

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ${}^7\text{Be}(n, p){}^7\text{Li}$
В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИИ НЕЙТРОНОВ ОТ 0,025 ДО 500 эВ

Ю.М.Гледенов, Т.С.Зварова, М.П.Митриков, Р.С.Митрикова,
Ю.П.Попов, В.И.Салацкий, Фунг Ван Зуан

Проведено первое измерение энергетической зависимости сечения реакции ${}^7\text{Be}(n, p){}^7\text{Li}$. Использована нестандартная методика идентификации низкоэнергетических заряженных частиц на основе ионизационной камеры с двумя сетками. Получены значение теплового сечения и ход сечения исследуемой реакции в области энергий нейтронов E_n вплоть до 0,5 кэВ. Показано, что при $E_n < 140$ эВ сечение подчиняется закону $1/v$, где v - скорость нейтронов. В области $E_n = 140 \div 200$ эВ в двух независимых измерениях наблюдалось отклонение сечения от кривой $1/v$, которое можно интерпретировать как указание на наличие узкого резонанса на нейтронах с отличным от нуля орбитальным моментом. Вопрос о резонансе, определяющем большое $5 \cdot 10^4$ б/ тепловое сечение, остается пока открытым.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

On the Study of the ${}^7\text{Be}(n, p){}^7\text{Li}$ Reaction
in the Neutron Energy Range from 0.025 to 500 eV

Gledenov Yu.M. et al.

The first measurement of the energy dependence of the ${}^7\text{Be}(n, p){}^7\text{Li}$ reaction cross section has been carried out using a non-standard procedure of identification of low energy charged particles with the ionization chamber with two grids. As a result there were obtained the thermal cross section and the energy dependence of investigated reaction cross section in the neutron energy range up to 0.5 keV. It was shown that at neutron energies below 140 eV the cross section followed the $1/v$ law, where v was the neutron velocity. Two independent series of measurements have revealed a deviation from the $1/v$ law in the region $E_n = 140 \div 200$ eV which might have probably been ascribed to the presence of a narrow resonance on neutrons with orbital momenta different from zero. The question about the resonance responsible for the large ($5 \cdot 10^4$ b) thermal cross section remains still open.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

1. Введение

В рамках нашей программы исследований реакции (n, p) на нейтронодефицитных ядрах ^{1,2/} были проведены измерения сечения реакции (n, p) на радиоактивном ядре-мишени ⁷Be. До сих пор на этом ядре были получены лишь сечения реакций ⁷Be (n, p) ⁷Li, ⁷Be (n, α) ⁴He и ⁷Be (n, γ) ⁴He на тепловых нейтронах ^{3-6/}, либо эта область возбуждений составного ядра ⁸Be изучалась с помощью протонных реакций на ядре ⁷Li ^{6-10/}.

Исследования энергетической зависимости сечения реакции ⁷Be (n, p) ⁷Li были недавно начаты на новом светосильном спектрометре на базе протонного накопительного кольца в Лос-Аламосе ^{11/}, но физические результаты пока не опубликованы.

В настоящей работе приведены полученные впервые результаты исследования реакции ⁷Be (n, p) ⁷Li на медленных нейтронах в области энергий от 0,025 до 500 эВ. Эксперимент был выполнен на 30-метровой пролетной базе реактора ИБР-30, который работал в бустерном режиме при средней мощности 13 кВт и частоте нейтронных импульсов 100 с⁻¹.

2. Методика эксперимента

Измерение было проведено на основе описанной в работе ^{12/} методики идентификации низкоэнергетичных заряженных частиц. В качестве детектора использовалась двухсекционная ионизационная камера, состоящая из двух идентичных ионизационных камер с двумя сетками /ИКС/ с общим высоковольтным электродом. Использование дополнительной сетки позволяет выделить протоны от фоновых частиц другой природы / α -частицы и электроны/. На поверхности высоковольтного электрода нанесены с одной стороны мишень ⁶Li₂CO₃, а с другой - мишень из ⁷Be активностью 2,2·10⁸ Бк. Последняя была приготовлена из раствора BeCl₂, выпаренного на 50 мкм подложке из лавсана. Сверху вещество мишени покрыто пленкой из макрофоли толщиной 4 мкм, полностью поглощающей все альфа-частицы из реакции ⁶Li (n, t) ⁴He и ¹⁰B (n, α) ⁷Li на микропримесях изотопов ⁶Li и ¹⁰B в веществе мишени. Мишени были расположены перпендикулярно к коллимированному нейтронному пучку 60x40 мм. Давление рабочего газа /Ar + 3,5% CO₂/ в камере выбиралось так, чтобы пробег протонов из реакции ⁷Be (n, p) ⁷Li, а также тритонов из реакции ⁶Li (n, t) ⁴He укладывался в объеме между мишенью и экраняющей сеткой. Характеристики детектора приведены в рабо-

те^{12/}. Калибровка сигналов ИКДС по энергии проводилась с помощью убирающегося уранового альфа-источника и литиевой мишени. Энергия падающих нейтронов определялась по методу времени пролета. Были проведены три независимые серии измерений:

а/ в нейтронный пучок был поставлен только кадмиевый фильтр;

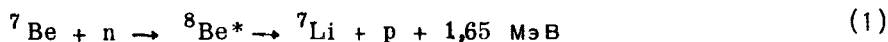
б/ наряду с кадмиевым стояли еще алюминиевый /толщиной 6 см/ и индиевый фильтры;

в/ без фильтра.

Последняя серия использовалась для определения теплового сечения реакции ${}^7\text{Be}(n, p){}^7\text{Li}$, а две первые - для определения хода зависимости сечения этой реакции от энергии падающих нейтронов. Продолжительность третьей серии 22 часа, а двух первых - по 100 часов. Накопленная в каждой серии измерений информация обрабатывалась на ЭВМ PDP-11/70.

3. Результаты и их обсуждение

На рис.1 показаны типичные амплитудные спектры /АС/. Кривая 1 изображает АС в одном из окон времени пролета нейтронов ($E_n = 2,2 \div 4,8$ эВ). Кривая 2 иллюстрирует ход фона для данного спектра /в произвольных единицах/. На спектре 1 хорошо виден пик протонов (p_0), испускаемых в реакции



при переходах компаунд-ядра ${}^8\text{Be}$ в основное состояние остаточного ядра ${}^7\text{Li}$; пик протонов p_1 из реакции



нами не наблюдался. Для теплового сечения реакций (1) и (2) мы получили значение $\sigma_{p_0} = (5 \pm 1) \cdot 10^4$ б, которое согласуется с результатом работы /4/, и оценку соотношения $\sigma_{p_1} / \sigma_{p_0} \leq 10^{-2}$, которая не противоречит приведенной в работе /5/ величине $(2 \pm 1)\%$.

На рис. 2 показана зависимость сечения реакции (1) от энергии падающих нейтронов из серии измерений /б/. Абсолютные значения сечения σ были получены путем нормировки на тепловое сечение относительно сечения реакции ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$. При энергиях $E_n < 150$ эВ экспериментальная погрешность определяется статистической ошибкой, а при более высоких энергиях ошибка в выделении фона превалирует над статистической. На рис. 2 кроме экспериментальных точек показана также расчетная кривая для гипотезы $\sigma \sim 1/v$. Отметим, что в области $E_n \leq 140$ эВ все экспериментальные

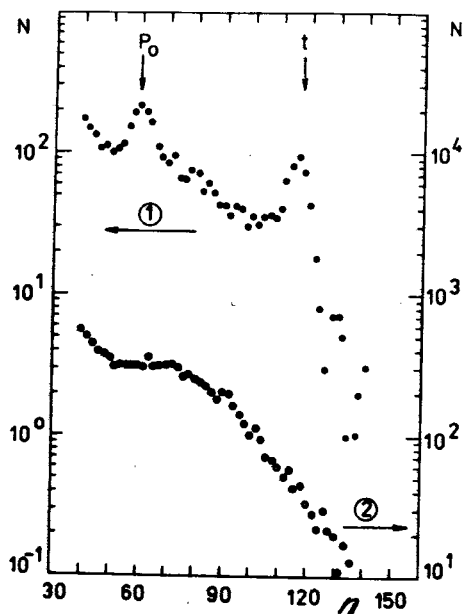


Рис.1. Амплитудные спектры с коллектора ИКДС, полученные в измерении реакции ${}^7\text{Be}(n, p){}^7\text{Li}$. p_0 - положение пика протонов, отвечающих переходам компаунд-ядра ${}^8\text{Be}$ в основное состояние остаточного ядра ${}^7\text{Li}$; t - положение пика тритонов из реакции ${}^6\text{Li}(n, t){}^4\text{He}$ на микропримеси изотопа ${}^6\text{Li}$ в веществе бериллиевой мишени; n - номер канала амплитудного спектра; N - число отсчетов; 1, 2 - см. в тексте.

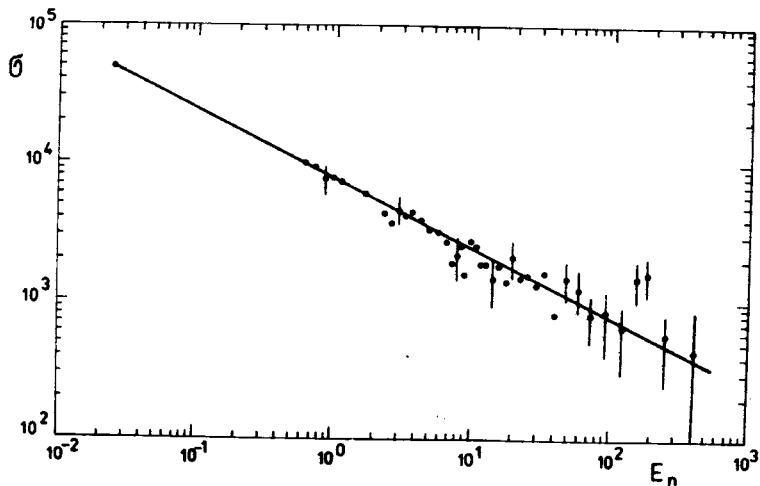


Рис.2. Зависимость сечения реакции ${}^7\text{Be} + n \rightarrow {}^8\text{Be}^* \rightarrow {}^7\text{Li} + p + 1,65 \text{ МэВ}$ от энергии падающих нейтронов из серии измерений σ - сечение реакции в барнах; E_n - энергия нейтронов в электрон-вольтах.

точки хорошо ложатся на расчетную кривую $1/v$; однако в области $E_n \approx 140 \div 200$ эВ две соседние точки находятся значительно выше кривой $1/v$. Следует подчеркнуть, что в обеих независимых сериях измерений /а/ и /б/ это отклонение устойчиво выявляется в одних и тех же каналах спектров по времени пролета. Заметим, что на временном спектре в фоновых амплитудных окнах с коллектора и с мишени такого выброса нет.

Приведенные выше аргументы еще не являются окончательным доказательством наличия резонанса в районе энергии $E_n \approx 170$ эВ. Однако если обнаруженное устойчивое отклонение действительно является резонансом, то он слишком узок для s-резонанса в таком легком ядре-мишени как ${}^7\text{Be}$ /всего только десятки электрон-вольт, а не десятки килоэлектрон-вольт, как следовало бы ожидать $^{3-4}/$. Отклонение сечения исследуемой реакции в области $E_n \approx 170$ эВ можно интерпретировать как указание на наличие узкого резонанса на нейтронах с отличным от нуля орбитальным моментом. Вопрос о резонансе, определяющем большое тепловое сечение, остается пока открытым.

Авторы выражают благодарность Н.И.Линькову за помощь во время эксперимента.

Литература

1. Gledenov Yu.M. et al. Z.Phys., 1982, A308, p.57.
2. Gledenov Yu.M. et al. Z.Phys., 1985, A322, p.685.
3. Mughabghab S.F. et al. Neutron Cross Sections, Academic Press, N.Y., 1981.
4. Hanna R.C. Phil.Mag., 1955, vol.46, No.375, p.381.
5. Bassi P. et al. Il Nuovo Cimento, 1963, vol.28, No.5, p.1049.
6. Ajzenberg-Selove F. Nucl.Phys., 1984, A413, No.1, p.91.
7. Ajzenberg-Selove F. Nucl.Phys., 1979, A320, No.1, p.96.
8. Arnold L.G. et al. Phys.Rev.Lett., 1974, vol.32, No.16, p.895.
9. Macklin R.L., Gibbons J.H., Phys.Rev., 1958, vol.109, p.105.
10. Sweeney W.E., Marion J.B. Phys.Rev., 1969, vol.182, p.1007.
11. Koehler P.E. et al. Bull.Amer.Phys.Soc., 1986, vol.31, No.4, p.854.
12. Антонов А.Д. и др. ОИЯИ, РЗ-86-344, Дубна, 1986.

Рукопись поступила 23 июня 1986 года.