

79. ЗОЛОТО

79.1. Золото-194

Радиоактивно ($T_{1/2}=38.0$ ч.). Распадается путем захвата орбитального электрона в стабильную платину-194. Возможные пути образования в реакторе - тройная реакция $^{197}\text{Au}(n,2n)^{196}\text{Au}(n,2n)^{195}\text{Au}(n,2n)^{194}\text{Au}$ (пара этих реакций может быть заменена реакцией $(n,3n)$ или $^{196}\text{Hg}(n,t)^{194}\text{Au}$. Может представлять интерес как источник долгоживущей ($T_{1/2}=50.0$ г.) платины-193, которая образуется в реакции $^{194}\text{Au}(n,d)$.

Полные файлы нейтронных данных для этого изотопа неизвестны. Оценка нейтронных сечений содержится в библиотеке EAF. Экспериментальные данные для их проверки отсутствуют.

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. Данные об образовании изомеров ^{193}Pt и ^{192}Ir занести в файл MF=9. Файл MF=10 опустить.

Файлу присвоить MAT=7994.

Автор заключения

Николаев М.Н.

79.2. Золото-195

Радиоактивно ($T_{1/2}=186.1$ д.). Распадается путем захвата орбитального электрона в стабильную платину-195. Возможные пути образования в реакторе - двойная реакция $^{197}\text{Au}(n,2n)^{196}\text{Au}(n,2n)^{195}\text{Au}$ (пара этих реакций может быть заменена реакцией $(n,3n)$) или $^{196}\text{Hg}(n,d)^{195}\text{Au}$. Может представлять интерес как источник долгоживущей ($T_{1/2}=50.0$ г.) платины-193, которая образуется в реакции $^{195}\text{Au}(n,t)$ или $^{195}\text{Au}(n,nd)$.

Полные файлы нейтронных данных для этого изотопа неизвестны. Оценка нейтронных сечений содержится в библиотеке EAF. Экспериментальные данные для их проверки отсутствуют.

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. Данные об образовании изомеров ^{193}Pt , ^{195}Pt , ^{192}Ir , ^{194}Ir занести в файл MF=9. Файл MF=10 опустить.

Файлу присвоить MAT=7995.

Автор заключения

Николаев М.Н.

79.3. Золото-196

Радиоактивно ($T_{1/2}=6.2$ дн.). Распадается путем захвата орбитального электрона в стабильную платину-196 или (7.2%) путем бета-распада в стабильную ртуть-196. Возможные пути образования в реакторе - реакция $^{197}\text{Au}(n,2n)^{196}\text{Au}$ или $^{196}\text{Hg}(n,p)^{196}\text{Au}$. Полные файлы нейтронных данных для этого изотопа неизвестны. Оценка нейтронных сечений содержится в библиотеке EAF. Экспериментальные данные для их проверки отсутствуют.

Заключение.

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, содержащиеся в EAF в файле MF=10, сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Данные об образовании изомеров ^{195}Pt и ^{193}Ir , ^{192}Ir , ^{194}Ir занести в файл MF=9. Файл MF=10 опустить.

Файлу присвоить MAT=7994.

Автор заключения

Николаев М.Н.

79.4. Золото-197

Содержание в естественной смеси: 100%.

Спин основного состояния: $3/2^+$.

1. Файлы оцененных данных

Захват нейтронов в золоте является реакцией, используемой в качестве стандарта в измерениях нейтронных сечений. Координированная исследовательская программа МАГАТЭ по оценке международных стандартов в ноябре 2005 года распространила новую оценку сечения этой реакции, которая была принята в качестве международного стандарта.

Файл ^{197}Au в библиотеках JENDL-3.3, JEFF-3.0 и BROND-2 взят из библиотеки ENDF/B-VI. Независимую оценку представляет CENDL-2. Однако и в этой библиотеке захвата взято из ENDF/B-VI, которое до энергии нейтронов в 2.8 МэВ представляет собой сечение, рекомендованное группой по стандартам в 1991 году. На рисунке 1 показано сравнение полного сечения, сечений упругого и неупругого рассеяния из библиотеки CENDL-2 с сечениями из библиотеки ENDF/B-VI (JENDL-3.3, JEFF-3.0 и BROND-2). Очевидно, что отличия сечений в библиотеке CENDL-2 (к примеру, в полном неупругом рассеянии при энергии выше 14 МэВ) не приводят к улучшению оценки. Поэтому в дальнейшем, мы проведем сравнение экспериментальных данных с оценкой ENDF/B-VI и ENDF/B-VIIb2, отличающейся от ENDF/B-VI только сечением стандартной реакции $^{197}\text{Au}(n,\gamma)$.

2. Тепловая и резонансная области.

Сравнение сечений в тепловой точке и резонансного интеграла захвата в последних оценках приведено в таблице 1. На рисунках 1 - 3 показаны результаты статистического анализа распределения уровней и нейтронных ширин уровней в области разрешённых резонансов при энергии ниже 5 кэВ с помощью программы REBUS. Все эти резонансы

относятся к s- волне. Существенного пропуска резонансов анализ не показывает. Вклад р- и d- резонансов в сечения мал из-за малой нейтронной ширины этих резонансов. Область неразрешённых резонансов отсутствует и выше 5 кэВ сечение задано как гладкое, что возможно, затруднит оценку самоэкранировку сечения (имеющего, несомненно, резонансную структуру в этой области) в толстом образце. Однако, в экспериментах практически всегда используются достаточно тонкие образцы и этот недостаток, в большинстве случаев, оказывается несущественным. В целом, оценка в области разрешённых резонансов может рассматриваться как удовлетворительная.

Таблица 1. Сечения при энергии 0.0253 эВ и резонансный интеграл захвата. Все сечения даны в барнах.

Оценка	Полное	Упругое	Захват	Резонансный интеграл захвата
ENDF/B-VIIb2	106.57	7.91	98.66	1569.
Мугхабгхаб (2006)			98.65±0.09	1550±28
Стандарт (2006)			98.66±0.14	

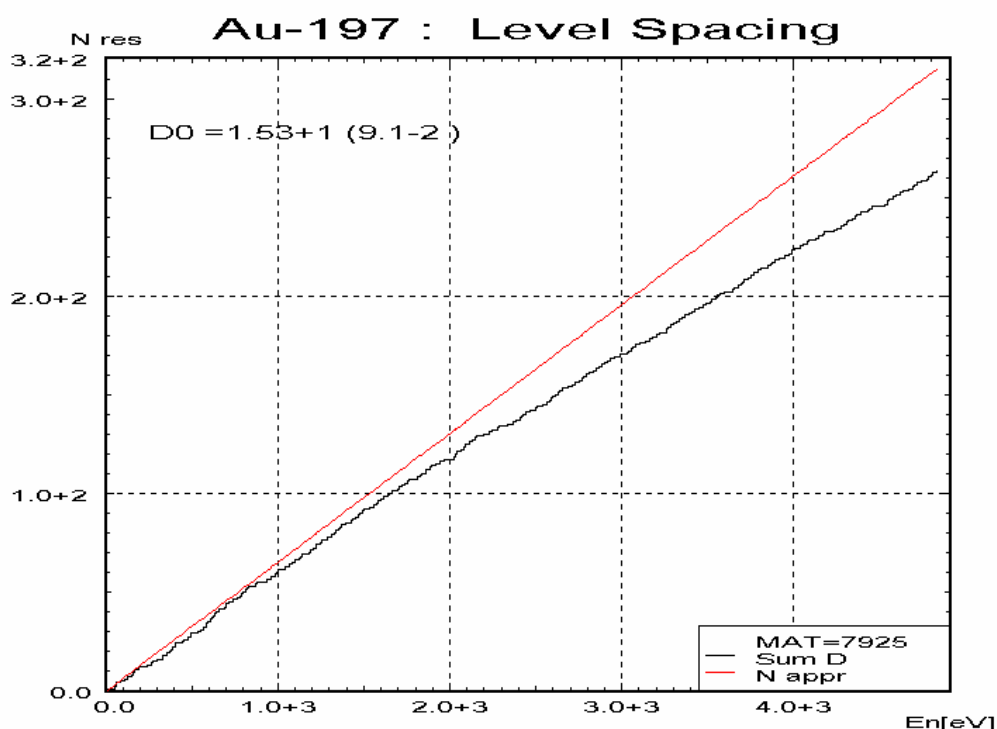


Рис. 1. Нарастающая сумма числа уровней для s- резонансов в библиотеке ENDF/B-VIIb2 в сравнении с результатом статистического анализа программой REBUS.

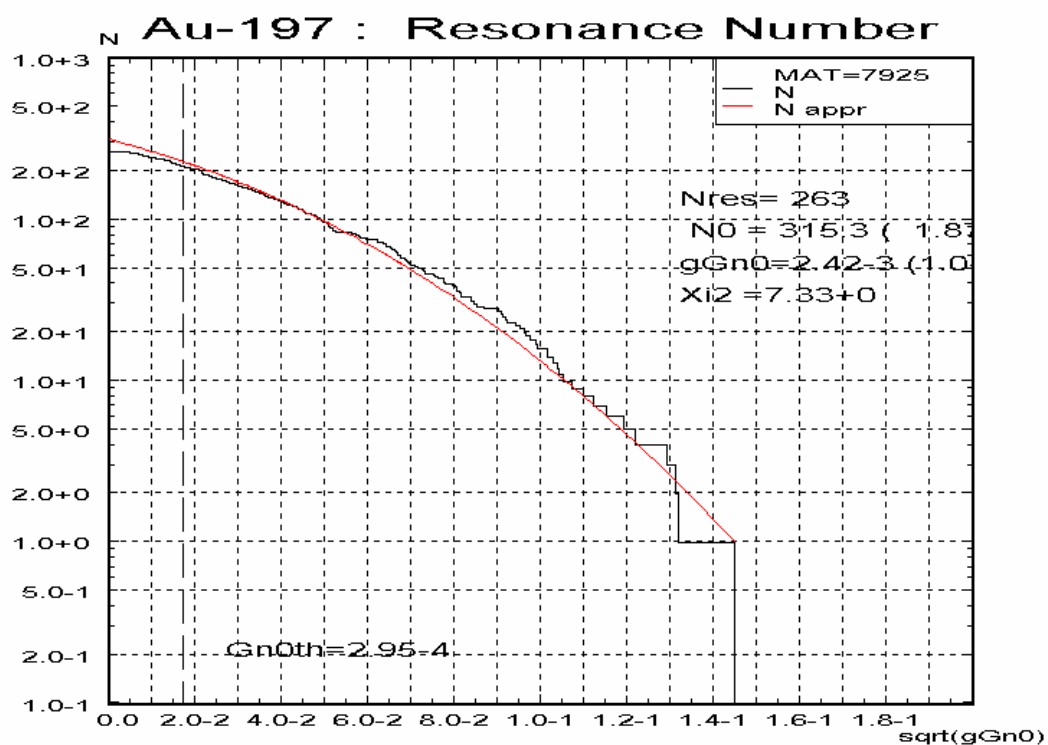


Рис. 2. Распределение приведённых нейтронных ширин из библиотеки ENDF/B-VIIb2 в сравнении с результатом их статистического анализа программой REBUS (распределение Портера-Томаса).

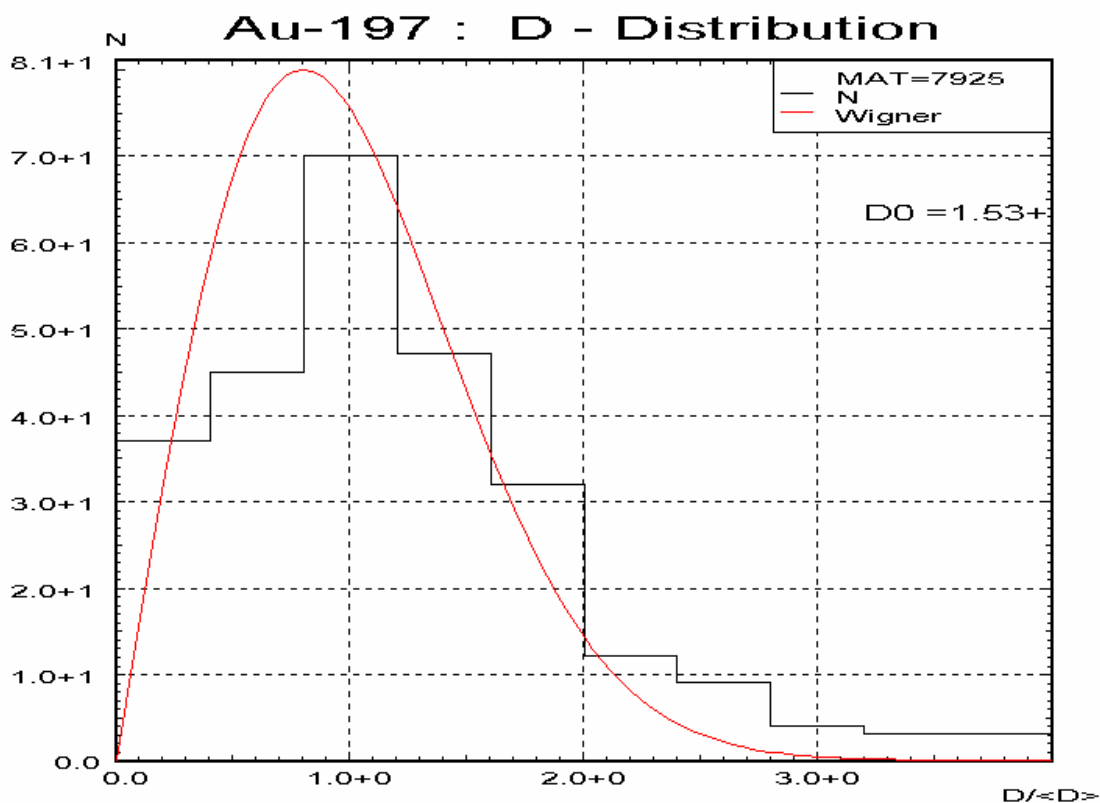


Рис. 3. Распределение расстояний между уровнями из библиотеки ENDF/B-VIIb2 в сравнении с результатом их статистического анализа программой REBUS (распределение Вигнера).

3. Область быстрых нейтронов

Область энергий нейтронов, в которой сечение представлено как гладкая функция энергии, начинается с 5 кэВ. На рисунках 4 - 7 показано сечение захвата для области энергий до 2.8 МэВ, где оно используется как стандарт и поэтому включено в ENDF/B-VIIb2 из файла стандарта. Сечение захвата существенно отличается от экспериментальных данных Маклина, часто используемого другими экспериментаторами как “стандарт”, относительно которого проводятся измерения. Основная причина различия, - серьезные проблемы в оценке эффективности гамма-детектора, использовавшегося Маклином, из-за его сильной чувствительности к форме спектра регистрируемых гамма-квантов. Большие поправки, связанные с этой зависимостью, оценивались неточно, неоднократно пересматривались, что приводило к переоценке абсолютных сечений.

На рисунках 8 и 9 показано сравнение полного сечения и сечения реакции (n,2n) из библиотеки ENDF/B-VIIb2 с имеющимися экспериментальными данными. Возможно, что сечение реакции (n,2n) является несколько завышенным при энергии выше 14 МэВ.

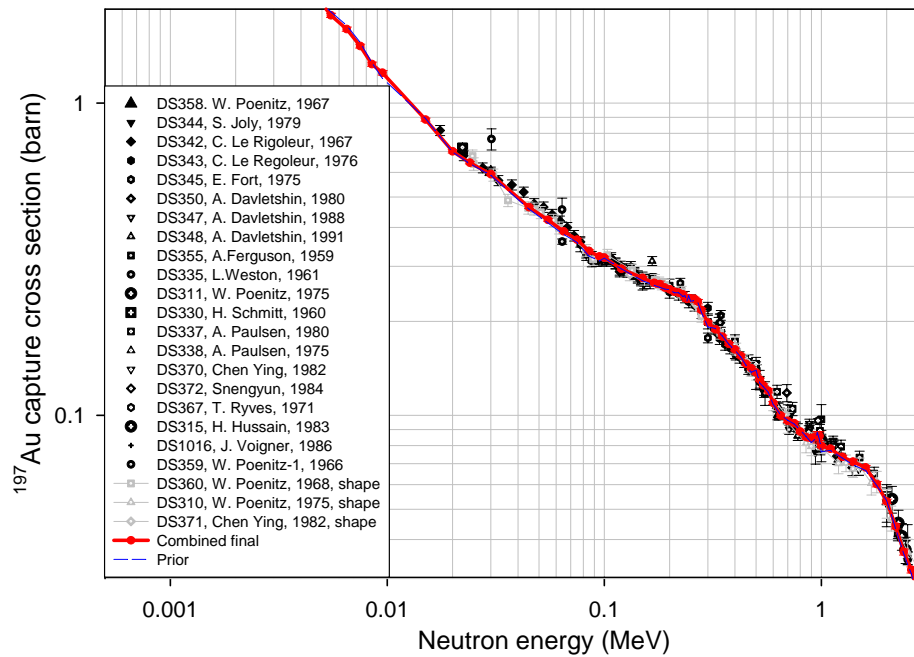


Рис. 4. Сечение захвата из библиотеки ENDF/B-VIIb2, показанное на рисунке сплошной толстой красной кривой (“combined final”) в сравнении с экспериментальными данными и оценкой ENDF/B-VI (пунктирная кривая, “prior”).

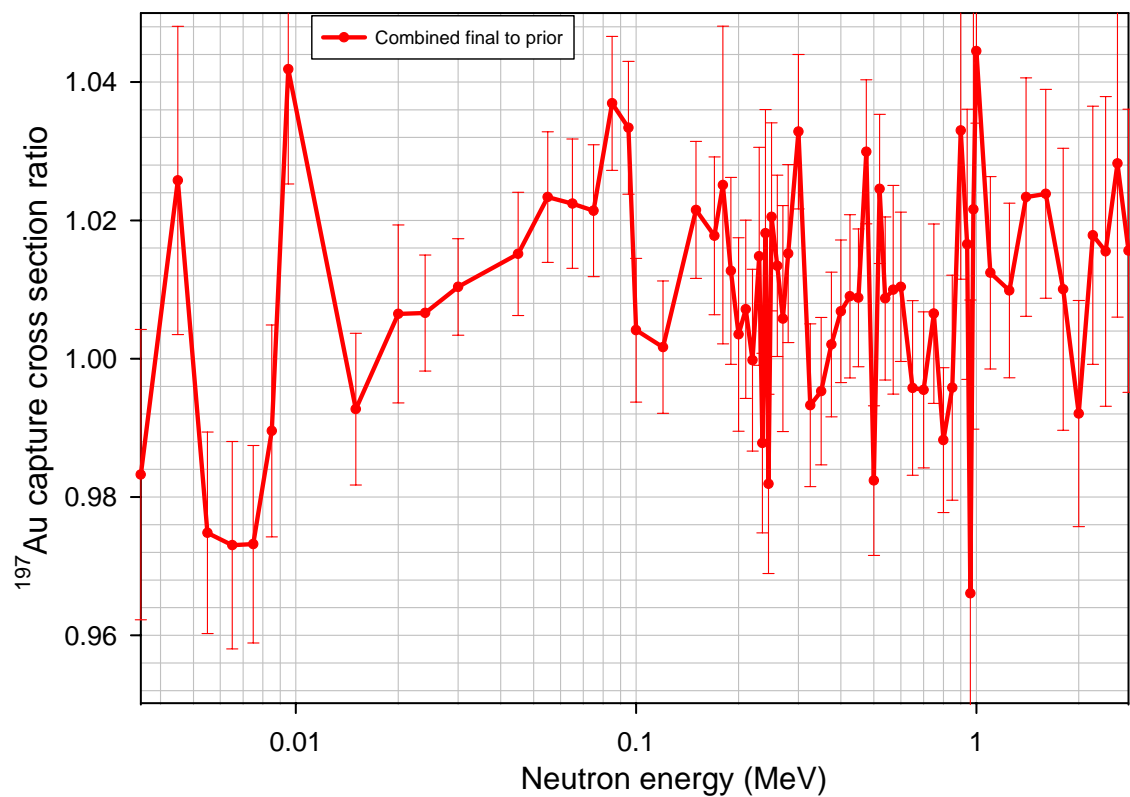


Рис. 5. Отношение сечения захвата из библиотеки ENDF/B-VIIb2 к оценке ENDF/B-VI. Приведённая ошибка – погрешность оценённого стандарта.

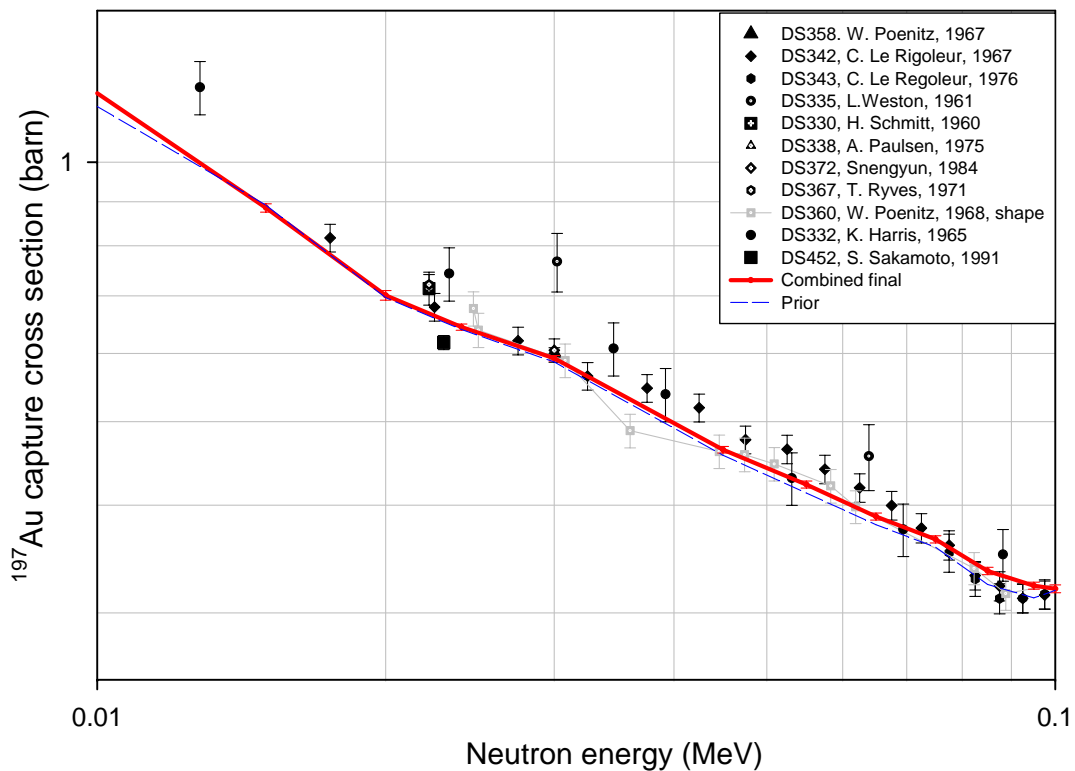


Рис. 6. Тоже что на рисунке 4 но для интервала энергий 0.01 – 0.1 МэВ.

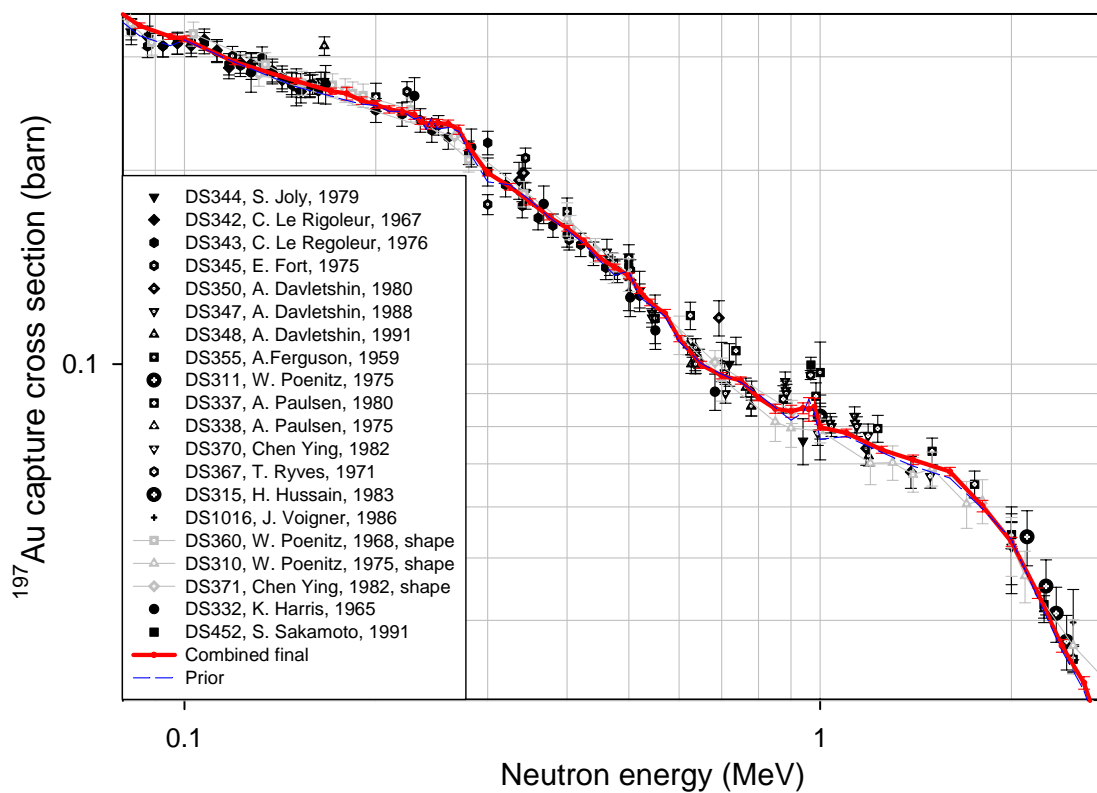


Рис. 7. Тоже что на рисунке 4 но для интервала энергий 0.1 – 2.8 МэВ.

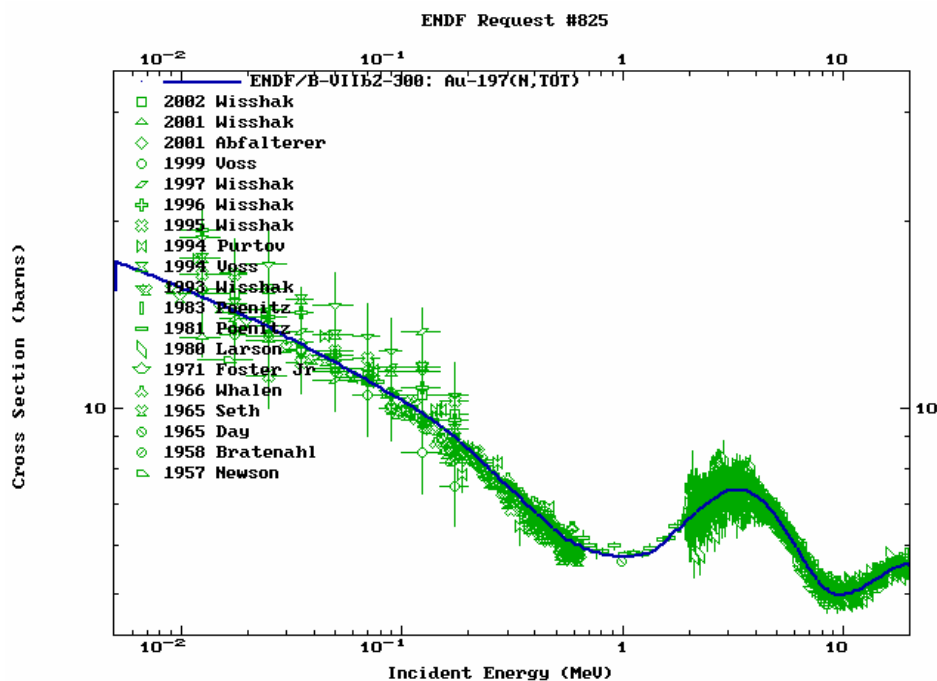


Рис. 8. Сравнение полного сечения из библиотеки ENDF/B-VIIb2 с имеющимися экспериментальными данными.

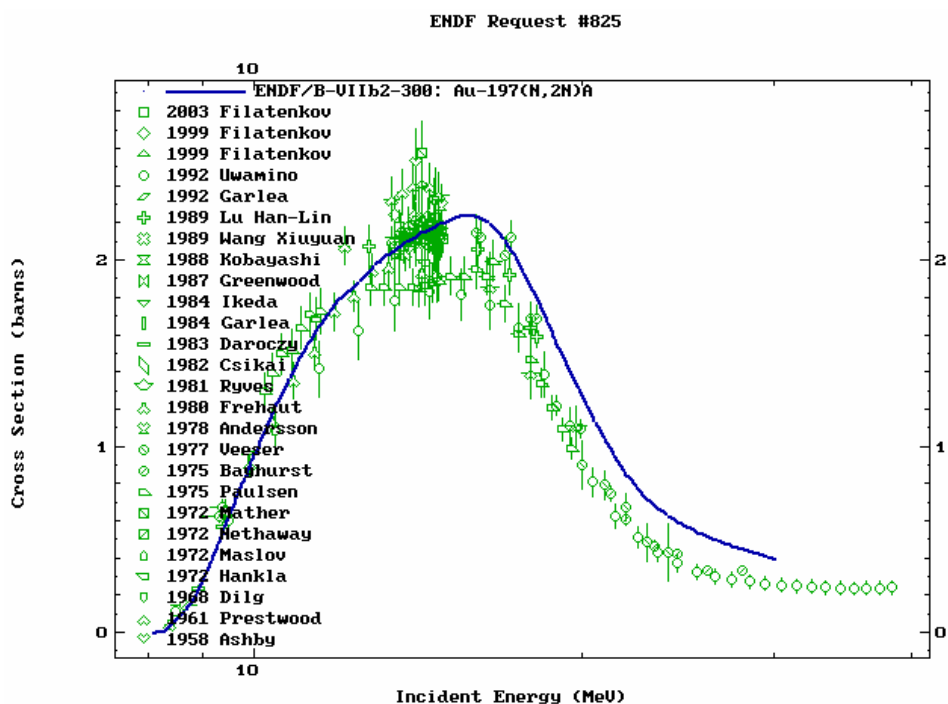


Рис. 8. Сравнение сечения (n,2n) из библиотеки ENDF/B-VIIb2 с имеющимися экспериментальными данными.

4. Заключение

Файл ^{197}Au из библиотеки ENDF/B-VIIb2 может быть рекомендован для включения в библиотеку РОСФОНД. Область представления данных следует сократить до 20 МэВ, в связи с чем данные о реакции (n,4n) удалить. Целесообразно дополнить файл данными о

сечениях реакций (n,t) и (n,nd) в результате которых образуется долгоживущий (4.02 дн.) изомер платины-195. Следует также ввести файл MF=9 с данными об образовании упомянутого изомера, изомерного состояния ^{198}Au при радиационном захвате и изомера ^{194}Ir (в реакции (n, α)). Необходимые данные взять из EAF-2003.

Авторы заключения

Проняев В.Г. и М.Н. Николаев (образование изомеров)

79.5. Золото-198g

Радиоактивно ($T_{1/2}=2.6943$ дн.). Испытывает бета-распад в стабильную ртуть-198. Используется для регистрации радиационного захвата в золоте (сечение этого процесса хорошо известно и рекомендовано в качестве стандарта).

Полные файлы нейтронных данных для этого изотопа неизвестны. Оценка нейтронных сечений содержится в библиотеке EAF. Экспериментально несколькими авторами измерено сечение радиационного захвата тепловых нейтронов, которое весьма велико – см. табл.1.

Таблица 1. Сечение захвата тепловых нейтронов по разным данным

Автор	год	Значение при 0.0253эВ
P.Sherk	1951	38 000
R.E.Bell	1955	26 000±1200
F.Simpson ^{*)}	1963	25 600±12 800
M.J.Cabell	1969	25 102±371
V.Serment	1970	28 300
E.M.Gryntakis	1976	26736±850
S.Mughabghab	1984	25100±370
EAF-2003		28 338

^{*)} Измерение полного сечения

В свете экспериментальных данных, представленных в таблице, оцененное в УФА-2003 сечение представляется несколько завышенным. Отмечая это, мы не считаем необходимым вносить в оценку изменения поскольку трудно представить себе ситуацию, в которой различие между оценками имело бы какое-либо практическое значение.

Заключение.

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, представленные в файле MF=10 сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Ввести файл MF=9 с данными об образовании иридия-194m.

Файлу присвоить МАТ=7998.

Автор заключения

Николаев М.Н.

79.6. Золото-198m

Радиоактивно ($T_{1/2}=2.30$ дн.). Испытывает изомерный переход в основное состояние.

Полные файлы нейтронных данных для этого изотопа неизвестны. Оценка нейтронных сечений содержится в библиотеке EAF. Экспериментальные данные о сечениях отсутствуют.

Заключение.

Включить в РОСФОНД файл данных из EAF-2003. Парциальные сечения всех реакций, представленные в файле MF=10 сложить по подсекциям и суммы занести в соответствующие секции файла MF=3. Ввести файл MF=9 с данными об образовании иридия-194m. Сечение перехода в основное состояние переместить из файла MF=3 в файл MF=10.

Файлу присвоить MAT=7918.

Автор заключения

Николаев М.Н.

79.7. Золото-199

Радиоактивно ($T_{1/2}=3.139$ дн.). Испытывает бета распад в стабильную платину-199.

Полные файлы нейтронных данных для этого изотопа неизвестны. Оценка нейтронных сечений содержится в библиотеке EAF. Экспериментальные данные для их проверки отсутствуют.

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. Сформировать файл MF=9 с секцией MT=16, содержащей вероятности образования золота-197 в основном и метастабильном состояниях. Файл MF=10 опустить.

Файлу присвоить MAT=7999.

Автор заключения

Николаев М.Н.