

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.125.5

Р - 493

3-84-729

РИГОЛЬ

Перес Хорхе Мануэль

ИССЛЕДОВАНИЯ РЕАКЦИИ ( $n, p$ )  
НА ЯДРАХ В ОБЛАСТИ  $22 \leq A \leq 41$   
С ПОМОЩЬЮ РЕЗОНАНСНЫХ НЕЙТРОНОВ

Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра  
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Дубна 1984

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна.

Научный руководитель —

Старший научный сотрудник  
доктор физико-математических наук

Ю. П. ПОПОВ

Официальные оппоненты:

Старший научный сотрудник  
доктор физико-математических наук

В. А. КАРНАУХОВ

Старший научный сотрудник  
доктор физико-математических наук

Г. В. ДАНИЛИН

Ведущее предприятие:

Институт ядерных исследований АН СССР, Москва.

Защита диссертации состоится " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 198\_\_ года  
в " \_\_\_\_\_ " час. на заседании Специализированного совета Д 047.01.05  
при Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории ядерных реакций  
ОИЯИ (г. Дубна).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 198\_\_ года.

Учёный секретарь  
Специализированного  
совета

Ю. В. ТАРАН

Актуальность темы. Настоящая диссертация посвящена экспериментальному исследованию реакции  $(n, p)$  на радиоактивных изотопах при захвате резонансных нейтронов и теоретическому и экспериментальному исследованию различных  $P$ -чётных и  $P$ -нечётных корреляций в реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)^{35}\text{S}$ .

До нашей работы протонные ширины нейтронных резонансов были известны всего на нескольких стабильных ядрах  $^3\text{He}$ ,  $^{14}\text{N}$  и  $^{35}\text{Cl}$ . Это объясняется тем, что для стабильных ядер, как правило, энергии связи нейтронов ( $B_n$ ) и протонов ( $B_p$ ) близки, поэтому энергия протонов в реакции  $(n, p)$  на медленных нейтронах мала, малы и сечения. Перспективными, с точки зрения возможности измерений реакции  $(n, p)$ , оказываются радиоактивные нейтронодефицитные ядра, поскольку для них  $B_n > B_p$ . Исследования протонного распада компаунд-состояний с помощью реакции  $(n, p)$  на резонансных нейтронах могут существенно дополнить информацию о структуре волновой функции этих состояний, ввиду специфически поверхностного характера явления протонного распада. Кроме того, анализ усредненных протонных ширин уровней составного ядра позволяет провести проверку феноменологических потенциалов взаимодействия медленных протонов с ядрами.

Надо отметить также, что изучение различных корреляций в реакции  $(n, p)$  интересно не только для исследования механизма образования компаунд-ядра и для изучения характеристик возбужденных состояний ядер, но и для исследования роли слабого взаимодействия в атомных ядрах.

Цель работы заключалась в следующем:

1. Отработка методики исследования реакции  $(n, p)$ .
2. Поиски нейтронных резонансов и измерение сечения реакции  $^{22}\text{Na}(n, p)$  при энергии нейтронов до 1000 эВ.
3. Поиски нейтронных резонансов и измерения сечения реакции  $^{36}\text{Cl}(n, p)$  при энергиях нейтронов до 10 кэВ.
4. Измерения сечений реакций  $^{40}\text{K}(n, p)$  и  $^{40}\text{K}(n, \alpha)$  при энергии нейтронов до 10 кэВ.
5. Изучение  $P$ -чётных и  $P$ -нечётных корреляций в реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$  при энергии нейтронов  $E_n \approx 0,01$  эВ.

Научная новизна. В данной работе впервые удалось экспериментально наблюдать нейтронные резонансы в реакции  $(n, p)$  на радиоактивных ядрах  $^{22}\text{Na}$  и  $^{36}\text{Cl}$ , для которых, до нашей работы, не существовала вообще информация о нейтронных резонансах. Кроме того, было установ-

Отделенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

лено, что сечение реакции  $(n, p)$  подчиняется закону  $1/v$  для  $^{22}\text{Na}$  и  $^{40}\text{K}$  при энергиях нейтронов  $E < 1$  эВ.

В диссертации, кроме того, теоретически и экспериментально исследованы различные P-чётные и P-нечётные корреляции в реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$ . Была впервые получена информация о вкладах различных спиновых каналов при испускании протонов и о роли слабого взаимодействия в этой реакции.

Практическая ценность. Полученные данные могут служить критерием правильности предсказаний теоретических моделей о механизме несохранения чётности в реакциях с нейтронами и их применимости в случае реакции  $(n, p)$ . Определение сечения реакции  $(n, p)$  радиоактивных нейтронодефицитных ядер является очень важным для оценки накопления водорода в разных конструкционных материалах ядерных реакторов. В частности, надо отметить, что в реакторах на быстрых нейтронах используется жидкий натрий для теплообмена, поэтому идёт реакция  $^{23}\text{Na}(n, 2n)^{22}\text{Na}$ . На образовавшемся  $^{22}\text{Na}$  через реакцию  $(n, p)$  происходит накопление водорода.

На защиту выносятся следующие основные результаты, полученные в диссертации:

1. Обнаружение первого резонанса в ядре  $^{22}\text{Na}$  и полученная информация о параметрах этого резонанса, о поведении сечения реакции  $(n, p)$  ниже 1 кэВ.

2. Экспериментально показано, что ход сечения реакции  $^{40}\text{K}(n, p)$ , при энергиях нейтронов  $< 1$  эВ подчиняется закону  $1/v$ . (Этот результат противоречит полученному до наших измерений).

3. Обнаружение нейтронных резонансов в ядре  $^{36}\text{Cl}$  и полученная информация о характеристиках трех резонансов. (До нашей работы для этого ядра был известен только верхний предел сечения реакции  $(n, \gamma)$  в тепловой точке).

4. Теоретическое и экспериментальное исследование P-чётных и P-нечётных корреляций в реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$ .

5. Разработка и изготовление специальной пропорциональной камеры с большой площадью облучения для исследования P-чётных и P-нечётных корреляций в реакции  $(n, p)$ .

6. Обнаружение эффекта несохранения чётности в реакциях, вызываемых нейтронами с последующим испусканием заряженных частиц.

7. Впервые измерен эффект право-левой асимметрии в реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$  на тепловых поляризованных нейтронах, на основании чего вычислены вклады различных спиновых каналов в испускании протонов в реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$ .

Апробация работ. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на Международной конференции по ядерным данным для науки и технологии (Антверпен, Бельгия, 1982), на 6-й Всесоюзной конференции по нейтронной физике (Киев, 1983) и на XXXIV совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Алма-Ата, 1984), на Учёном совете по физике низких энергий ОИИИ.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 5 научных работ.

Объём и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав и заключения. В ней содержится 100 страниц машинописного текста, включая 13 рисунков, 7 таблиц и список литературы из 85 наименований.

#### КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении дана характеристика исследований реакции  $(n, p)$ , обсуждены их актуальность, научное и прикладное значения, сформулированы цели работы и результаты, выносимые на защиту.

Первая глава содержит краткий обзор исследований протонного распада радиоактивных ядер. Затем проанализировано понятие составного ядра с современной точки зрения и различные возможности его распада. Далее был анализирован протонный распад отдельных состояний и изложены наши расчёты угловых корреляций в реакции  $(n, p)$ .

Поскольку в настоящее время нет общей количественной теории, описывающей свойства высоковозбуждённых состояний ядер, кроме статистической, были обсуждены средние значения протонных ширин и связанная с ними силовая функция.

В конце главы проведен теоретический анализ различных P-чётных и P-нечётных корреляций в реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$  с медленными нейтронами. Как следствие, был получен набор параметров, определяющих эти корреляции. Параметры лево-правой P-чётной асимметрии  $(\alpha_{np}^{lp})$  и асимметрии в испускании протонов по и против направления спина нейтрона  $(\alpha_{lp})$  будут сравниваться с нашими экспериментальными данными в третьей главе.

Параметры углового распределения  $(\alpha_{yp})$  протонов, испускаемых из P-состояния, и асимметрии вперёд-назад  $(\alpha_{bn})$  в испускании протонов определяем так:

$$\alpha_{yp} = \frac{I_p(0^\circ) - I_p(90^\circ)}{I_p(0^\circ) + I_p(90^\circ)}$$

$$\alpha_{BH} = \frac{I_p(0^\circ) - I_p(180^\circ)}{I_p(0^\circ) + I_p(180^\circ)},$$

где  $I_p(\theta)$  - интенсивности регистрируемых протонов под углом  $\theta$  относительно движения падающих нейтронов. Наша оценка параметров  $\alpha_{yp}$  и  $\alpha_{BH}$  для реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$  следующая:

а) для  $\alpha_{yp}$  при энергии нейтронов  $E_n = 398$  эВ

$$\alpha_{yp} \approx 45\%;$$

б) для  $\alpha_{BH}$  (см. рис. 1), где энергия нейтронов ( $E_n$ ) в эВ.

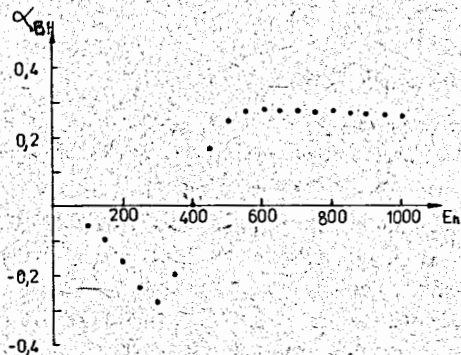


Рис. 1.

Пока не существует экспериментальных данных параметров  $\alpha_{yp}$  и  $\alpha_{BH}$  для сравнения с предыдущими оценками.

Во второй главе изложена методика измерений. Экспериментальные исследования испускания частиц после поглощения резонансных нейтронов радиоактивными нейтронодефицитными ядрами требуют особых условий. Это определяется следующим.

- Обычно мы располагаем веществом-мишенью с малой концентрацией радиоактивных ядер.
- Излучения самой мишени осложняют фоновые условия эксперимента.

Для того, чтобы компенсировать малую концентрацию радиоактивных ядер, приходится использовать большое количество вещества-мишени. Но мишени не могут быть очень толстыми, потому что пробег заряженных частиц небольшой. Следовательно, приходится использовать детекторы с большой площадью облучения. Для уменьшения влияния излучения самой мишени надо учитывать конкретные характеристики этого излучения и возможные его взаимодействия с детекторами.

Поскольку при исследовании реакции  $^{22}\text{Na}(n, p)$  количество ядер  $^{22}\text{Na}$  в мишени мало ( $\sim 10^{17}$  атом  $^{22}\text{Na}$ ), нами были использованы полупроводниковые Si-Au детекторы с относительно большой площадью ( $\approx 8$  см<sup>2</sup>). При исследовании реакции  $^{36}\text{Cl}(n, p)$ ,  $^{40}\text{K}(n, p)$  и  $^{40}\text{K}(n, \alpha)$  общее количество ядер в мишени было достаточно большим ( $\approx 1$  г) и поэтому была использована ионизационная камера с сеткой с большой площадью ( $\approx 600$  см<sup>2</sup>). Эти измерения проводились на различных пролетных базах ( $L = 20, 30, 50, 85$  м) на пучках нейтронов импульсного реактора ИБР-30 ЛНФ ОИЯИ, работавшего в обычном режиме или в качестве бустера с линейным ускорителем электронов.

Ожидаемая величина Р-нечётных эффектов относительно Р-чётных эффектов в реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$  очень маленькая ( $\sim 0,01+0,001\%$ ). Сечения этой реакции при энергии нейтронов  $E_n \approx 0,01$  эВ (средняя энергия поляризованных нейтронов на 6-м пучке реактора ВВР-М ЛНФ, где проводился этот эксперимент) небольшое. Сечение реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$  ( $\sigma(n, p) \approx 0,6$  б) и узкое поперечное сечение пучка нейтронов  $0,8 \times 6$  см<sup>2</sup> заставили нас сконструировать новую пропорциональную камеру с большой облучаемой площадью  $\approx 600$  см<sup>2</sup> (длина камеры  $\approx 120$  см). Кроме того, камера должна была быть двойной для того, чтобы компенсировать возможные аппаратные асимметрии, и, наконец, она должна была быть сконструирована так, чтобы меньше конструктивных материалов камеры попало в пучок, поскольку поток нейтронов в этом пучке ( $\sim 10^7$  н/с) достаточно большой и может произвести большую активацию конструктивных материалов,  $\beta$ -излучение которых может экранировать искомый эффект. Экспериментальные результаты, которые будут обсуждаться в третьей главе, показали, что сконструированная нами камера удовлетворяла всем этим требованиям.

В третьей главе приведены результаты наших измерений.

В исследованиях реакции  $^{22}\text{Na}(n, p)^{22}\text{Ne}$  использовалась мишень активностью  $1,5 \cdot 10^6$  Бк, которая приготовлена осаждением на поликарбонатной пленке толщиной 4 мкм из раствора NaCl в HCl. На амплитудном спектре (см. рис. 2) наиболее интенсивный пик ( $p_1$ ) соответствует протонам с энергией 2,25 МэВ (протонный переход в первое возбужденное состояние  $^{22}\text{Ne}$ ). Значительно слабее оказался переход в основное состояние  $-p_0, I(p_0/p_1) = (6 \pm 2) \cdot 10^{-3}$ , с  $E_{p_0} = 3,47$  МэВ. Временипролётный спектр выхода протонов для перехода  $p_1$  был использован для построения зависимости сечения реакции  $^{22}\text{Na}(n, p)$  от энергии нейтронов (см. рис. 3). Абсолютная нормировка осуществлялась по тепловому сечению этой реакции  $\sigma(n, p) = (30,6 \pm 2,6) \cdot 10^3$  б. При энергии  $E_n = 146$  эВ проявился неизвестный ранее резонанс со следующими параметрами,

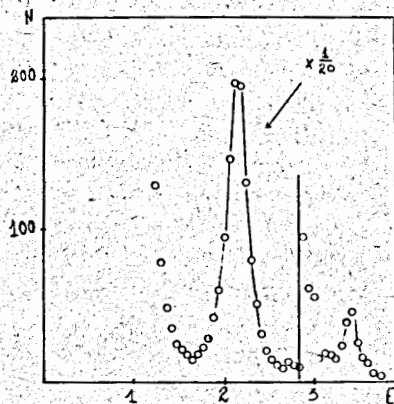


Рис. 2.

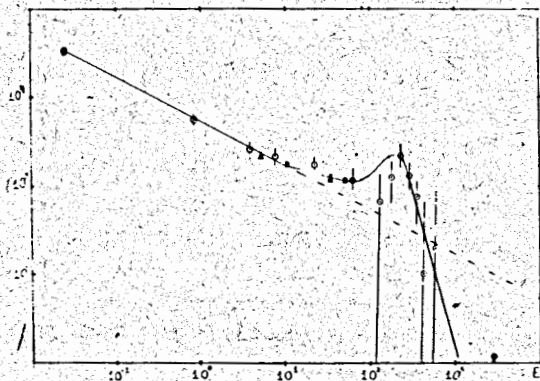


Рис. 3.

полученными при подгонке к экспериментальным результатам:  $E_0 = 146 \pm 9$ ;  $\Gamma_n^c = 5 \pm 3$ ;  $\Gamma_p^c = 60 \pm 40$ ;  $\Gamma_n^a \Gamma_p^a = 300 \pm 30$  эВ,  $\Gamma_p^0 = 0,4 \pm 0,3$ , где  $E_0$ ,  $\Gamma_n^c$  и  $\Gamma_p^c$  - положение, приведенная нейтронная и протонные ширины, соответ-

ственно, даются в электронвольтах. Наиболее вероятное значение спина этого резонанса  $J^\pi = 7/2^+$ . Экстраполяция кривой до энергии 2-кэВ даёт значение  $\sigma_{np}(2 \text{ кэВ}) = 0,7$  б, что не противоречит верхней оценке  $\sigma_{np} \leq 11$  б, имеющейся в литературе.

Измерение сечения реакции  $^{22}\text{Na}(n, p)$  в диапазоне энергий до 1 кэВ позволяет получить довольно реальную оценку полного резонансного интеграла захвата ( $I_p$ ). По нашим оценкам,  $I_p = 17$  кб. Поскольку в области тепловых нейтронов полное сечение поглощения практически совпадает с  $\sigma(n, p)$ , то и это значение  $I_p$  должно совпадать с полным резонансным интегралом поглощения. Однако приводимое в литературе  $I_p = 200 \pm 50$  кб находится в противоречии с полученным нами результатом.

Этот результат очень важен для того, чтобы подсчитать образование водорода как продукта цикла  $^{23}\text{Na}(n, 2n)^{22}\text{Na}(n, p)$  в реакторах на быстрых нейтронах, где используется натрий в качестве теплоносителя.

Исследования реакций  $^{40}\text{K}(n, p)$  и  $^{40}\text{K}(n, \alpha)$  проведены в относительно широком диапазоне по энергии нейтронов от тепловых до  $\sim 10$  кэВ. Использовалась мишень площадью  $630 \text{ см}^2$  с обогащением по  $^{40}\text{K}$  до 2,7%, содержанием  $^{40}\text{K} 2,6 \cdot 10^{17} \text{ ат/см}^2$ . Впервые эти реакции были исследованы недавно Эмсаллемом и др.<sup>x/</sup> Их результаты сравниваются с нашими в таблице I. Параметры

Таблица I.

| Энергия резонанса $E_n$ (кэВ) | $A_\alpha$ (мэВ) |               | $A_p$ (мэВ)   |              |
|-------------------------------|------------------|---------------|---------------|--------------|
|                               | Наша работа      | Эмсаллем      | Наша работа   | Эмсаллем     |
| 1,13                          | $42 \pm 7$       | $43 \pm 4$    | -             | $< 0,3$      |
| 2,29                          | $17 \pm 9$       | $28 \pm 2,5$  | -             | $< 0,6$      |
| 3,06                          | -                | $1 \pm 0,25$  | $6,5 \pm 5,5$ | $13 \pm 1,5$ |
| 5,18                          | $1140 \pm 230$   | $1100 \pm 90$ | -             | $< 3$        |
| 5,9 - 9,8                     | $380 \pm 160$    | $114 \pm 15$  | -             | $50 \pm 5$   |

Видно, что для нейтронных резонансов до 6 кэВ данные хорошо согласуются. Этого нельзя сказать об области малых энергий ( $E_n < 1$  эВ). Наши результаты в этой области приведены в таблице 2. По данным Эмсаллема, имеется заметное отклонение сечения  $(n, p)$ -реакции от зависимости  $1/v$ , тогда как для  $(n, \alpha)$ -реакции сечение  $\propto 1/v$ .

<sup>x/</sup> Nucl. Phys., 1981, vol. A368, p. 108-134.

Таблица 2.

| $E_n$ (эВ) | $I_p \cdot 10^{-3}$ | $I_\alpha \cdot 10^{-3}$ | $I_p/I_B$ | $I_\alpha/I_B$ | $I_p/I_\alpha$ |          |
|------------|---------------------|--------------------------|-----------|----------------|----------------|----------|
|            |                     |                          |           |                | Наша работа    | Эмсаллем |
| 0,677      | $52 \pm 3$          | $3,6 \pm 0,9$            | 3,2       | 0,23           | $14 \pm 4$     | 4,95     |
| 0,216      | $109 \pm 5$         | $6,6 \pm 1,7$            | 3,4       | 0,21           | $16 \pm 4$     | 6,34     |
| 0,069      | $303 \pm 15$        | $20,5 \pm 5,1$           | 3,4       | 0,23           | $15 \pm 4$     | 8,80     |
| 0,046      | $361 \pm 18$        | $24,5 \pm 6,1$           | 3,4       | 0,23           | $15 \pm 4$     | 10,10    |
| 0,030      | $254 \pm 13$        | $16,0 \pm 4,0$           | 3,3       | 0,21           | $16 \pm 4$     | 11,95    |
| 0,021      | $134 \pm 7$         | $10,0 \pm 2,5$           | 3,4       | 0,25           | $13 \pm 3$     | 14,15    |
| 0,014      | $84 \pm 4$          | $6,0 \pm 1,5$            | 3,4       | 0,25           | $14 \pm 4$     | 17,55    |

Приведенное в последнем столбце таблицы 2 отношение  $I_p/I_\alpha$ , полученное Эмсаллемом и др., показывает, насколько велико это различие в пределах очень узкого интервала энергий нейтронов  $0,01 \text{ эВ} \leq E \leq 1 \text{ эВ}$ . Такое поведение  $I_p$  трудно объяснить. В 4 и 5 колонках таблицы 2 приведены отношения выходов протонов и  $\alpha$ -частиц из исследуемых реакций к выходу  $\alpha$ -частиц из реакции  $^{10}\text{B}(n, \alpha)$ , идущей на примеси бора в мишени, сечение которой в данной области энергий нейтронов следует закону  $1/v$ . Из таблицы видно, что сечения как  $(n, p)$ , так и  $(n, \alpha)$ -реакций на  $^{40}\text{K}$  ведут себя также в соответствии с законом  $1/v$ .

Для измерения реакции  $^{36}\text{Cl}(n, p)$  была приготовлена мишень  $\text{NaCl}$  толщиной  $1,83 \text{ мг/см}^2$  с содержанием ядер  $^{36}\text{Cl}$   $1,12 \cdot 10^{17} \text{ ат/см}^2$ . Эта реакция измерена впервые. В амплитудном окне, соответствующем энергии протонов из реакции  $^{36}\text{Cl}(n, p)$  ( $E_p = 1,78 \text{ МэВ}$ ), получен времяпролётный спектр выхода протонов (см. рис. 4). При энергии нейтронов  $E_n = 1,3 \pm 0,1$ ;  $3,5 \pm 0,3$  и  $8,2 \pm 0,9$  кэВ проявились неизвестные ранее нейтронные резонансы. Для этих резонансов мы определили параметры  $A_p = \frac{(2J+1)D_p}{2(2I+1)I}$  равные  $70 \pm 10 \text{ мэВ}$ ,  $80 \pm 30 \text{ мэВ}$  и  $1700 \pm 300 \text{ мэВ}$ , соответственно.

Наиболее полные экспериментальные сведения о положениях высоковозбуждённых уровней ядра  $^{37}\text{Cl}$  получены при исследовании реакции радиационного захвата протона  $^{36}\text{S}(p, \gamma)^{37}\text{Cl}$ . Из таблицы 3 можно установить соответствие найденных нами уровней  $^{37}\text{Cl}$  в реакции  $^{36}\text{Cl}(n, p)^{36}\text{S}$  с уровнями, возбуждёнными в реакции  $^{36}\text{S}(p, \gamma)^{37}\text{Cl}$ . Отметим, что данные о реакции  $^{36}\text{S}(p, \gamma)^{37}\text{Cl}$  были опубликованы позже нашей публикации.

В восьмом столбце показана оценка протонных ширин в предположении, что  $\Gamma_\gamma = I \text{ эВ}$  и  $(2J+1) = 6$ . Надо сказать, что эта оценка очень условна и сильно зависит от  $\Gamma_\gamma$ .

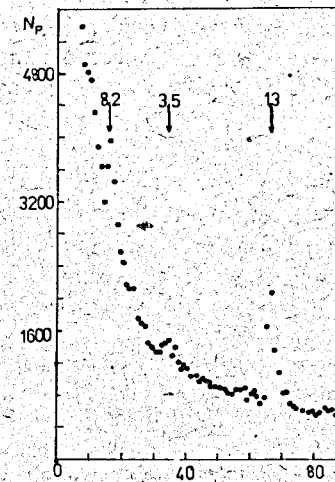


Рис. 4.

Таблица 3.

| $E_p$<br>(кэВ)   | $E_n$<br>(кэВ) | $E_B^a$<br>(кэВ) | $E_B^b$<br>(кэВ) | $\frac{(2J+1) \cdot \Gamma_p}{\Gamma}$<br>(эВ) | $\frac{(2J+1) \cdot \Gamma_n}{\Gamma}$<br>(эВ) | $\frac{\Gamma_\gamma}{\Gamma}$<br>(эВ) | $\Gamma$<br>(эВ) |
|------------------|----------------|------------------|------------------|--|--|--|------------------|
| $1979,9 \pm 0,3$ | $1,3 \pm 0,1$  | 10312,7          | 10312,6          | $1,01 \pm 0,19$                                | $0,7 \pm 0,1$                                  | 1,5                                    | 0,4              |
| $1982,1 \pm 0,3$ | $3,5 \pm 0,3$  | 10314,9          | 10314,8          | $5,9 \pm 0,9$                                  | $0,8 \pm 0,3$                                  | 7,4                                    | 100              |
| $1986,0 \pm 0,3$ | $8,2 \pm 0,9$  | 10318,7          | 10319,5          | $3,7 \pm 0,6$                                  | $17 \pm 3$                                     | 0,2                                    | 14               |

a) Nucl. Phys., 1984, v. A 423, p. 197-227.

b) Наши результаты

Интересно отметить, что резонанс  $^{36}\text{Cl}$  с  $E_n = 8,2 \text{ кэВ}$  совпадает по энергии с резонансом в  $^{37}\text{Cl}$  (на котором реакция  $(n, p)$  не идёт) — явление маловероятное, согласно статистической теории.

В конце третьей главы обсуждаются результаты наших измерений P-чётных и P-нечётных корреляций в реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$ . Эти измерения проводились на пучке поляризованных нейтронов с длиной волны

$\lambda = 2,7 \text{ \AA}$  реактора ВВР-М ЛИЯФ интенсивностью  $6 \cdot 10^7 \text{ н/с}$ . Протоны с энергией  $E_p = 0,6 \text{ МэВ}$  регистрировались двойной пропорциональной ка-

мерой с сеткой, позволяющей создать нечувствительный газовый промежуток для коллимации протонов. Размеры каждой из двух односторонних мишеней, работающих на свою камеру и полностью перекрывающих выходное отверстие коллиматора нейтронов  $60 \times 8 \text{ мм}^2$ , составляли  $60 \times 1100 \text{ мм}^2$ . Мишени напылялись солью  $\text{BaCl}_2$ . С помощью адиабатического высокочастотного флишера направление спина нейтронов каждые 2,8 с менялось на противоположное.

Было проведено два эксперимента. В первом спин нейтрона был направлен перпендикулярно импульсу нейтрона и искалась асимметрия выхода протонов по и против направления спина нейтрона, обусловленная наличием примеси слабого, несохраняющего пространственную чётность взаимодействия (P-нечётный эффект), т.е. исследовалась корреляция:

$$W \sim 1 + \alpha_{np} (\vec{\sigma} \cdot \vec{n}_p),$$

где  $\vec{\sigma}$  - спин нейтрона;  $\vec{n}_p$  - единичный вектор, определяющий направления движения протона.

Во втором эксперименте спин нейтрона был направлен перпендикулярно плоскости реакции и измерялась лево-правая асимметрия выхода протонов (P-чётный эффект), т.е. исследовалась корреляция:

$$W \sim 1 + \alpha_{np}^{\text{П}} \vec{\sigma} \cdot [\vec{n}_n \times \vec{n}_p],$$

где  $\vec{n}_n$  - единичный вектор, определяющий направления движения нейтрона.

После введения поправок на неполную поляризацию нейтронного пучка ( $P = 0,95$ ), средний косинус угла вылета протонов относительно спина нейтрона ( $\langle \cos \theta = 0,8 \rangle$ ), а также на результаты измерения фона, были получены следующие значения для коэффициентов  $\alpha_{np}$  и  $\alpha_{np}^{\text{П}}$ :

$$\alpha_{np} = -(1,5 \pm 0,3) \cdot 10^{-4},$$

$$\alpha_{np}^{\text{П}} = -(2,6 \pm 0,4) \cdot 10^{-4}.$$

Для коэффициентов  $\alpha_{np}$  и  $\alpha_{np}^{\text{П}}$  имеются следующие теоретические выражения для случая захвата тепловых нейтронов:

$$\alpha_{np} = \left( \frac{\Gamma_P^p}{\Gamma_S^p} \right)^{1/2} \frac{W_{SP}}{E_p} [X_p - Y_p] \cos \Delta\varphi_{01}$$

$$\alpha_{np}^{\text{П}} = \left( \frac{\Gamma_P^{\text{П}} \Gamma_P^p}{\Gamma_S^{\text{П}} \Gamma_S^p} \right)^{1/2} [(X_p - Y_p) (X_n + \frac{1}{2} Y_n)] \frac{E_p}{E_p} \sin \Delta\varphi_{01}$$

где  $W_{SP}$  - матричный элемент, несохраняющий чётность,  $\Delta\varphi_{01}$  - разность фаз для S- и P- состояний, обуславливающих наблюдаемый эффект, остальные - параметры нейтронных S- и P- резонансов;

Если мы предполагаем, на основе данных из литературы, что  $|X_n| = |Y_n|$ , тогда получим следующие результаты:

| если         | $ X_n + \frac{1}{2} Y_n $ | $ X_p - Y_p $ | $W_{SP} (\text{эВ})$ |
|--------------|---------------------------|---------------|----------------------|
| $X_n = Y_n$  | 1,05                      | 0,33          | 0,16                 |
| $X_n = -Y_n$ | 0,35                      | 0,95          | 0,06                 |

Первые результаты являются пока уникальными, но значение матричного элемента  $W_{SP}$ , полученного нами, неплохо согласуется с грубой оценкой (с точностью  $\approx 50\%$ ), полученной при обработке измерений реакции ( $n, \gamma$ ).

В заключении обсуждаются результаты наших исследований и их возможные продолжения. В конце приводятся основные результаты выполненной работы, которые выдвигаются на защиту.

1. Обнаружение первого резонанса в ядре  $^{22}\text{Na}$  и полученная информация о параметрах этого резонанса, о поведении сечения реакции ( $n, p$ ) ниже 1 кэВ.

2. Экспериментально показано, что ход сечения реакции  $^{40}\text{K}(n, p)$ , при энергиях нейтронов  $< 1$  эВ, подчиняется закону  $1/v$ . (Этот результат противоречит полученному до наших измерений).

3. Обнаружение нейтронных резонансов в ядре  $^{36}\text{Cl}$  и полученная информация о характеристиках трёх резонансов. (До нашей работы для этого ядра был известен только верхний предел сечения реакции ( $n, \gamma$ ) в тепловой точке.

4. Теоретическое и экспериментальное исследование P-чётных и P-нечётных корреляций в реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$ .

5. Разработка и изготовление специальной пропорциональной камеры с большой площадью облучения, для исследования P-чётных и P-нечётных корреляций в реакции ( $n, p$ ).

6. Обнаружение эффекта несохранения чётности в реакциях вызываемых нейтронами с последующим испусканием заряженных частиц.

7. Впервые измерен эффект право-левой асимметрии в реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$  на тепловых поляризованных нейтронах, на основании чего вычислены вклады различных спиновых каналов в испускании протонов в реакции  $^{35}\text{Cl}(n, p)$ .

Работы, положенные в основу диссертации:

1. Gledenov Yu.M., Kvitek J., Marinova S., Popov Yu.P., Rigol J., Salatski V.I. The Investigation of the Reaction  $^{22}\text{Na}(n,p)^{22}\text{Ne}$  for a Neutron Energy to 1000 eV. Z.Phys.A-Atoms and Nuclei, 1982, vol.308, p.57-61.
2. Гледенов Ю.М., Квитек И., Маринова С., Попов Ю.П., Риголь Х., Салацкий В.И. Изучение высоковозбуждённых состояний  $^{23}\text{Na}$ ,  $^{36}\text{Cl}$  и  $^{41}\text{K}$ . - В кн.: Тезисы докладов XXXIII совещ. по яд. спект. и структуре атом. ядра. (Материалы Всесоюзного совещания, Москва, 19-21 апреля 1983). - Л.: "Наука", 1983, с.53.
3. Гледенов Ю.М., Попов Ю.П., Риголь Х., Салацкий В.И. Изучение с помощью резонансных нейтронов реакции (n, p) на радиоактивных ядрах-мишенях  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{36}\text{Cl}$  и  $^{40}\text{K}$  и стабильном ядре  $^{35}\text{Cl}$ . - В кн.: Нейтронная физика. (Материалы 6-го Всесоюзного совещания, Киев, 2-6 октября 1983). М.: ЦНИАтоминформ, 1984, с.388-392.
4. Гледенов Ю.М., Попов Ю.П., Риголь Х., Салацкий В.И. Обнаружение протонного распада высоковозбуждённых состояний  $^{37}\text{Cl}$ . - В кн.: Тезисы доклад. XXXIV совещ. по ядер. спектроск. и струк. атом. ядра. (Материалы Всесоюзного совещания, Алма-Ата, 17-20 апреля 1984). - Л.: "Наука", 1984, с.56.
5. Антонов А., Весна В.А., Гледенов Ю.М., Лобашев В.М., Окунев И.С., Попов Ю.П., Риголь Х., Смотрицкий Л.М. Наблюдение несохранения пространственной чётности и лево-правой асимметрии в реакции  $^{35}\text{Cl}(n,p)^{35}\text{S}$ . - Письма в ЖЭТФ, 1984. т.40, вып.5, с.209-211.

Рукопись поступила в издательский отдел  
11 ноября 1984 года.