

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P3-85-272

Ю.М.Гледенов, Ю.П.Попов, Х.Риголь, В.И.Салацкий

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$
ПРИ ЭНЕРГИИ НЕЙТРОНОВ ДО 10 КЭВ

Направлено в "Z. für Phys."

1985

Изучение различных характеристик нейтронных резонансов ядер, лежащих в долине бета-стабильности, дало много информации о структуре возбужденных состояний ядер и о механизме ядерных реакций^{/1/}. Разумно ожидать, что изучение нейтронных резонансов ядер, лежащих вне области стабильности, даст новый материал для понимания этих явлений. В последнее время появились работы, где изучаются нейтронные резонансы на радиоактивных ядрах /см. обзор^{/2/}/. Одним из направлений таких исследований является использование реакции (n,p), весьма перспективной для нейтронно-дефицитных ядер^{/3/}, поскольку здесь энергия связи для протона B_p уже заметно ниже, чем для нейтрона B_n .

Исследование нейтронных резонансов ряда радиоактивных ядер по регистрации заряженных частиц имеет определенные преимущества по сравнению с наиболее распространенными методами исследований: измерениями пропускания, радиационного захвата, рассеяния нейтронов. Во-первых, на медленных нейтронах реакции с эмиссией заряженных частиц происходят обычно только на одном изотопе; во-вторых, эффективность регистрации заряженных частиц, вылетающих из тонких мишеней, близка к 1, в то время как эффективность регистрации фоновых β -частиц и γ -квантов может быть сделана крайне малой $(\leq 10^{-6})$; в-третьих, такие исследования позволяют обойтись небольшим количеством ядер $(= 10^{14} \div 10^{17})$ исследуемого изотопа, что весьма существенно при работе с радиоактивными ядрами-мишенями.

В настоящей работе представлены результаты изучения реакции (n,p) на радиоактивном ядре ^{36}Cl /рис.1/. Для этого ядра нейтронные резонансы ранее не были известны^{/4/}. Первые результаты наших измерений были доложены на совещании^{/5/}. Измерения проводились на нейтронном спектрометре по времени пролета на импульсном реакторе ИБР-30 Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ^{/6/}. Использовалось пролетное расстояние 85 м (разрешение 47 нс/м). В качестве детектора заряженных частиц служила ионизационная камера с сеткой^{/7/}. Для калибровки энергетического спектра заряженных частиц и нормировки сечений исследуемой реакции проводились измерения на мишени ^6Li , а для калибровки шкалы энергии нейтронов были использованы известные нейтронные резонансы на ядре ^{35}Cl с $E_0 = 398$ и 4249 эВ.

Мишень ^{38}Cl , активностью около 300 мКи, была приготовлена на алюминиевой подложке толщиной 1 мм осаждением NaCl из раствора в HCl. Толщина мишени была $1,8 \text{ мг/см}^2$ в основном за счет ядер ^{23}Na и ^{35}Cl , а количество ядер ^{36}Cl составляло $1,1 \cdot 10^{17}$ атом/см².

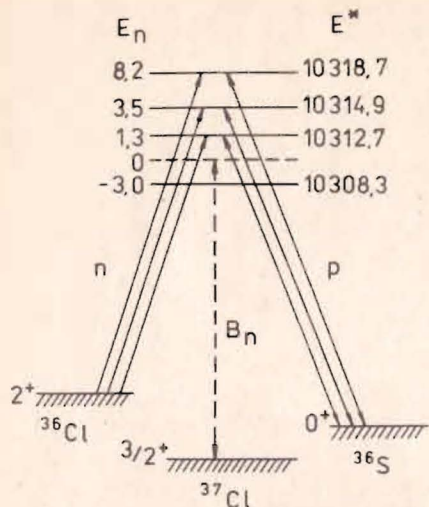


Рис.1. Схема протонного распада компаунд-состояний ^{37}Cl . E_n - энергия нейтронов, кэВ; E^* - энергия возбуждения ядра, кэВ.

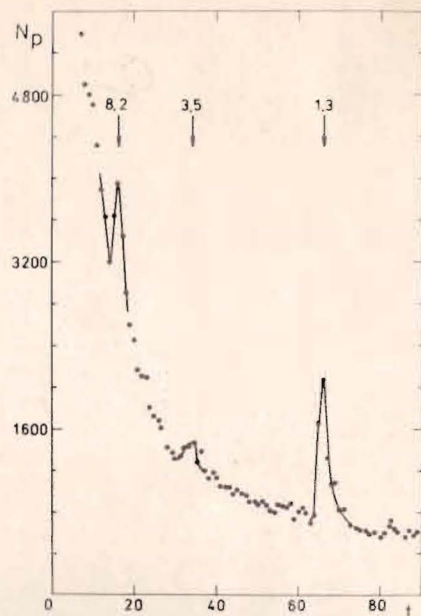


Рис.2. Времяпролетный спектр выхода протонов из реакции $^{38}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$. t - номер канала.

Двумерная информация об энергии регистрируемых частиц и о времени пролета захваченных нейтронов записывалась на магнитную ленту измерительного модуля на базе ЭВМ СМ-3. Сортировка и обработка данных проводились на ЭВМ CDC-6500.

В результате экспериментального исследования реакции $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$ получен набор спектров по времени пролета захватываемых нейтронов для заряженных частиц в различных амплитудных окнах. Аналогичные спектры α -частиц и тритонов получены в результате измерений выходов мониторинг реакции $^6\text{Li}(n,t)^4\text{He}$ в тех же экспериментальных условиях.

В амплитудном окне, соответствующем энергии протонов из реакции $^{36}\text{Cl}(n,p)$ / $E_p = 1,87$ МэВ/, получен времяпролетный спектр выхода протонов /рис.2/. При энергии нейтронов $E_n = 1,3; 3,5$ и $8,2$ кэВ проявились неизвестные ранее нейтронные резонансы, отвечающие высоковозбужденным уровням ^{37}Cl с энергией возбуждения $E^* = E_n + B_n / B_n = 10311,4 \pm 0,2$ кэВ^{8/} /. В таблице для этих уровней приведены параметры $A_p = g \Gamma_n \Gamma_p / \Gamma$, полученные из выражения $\sum \sigma_i \Delta E_i = 2\pi^2 \lambda^2 A_p$, где σ_i - экспериментальное сечение

реакции; ΔE_i - интервал энергии; λ - длина волны нейтрона при энергии резонанса, деленная на 2π .

Таблица

E_n , кэВ	E^* , кэВ	$E^*/10^7$, кэВ	A_p , эВ	$A_{\gamma}^{/10/}$, эВ	Γ_n^* , эВ	Γ_p^{**} , эВ
-	-	10308,3	-	$0,21 \pm 0,06$	-	-
$1,3 \pm 0,1$	10312,7	10312,7	$0,07 \pm 0,01$	$1,01 \pm 0,19$	0,7	$10,4/$
$3,5 \pm 0,3$	10314,8	10314,9	$0,08 \pm 0,03$	$5,9 \pm 0,9$	0,14	≥ 10
$8,2 \pm 0,9$	10319,4	10318,7	$1,7 \pm 0,3$	$3,7 \pm 0,6$	4,6	≥ 10

* в предположении $\Gamma_{\gamma} = 1$ эВ.

** в предположении $\Gamma_{\gamma} = 1$ эВ, $g = 0,6$.

До сих пор изучение возбужденных состояний ^{37}Cl проводилось с помощью реакций $^{37}\text{Cl}(n,p'\gamma)$, $^{37}\text{Cl}(p,p'\gamma)$, $^{40}\text{Ar}(p,\alpha)$, $^{34}\text{P}(\alpha,p\gamma)$ и др. /см., например, /8/. Но наиболее полные экспериментальные сведения о положениях высоковозбужденных уровней ядра ^{37}Cl получены при исследовании реакции радиационного захвата протона $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$ /9,10/. В работе /10/ получены наиболее точные положения уровней, а также параметры $A_{\gamma} = (2J+1) \Gamma_{\gamma} \Gamma_p / \Gamma$, которые также представлены в таблице. Видно хорошее соответствие найденных нами уровней ^{37}Cl в реакции $^{36}\text{S}(n,p)^{36}\text{S}$ с уровнями, возбуждаемыми в реакции $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$ с учетом значений $B_n^{8/}$ и $B_p = 8386,3 \pm 0,2$ кэВ^{10/}. Из параметров A_p и A_{γ} можно оценить нейтронные ширины резонансов: $\Gamma_n = 10 \cdot \Gamma_{\gamma} A_p / A$. Оценки Γ_n , полученные в предположении $\Gamma_{\gamma} = 1$ эВ для этих уровней, приведены в таблице. Далее, полагая $g = 0,6$, можно получить и грубые оценки протонных ширин резонансов Γ_p /см. таблицу/.

Отметим, что в резонансах 3,5 и 8,2 кэВ протонный канал распада составляет существенную долю полной ширины резонансов. Последний резонанс "совпадает" по энергии нейтронов с резонансом 8,3 кэВ в изотопе ^{37}Cl , которого в мишени было почти на 2 порядка больше, чем исследуемого ^{36}Cl . Поэтому только изучение протонного канала распада /реакция $^{37}\text{Cl}(n,p)$ не идет/ позволило однозначно установить наличие резонанса с $E_0 = 8,2$ кэВ в ядре-мишени ^{36}Cl .

Исследования протонного распада высоковозбужденных состояний на примере ^{36}Cl показывают, что они полезны для получения параметров нейтронных резонансов и позволяют уточнить энергетическую шкалу высоковозбужденных состояний легких и средних ядер.

Авторы выражают благодарность Т.С.Зваровой за изготовление мишеней и Н.И.Линькову за подготовку аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пикельнер Л.Б., Попов Ю.П., Шарапов Э.И. В сб.: Нейтрон. "Наука", М., 1983, с.80.
2. Вертебный В.П. В сб.: Труды IV школы по нейтронной физике. ОИЯИ, ДЗ, 4-82-704, Дубна, 1982, с.66.
3. Gledenov Yu.M. et al. Z.Phys., 1982, 308, p.57.
4. Mughabghab S.F. et al. Neutron Cross Sections. Academic Press, N.Y., 1981.
5. Гледенов Ю.М. и др. Тезисы докладов на XXXIV Совещании по ядерной спектроскопии и структуре ядра. "Наука", Л., 1984, с.56.
6. Франк И.М. ЭЧАЯ, 1972, т.2, вып.4, с.807.
7. Попов Ю.П. и др. ЯФ, 1971, т.13, с.913.
8. Endt P.M., Van der Leun C. Nucl.Phys., 1978, A310, p.451.
9. Коваль А.А. и др. Письма в ЖЭТФ, 1965, т.11, вып.8, с.402.
10. Nooren G.J.L., Van der Leun C. Nucl.Phys., 1984, A423, p.197.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 апреля 1985 года.

Гледенов Ю.М. и др.
Исследование реакции $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$
при энергии нейтронов до 10 кэВ

P3-85-272

Представлены результаты измерений реакции $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$, выполненных на реакторе ИБР-30 ЛНФ ОИЯИ. Обнаружены резонансы при $E_0 = 1,3; 3,5$ и $8,2$ кэВ, получены для них параметры $A_p = (g\Gamma_n \Gamma_p / \Gamma)$, равные $0,07 \pm 0,01; 0,08 \pm 0,03$ и $1,7 \pm 0,3$ эВ соответственно. Сравнение положения этих уровней ^{37}Cl с набором состояний, полученных в реакции $^{36}\text{S}(p, \gamma)^{37}\text{Cl}$, позволило уточнить энергетическую шкалу возбужденных состояний ядра ^{37}Cl .

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод О.С.Виноградовой

Gledenov Yu.M. et al.
Study of the $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$ Reaction
in the Neutron Energy Range up to 10 keV

P3-85-272

The $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$ reaction cross section was measured by the time-of flight method in the IBR-30 pulsed reactor, JINR. The measured cross section shows three, not observed previously, neutron resonances with energies $E_n = 1.3; 3.5$ and 8.2 keV for which there were determined the parameters $A_p = (g\Gamma_n \Gamma_p / \Gamma)$: $0.07 \pm 0.01; 0.08 \pm 0.03$ and 1.7 ± 0.3 eV, respectively. The comparison of these results with the excited states obtained by the $^{36}\text{S}(p, \gamma)^{37}\text{Cl}$ reaction made possible a more exact determination of the scale-energy of the ^{37}Cl nucleus excited states.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985