

4



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

4575/2-80

22/9-80

P3-80-394

**В.П.Алфименков, С.Б.Борзаков, Я.Вежбицки,
А.М.Говоров, Л.Б.Пикельнер, Э.И.Шарапов**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ
ПОЛНОГО СЕЧЕНИЯ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕЙТРОНОВ С ЯДРАМИ ^3He
В ИНТЕРВАЛЕ 0,025-250 эВ**

Направлено на V конференцию
по нейтронной физике, Киев

1980

Сечение взаимодействия нейтронов с ядрами гелия-3 относится к числу стандартов^{/1/}, т.е. сечений, плавно меняющихся в широком диапазоне энергий и известных с хорошей точностью. Однако последнему требованию удовлетворяют измерения полного сечения^{/2/} и сечения рассеяния^{/3/} лишь в тепловой области. Данные же о сечениях в интервале энергий 10 эВ-10 кэВ вплоть до последнего времени были очень бедны. Единственный экспериментальный результат^{/4/} для сечения поглощения /реакции ${}^3\text{He}(n,p)$ / был получен из отношения сечений ${}^3\text{He}(n,p)$ - и ${}^3\text{Li}(n,\alpha)$ -реакций.

В настоящем докладе сообщаются результаты измерений полного сечения взаимодействия нейтронов с ядрами ${}^3\text{He}$ в интервале энергий 0,025-250 эВ. Измерения выполнены методом времени пролета на импульсном реакторе ИБР-30. Пролетная база до детектора составляла $115,51 \pm 0,05$ м при измерениях в тепловой области энергий /реакторный режим/ и $57,72 \pm 0,03$ м - в резонансной области /бустерный режим работы реактора совместно с ускорителем электронов ЛУЭ-40/. В качестве мишеней использовались газовые образцы в цилиндрических контейнерах из нержавеющей стали диаметром 50 мм и длиной $590,3 \pm 0,05$ мм. Рабочее давление при температуре 22°C составляло $100,59 \pm 0,02$, $49,86 \pm 0,05$, $50,28 \pm 0,05$ Торр в образцах для тепловой области энергий и $751 \pm 0,2$ Торр в образце для резонансной области. Контейнеры подвергались высоковакуумной откачке при нагреве до 150°C и имели натекание не больше $4 \cdot 10^{-6}$ Торр/час. ${}^3\text{He}$ для мишеней очищался с помощью криогенно-сорбционных ловушек. Примесь ${}^4\text{He}$ в использовавшихся образцах ${}^3\text{He}$ составляла $1,7 \pm 0,1\%$ и определялась путем масс-анализа на электростатическом ускорителе ЭГ-5. Определенные с учетом этого толщины газовых образцов равнялись $1,906 \cdot 10^{20}$, $0,945 \cdot 10^{20}$, $0,970 \cdot 10^{20}$ и $1,421 \cdot 10^{21}$ ядер ${}^3\text{He}$ на см^2 .

Измерения с газовым образцом и без него автоматически чередовались через 10 минут. Во время измерений без образца в пучок вводился вакуумный контейнер, тождественный по пропусканию контейнеру с образцом в пределах 0,02%. Пример экспериментальных спектров, полученных в резонансной области энергий с образцом /1/ и без образца /2/ показан на рис.1.

Нижняя шкала соответствует времени пролета нейтронов /каналы шириной 2 мкс/, верхняя шкала - энергии нейтронов в эВ. Время набора статистики для каждого спектра равно 29 часам.

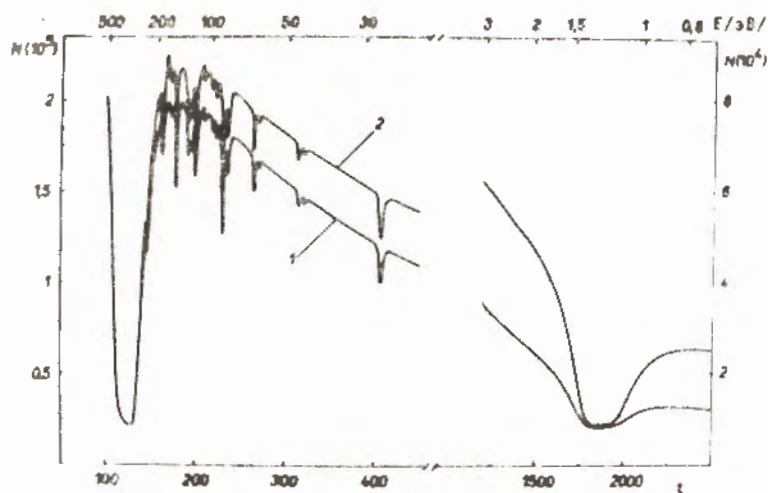


Рис.1. Экспериментальные спектры с образцом /1/ и без образца /2/, полученные в измерениях пропускания гелия-3 в резонансной области энергий нейтронов.

В этих измерениях в пучке постоянно находились фоновые резонансные фильтры Mn /337 эВ/, Rh /1,26 эВ/, Cd /0,178 эВ/. Энергетический ход кривой фона определялся в отдельном измерении с дополнительными фильтрами Br /35,8 эВ/, Ag /5,2 эВ/, Co /132 эВ/. Из измерений пропускания получено полное сечение σ_t , показанное на рис.2.

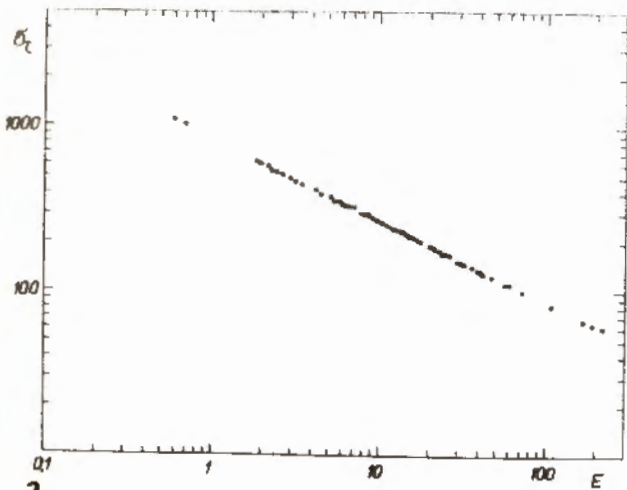


Рис.2. Полное сечение взаимодействия нейтронов с ядрами гелия-3 σ_t /в барнах/ в зависимости от энергии нейтронов E / в эВ/.

Точность экспериментальных точек σ_t составляет 0,5% в начале энергетического диапазона /при $E = 2$ эВ/ и около 2% в конце его.

Измерения с тепловыми нейтронами охватывали область энергий 0,02-0,17 эВ. Фон здесь определялся экстраполяцией отсчета детектора во временных каналах между нейтронными вспышками на исследуемую область, где он не превышал 2% от максимума экспериментального спектра. Данные по отдельным энергетическим участкам спектра обрабатывались по методу наименьших квадратов для получения величины $(\sigma_a \sqrt{E})_T$. Средний по трем образцам результат составил /в пренебрежении σ_n /:

$$(\sigma_a \sqrt{E})_T = 848,6 \pm 1,2 \text{ б} \cdot \text{эВ}^{1/2}.$$

Это значение соответствует величине сечения в "тепловой" точке, равной

$$\sigma_a(2200 \text{ м/с}) = 5337 \pm 8 \text{ б},$$

согласующейся с ранее известной:

$$5327 \pm 10 \text{ б}^{1/2}.$$

Полученные значения полных сечений представлены на рис.3 в виде зависимости величины $\sigma \sqrt{E}$ /точки/ от энергии. Пунктирная кривая соответствует учету только сечения поглощения σ_a , отклонение которого от закона $1/\sqrt{E}$ в исследованном диапазоне энергий может быть, как показано в /4/, представлено в виде

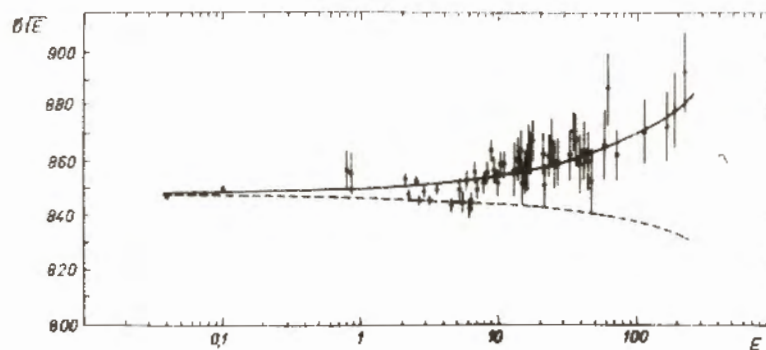


Рис.3. Величины $\sigma \sqrt{E}$ / в единицах барн.эВ^{1/2} / в зависимости от энергии нейтронов E / в эВ/. Пояснения в тексте.

$$\sigma_a \sqrt{E} = (1 + 4,6 \cdot 10^{-2} \sqrt{E_{\text{кэВ}}})^{-1} \cdot (\sigma_a \sqrt{E})_T. \quad /1/$$

Это отклонение составляет заметную / $\approx 2\%$ / величину уже при энергии 200 эВ. К сожалению, оно не было учтено в работе /5/, в которой измерялось отношение $\text{BF}_3(\text{n}, \alpha)$ - и ${}^3\text{He}(\text{n}, \text{p})$ -сечений и был сделан вывод о влиянии молекулярной связи атомов на нейтронное сечение.

Отклонение экспериментальных точек на рис.3 от пунктирной кривой носит систематический характер. Оно естественно объясняется возрастанием относительного вклада сечения рассеяния σ_n в полное сечение σ_t в соответствии с выражением:

$$\sigma_t \sqrt{E} = \sigma_n \sqrt{E} + \sigma_a \sqrt{E}. \quad /2/$$

Таким образом, из энергетической зависимости полного сечения, используя данные об отклонении сечения σ_a от закона $1/V$, можно получить величину сечения рассеяния. Описание экспериментальных точек рисунка 3 формулой /2/, в которой величина $\sigma_a \sqrt{E}$ определяется формулой /1/, показано в виде сплошной кривой, параметрами которой найдены равными:

$$(\sigma_a \sqrt{E})_T = 848,0 \pm 0,46 \cdot \text{эВ}^{1/2},$$

$$\sigma_n = 3,3 \pm 0,2 \text{ б.}$$

Эти значения находятся в хорошем согласии с результатами измерений $\sigma_t^{1/2}$ и $\sigma_n^{1/3}$ в тепловой области энергий. Представляет интерес расширение исследуемого диапазона энергий нейтронов вплоть до нескольких сотен кэВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hale G.M., Stewart L., Young P.G. Light Element Standard Cross Sections for ENDF/B, 1976, LA-6518-MS, Los Alamos.
2. Als-Nielsen J., Dietrich O. Phys.Rev., 1964, v.133B, p.925.
3. Алфиенков В.П. и др. ЯФ, 1977, т.25, с.1145.
4. Шапиро Ф.Л. Труды ФИАН им. П.Н.Лебедева, 1964, т.24, с.48; Бергман А.А. и др. ЖЭТФ, 1957, т.33, с.9.
5. Bowman C.D. et al. Bull.Americ.Phys.Soc., 1979, v.24, p.864.

Рукопись поступила в издательский отдел
6 июня 1980 года.