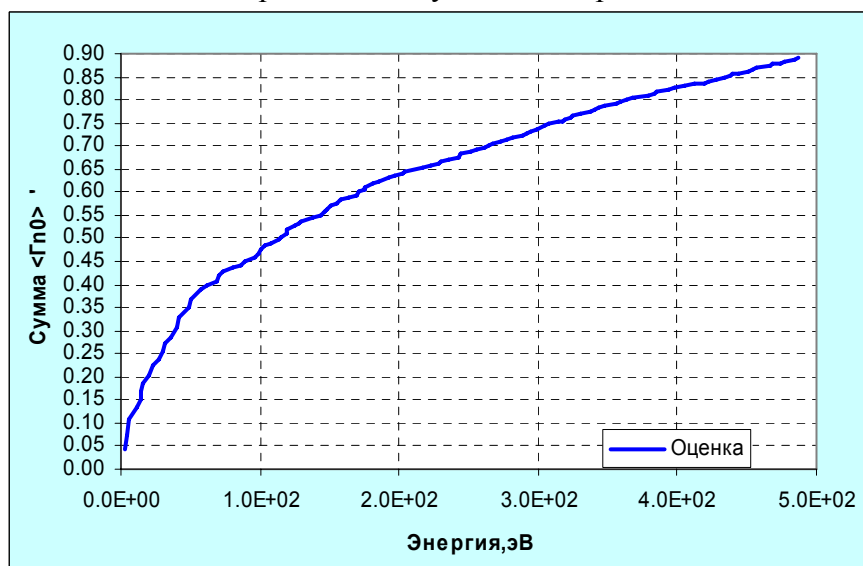
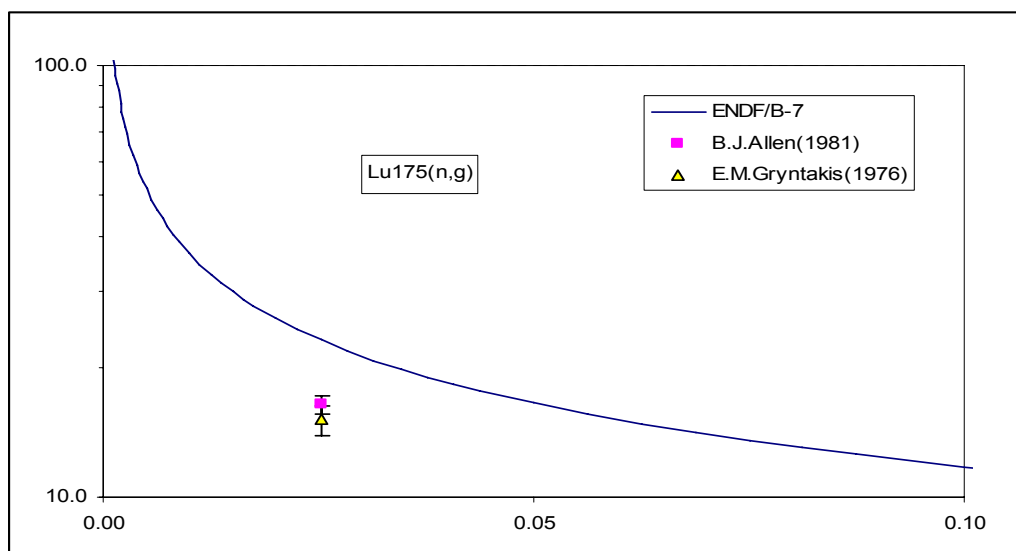


Рис.2. Нарастающая сумма приведенных нейтронных ширин

Желателен более тщательный статистический анализ разрешенных резонансов. Однако этот анализ, понятно, не изменит ни числа, ни ширин разрешенных резонансов, а позволит лишь в лучшем случае, сделать заключение о пропуске части р-резонансов. Поэтому оценка резонансных параметров в области разрешенных резонансов может быть принята в существующем виде в надежде на то, что пропуск слабых р-резонансов не повлияет существенно на рассчитываемые сечения.

Область неразрешенных резонансов простирается до 10 кэВ. В ней даются средние параметры s- и р-резонансов.

Ниже на рис.3(а-с) приведены экспериментальные данные по сечению захвата в сравнении с оценкой. Рассматривались только последние по годам экспериментальные данные. В тепловой точке данные экспериментов идут ниже оценки, опирающейся на рекомендацию Мухабхаба, который, вероятно, обладал дополнительной экспериментальной информацией, не вошедшей в EXFOR. В области разрешенных резонансов согласие с экспериментальными данными лучше.



На рис.3а. Экспериментальные данные по сечению захвата в сравнении с оценкой

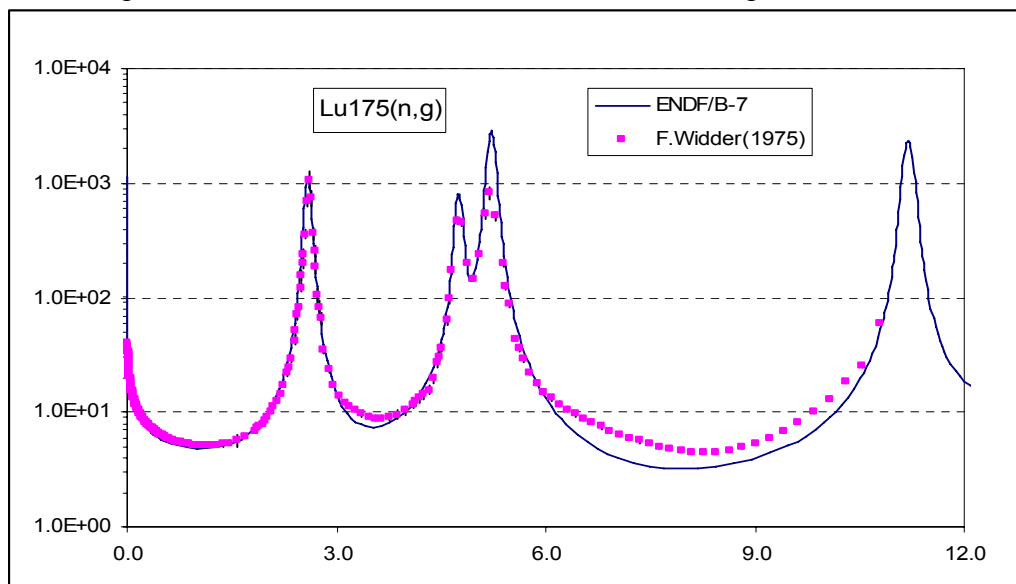


Рис.3б. Сечение захвата

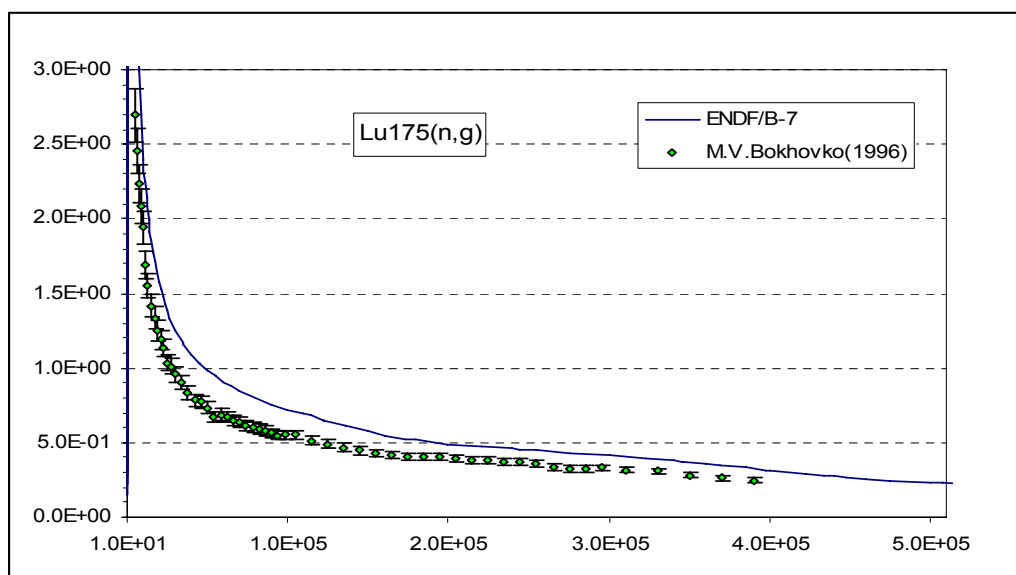


Рис.3с. Сечение захвата

В области неразрешенных резонансов и выше наиболее полный эксперимент из современных – эксперимент М.В.Боховко(1996). Оценочная кривая проходит заметно выше этих данных.

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку Райта и Леонард-Стюарта. Включить в нее файл MF=9 с секцией MT=16, описывающую вероятность образования долгоживущего изомера $^{174}\text{Lu}^m$, используя данные из EAF-2003.

При возможности пересмотреть оценку с учетом новых экспериментальных данных (в частности, данных Боховко) и новой рекомендации Мухабхаба (2006г.), пока автору недоступной.

Автор заключения

Забродская С.В.

71.9. Лютеций-176

Содержание в естественной смеси 2.59%. ($T_{1/2}=4.08\text{E}+10$ лет).

Имеется единственная полная оценка нейтронных данных Райта и Леонард-Стюарта (R.Q. Wright, Leonard-Stewart), принятая в библиотеках ENDF/B-VIIb2 и JEFF-3.1. В других библиотеках полных файлов для этого нуклида не содержится.

2. Тепловая и резонансная области

В табл. 1 тепловые сечения сравниваются с рекомендацией Мухабхаба².

Табл. 1. Тепловые сечения и резонансные интегралы захвата

	$\sigma(0.0253\text{эВ})$	RI
JEFF-3.1	2098.2	921.1
Мухабхаб-03 ³	2090. \pm 70.	1087. \pm 40.

Область разрешенных резонансов содержит 59 резонансов выше энергии связи нейтрона и одно связанное состояние. Максимальная энергия – 135.4 эВ. Граница области - 102 эВ. Все резонансы идентифицированы как s-резонансы. Их параметры приняты в соответствии с рекомендацией Мухабхаба¹ (резонансам, спины которых определены не были, эти спины приписаны составителями оценки).

На рис.1 приведена нарастающая сумма резонансов. На рис. 2 показана нарастающая сумма приведенных нейтронных ширин. Из Рис. 1 можно заключить, что заметного пропуска резонансов нет: их сумма нарастает практически линейно. Однако, сумма приведенных ширин (рис.2) ведет себя неравномерно.

² S.F.Mughabghab. Thermal neutron Capture Cross Sections, Resonance Integrals and g-Factors. INDC (NDS)-440, Feb.2003.

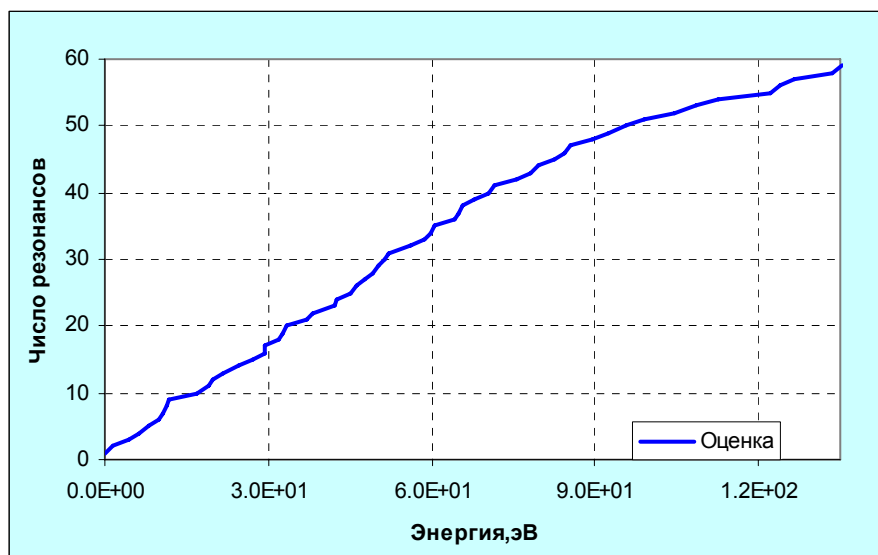


Рис.1. Нарастающая сумма числа резонансов

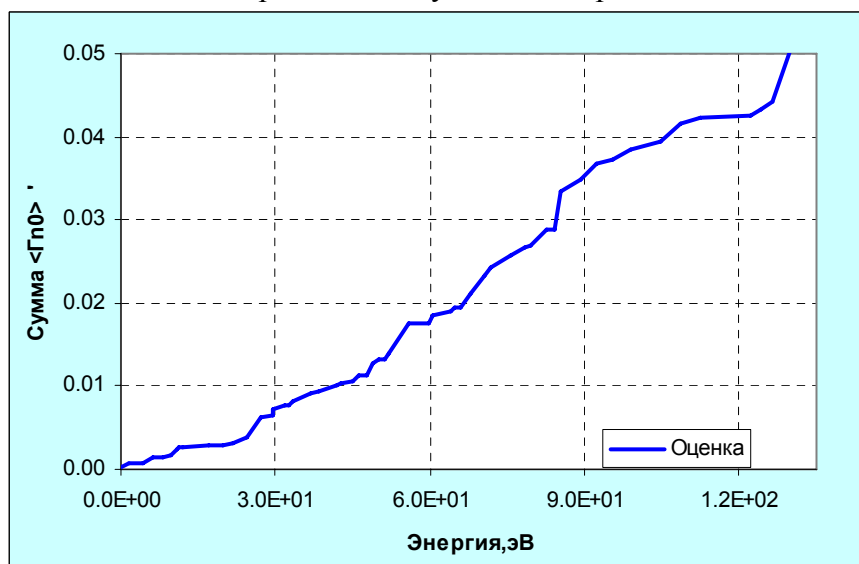
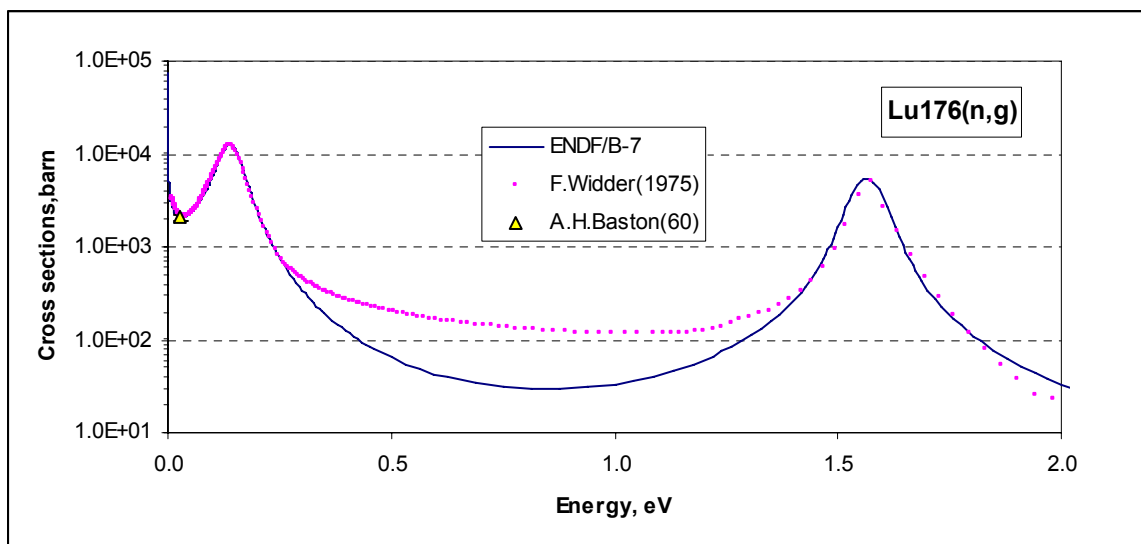


Рис.2. Нарастающая сумма приведенных нейтронных ширин

Область неразрешенных резонансов простирается до 10 кэВ. В ней даются средние параметры s- и p-резонансов.

Ниже на рис.3(a,b) приведены экспериментальные данные по сечению захвата в сравнении с оценкой. В тепловой области данные эксперимента F.Widder(1975), кроме промежуточной области между резонансами, идеально совпадают с оцененными значениями. В тепловой точке – экспериментальный результат A.Y.Baston(1960) не противоречит расчетному значению. В области неразрешенных резонансов экспериментальных данных нет.



На рис.3а. Экспериментальные данные по сечению захвата в сравнении с оценкой

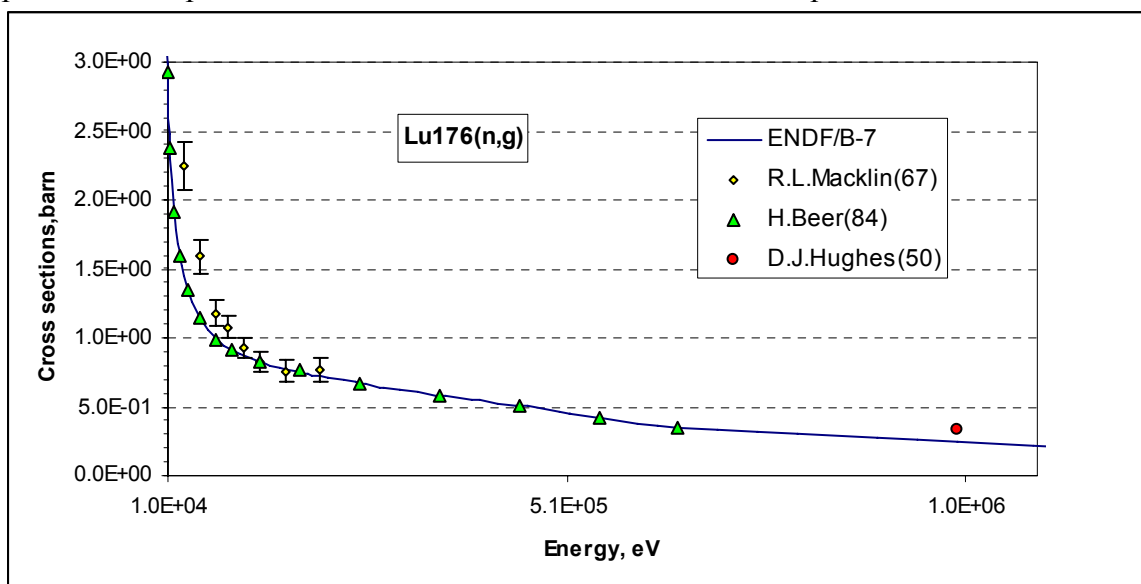


Рис.3b. Сечение захвата

Далее, за границей неразрешенных резонансов (10 кэВ) экспериментальные данные находятся в согласии с расчетными. В точке 1 МэВ приведет давнишний эксперимент D.J.Hughes(50), поскольку в EXFOR более поздних данных нет. Также отсутствуют экспериментальные данные при высоких энергиях.

Заключение

Принять в РОСФОНД оценку Райта и Леонард-Стюарта. Включить в нее файл MF=9 с секцией MT=17, описывающую вероятность образования долгоживущего изомера ^{174}Lu , и с секцией MT=102 с вероятностями образования основного и изомерного состояний лутеция -177, используя данные из EAF-2003.

71.10. Лютеций-177

Радиоактивен ($T_{1/2}=160.4$ д.). Испытывает β^- - распад в стабильный ^{177}Hf . В реакторах может образовываться за счет реакций $^{176}\text{Lu}(n,\gamma)$.

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации нет.

Оцененные тепловое сечение и резонансный интеграл захвата:

$\sigma_c=1018.5$ барн; $RI= 92968$ барн.

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=8 опустить. В файле MF=10 сохранить только секцию MT=4.

Файлу присвоить MAT=7177.

Автор заключения

Забродская С.В.

71.11. Лютеций-177-m

Долгоживущий изомер ($T_{1/2}=6.734$ дн.). Испытывает β^- - распад в метастабильное состояние $^{177}\text{HF}(T_{1/2}=51.4 \text{ мин.})$ с вероятностью 79%, остальное - это изомерный переход в основное состояние ^{177}HF . В реакторах может образовываться за счет реакций $^{176}\text{Lu}(n,\gamma)$.

Полных наборов оцененных нейтронных не имеется. Оценки нейтронных сечений, выполненные путем теоретических расчетов, содержатся в библиотеке EAF-2003. Экспериментальных данных для их валидации нет.

Оцененные тепловое сечение и резонансный интеграл захвата:

$\sigma_c=0.055$ барн; $RI= 1.4089$ барн.

Заключение

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащихся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Файл MF=8 опустить. Секцию MT=4 из файла MF=3 перенести в MF=10.

Файлу присвоить MAT=7187.

Автор заключения

Забродская С.В.