

4/ix-72

Б-936
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

3036/2-72

P6 - 6519



В.С.Бутцев, К.Я.Громов, В.Г.Калинников

ВОЗБУЖДЕННЫЕ КВАЗИПРОТОННЫЕ СОСТОЯНИЯ

141
В МАГИЧЕСКОМ ЯДРЕ $^{59}\text{Pr}^{82}$

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1972

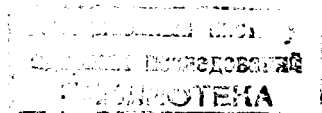
P6 - 6519

В.С.Бутцев, К.Я.Громов, В.Г.Калинников

ВОЗБУЖДЕННЫЕ КВАЗИПРОТОННЫЕ СОСТОЯНИЯ

141
В МАГИЧЕСКОМ ЯДРЕ 59 Pr 82

Направлено в Известия АН СССР (сер. физ.)



1. Введение

В последние годы проявляется значительный интерес к изучению свойств магических ядер с числом нейтронов $N = 82$, $Z > 50$, который вызван стремлением описать свойства низколежащих состояний в этой области ядер в квазичастичном приближении, учитывающем конфигурации $1g_{7/2}$, $2d_{5/2}$, $2d_{3/2}$, $3s_{1/2}$ и $1h_{11/2}$ для протонов сверх заполненного остова $Z = 50$, $N = 82$. Теоретическому рассмотрению свойств магических ядер с нечетными A ($^{139}_{57}\text{La}_{82}$, $^{141}_{59}\text{Pr}_{82}$, $^{143}_{61}\text{Pm}_{82}$ и др.) посвящен ряд работ [1-7]. Сравнение предсказанных моделями характеристик магических ядер с экспериментом позволяет получить более полное представление об остаточном взаимодействии нуклонов в ядрах.

Среди ядер-изотонов с $N = 82$ с нечетными A ^{141}Pr обращает на себя внимание, т.к. сведения о его свойствах можно получить методами ядерной спектроскопии радиоактивного распада ^{141}Nd [8-12], реакций неупругого рассеяния заряженных частиц (дейтронов [12], альфа-частиц [14]), нейтронов [15-17], гамма-квантов [18-19], а также реакций подхвата или передачи протона (d , ^3He) и (^3He , d) [20-22]. Наиболее полно распад ^{141}Nd изучен в работах [9,11]. Тем не менее сведения о мультипольностях γ -переходов отсутствовали, что сильно

затрудняло установление квантовых характеристик возбужденных состояний ^{141}Pr . Кроме того, на основании анализа данных реакций ожидалось, что при распаде ^{141}Nd будут возбуждаться помимо уровней, введенных ранее [9,11], некоторые другие состояния. В данной работе выполнены всесторонние исследования спектров γ -лучей, конверсионных электронов и γ - γ -совпадений при распаде ^{141}Nd , что позволило существенно уточнить схему распада этого изотопа.

2. Методика эксперимента

Изотоп ^{141}Nd (2,42 час.) получался в реакции глубокого расщепления Gd быстрыми протонами ($E_p = 660$ Мэв). Мишень из металлического гадолиния весом 2 г облучалась 2 часа на внутреннем пучке протонов синхроциклотрона ОИЯИ (ток 2,3 мка). Из облученной мишени химически были выделены редкоземельные элементы - продукты реакции глубокого расщепления, которые затем хроматографически разделялись на отдельные фракции [23]. Очищенная фракция Nd была разделена по изотопам на электромагнитном масс-сепараторе [24]. Снятая с коллектора алюминиевая фольга толщиной 20 мкм с пятном радиоактивности ^{141}Nd (1мм x 15 мм) служила источником для измерения γ -спектров и спектров γ - γ -совпадений. Вся процедура приготовления источника занимала 2 часа.

Исследования электронов внутренней конверсии и β^+ -излучения ^{141}Nd выполнены с источниками, приготовленными из фракции Nd . Для их приготовления применялся метод электролитического осаждения активности на платиновую проволочку диаметром 0,2 мм.

Спектры γ -лучей ^{141}Nd изучались на спектрометрах с Ge(Li) -детекторами коаксиального типа с чувствительными объемами 10, 27 и 40 см³, энергетическое разрешение которых составляло, соответственно, 2,2; 2,9 и 2,5 кэв на γ -линиях ^{60}Co . Для преобразования сигналов

в код применялся прецизионный преобразователь "амплитуда-код" на 4096 каналов со стабилизацией положения измерительной характеристики. Для регистрации спектра и передачи его на другие внешние устройства и ЭВМ служил многоканальный анализатор АИ-4096. Хорошее энергетическое разрешение и стабильность положения каналов не хуже 0,02% (интегральная нелинейность системы 0,01%, дифференциальная - 1%) позволили нам получить высокую точность в определении энергий γ -лучей. Для калибровки по энергиям в отдельных опытах производился одновременный набор спектров исследуемого ^{141}Nd и источников ^{57}Co , ^{60}Co , ^{56}Co , ^{152}Eu , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, энергия γ -лучей которых хорошо известна.

Характеристическое рентгеновское излучение ^{141}Nd изучено на спектрометре x -лучей с $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектором объемом $0,5\text{ см}^3$ и с разрешением 500 эв на линии с $E_\gamma \approx 50\text{ кэВ}$.

Измерения γ - γ -совпадений при распаде ^{141}Nd выполнены двухмерным анализатором на базе ЭВМ "Минск-2" с выбором "цифровых" окон /25/. Регистрация γ -лучей производилась $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами объемом 20 и 25 см^3 . Разрешающее время установки составляло 140 нсек.

Обработка одиночных γ -спектров, спектров x -лучей и совпадений выполнялась на ЭВМ "Минск-2", "Минск-22", СДС-1604А по программам "Каток" /26/, "Гамма" /27,28/. Позитронное излучение и электроны внутренней конверсии ^{141}Nd изучены на низкофоновом бета-спектрометре с двойной фокусировкой типа $2\pi\sqrt{2}$. С помощью бета-спектрометра типа $\pi\sqrt{2}$ были измерены K -конверсионные линии переходов 145,45 и 1126,9 кэВ. Спектрометры были настроены на разрешение 0,18 и 0,12%, соответственно.

3. Результаты исследований

Сведения, полученные нами о γ -лучах, x -лучах и γ - γ -совпадениях, представлены в таблице 1. В спектре γ -лучей ^{141}Nd нами были обнаружены линии с $E_\gamma = 1289,58; 1310,6$ и $1456,12$ кэВ. Энергии всех γ -переходов установлены с точностью, более высокой, чем во всех предыдущих работах ^{/8-21/}. Переход 1657 кэВ ранее наблюдался только в работе Мак Харриса и др. ^{/9/}. Мы специально показали (см. рис. 1), что его интенсивность нельзя объяснить за счет суммирования очень интенсивного пика аннигиляции с γ -лучами 1147,3 кэВ. Действительно, пики суммирования аннигиляционных квантов с γ -лучами 1126,9 и 1292,6 кэВ наблюдались в спектре с интенсивностью, на порядок меньшей J_γ 1657,0. Наблюдаемая в спектре γ -линия 1435,1 кэВ имеет большую ширину, чем соседние одиночные линии. Поэтому мы считаем ее двойной линией и $\approx 1/4$ интенсивности приписываем γ -переходу 1434,6 кэВ.

У пяти γ -переходов ^{141}Nd впервые удалось изучить конверсию на K -оболочке. Сделаны выводы об их мультипольностях на основании определения коэффициентов внутренней конверсии γ -переходов $a_k = J_k / J_\gamma$. Нормирование интенсивности J_k и J_γ выполнено по величине a_k γ -перехода 145,45 кэВ, мультипольность которого известна: $(99,58 \pm 0,08)\% M1 + (0,42 \pm 0,08)\% E2$ ^{/29/}. В таблице 1 указаны экспериментально установленные коэффициенты a_k и типы мультипольностей некоторых переходов.

Коэффициент внутренней конверсии a_k перехода 1126,9 кэВ был определен и другим способом. Так как в источнике, приготовленном из фракции, наряду с ^{141}Nd присутствовал изотоп ^{139}Nd , то мы на бета-спектрометре и на γ -спектрометре сравнили интенсивности γ -лучей и K -конверсионных электронов 1126,9 кэВ ^{141}Nd и 1105,3 кэВ ($E2$ ^{/30/}) ^{139}Nd . Полученное отсюда значение a_k 1126,9 = $(1,75 \pm 0,35) 10^{-3}$ хорошо согласуется с величиной, установленной первым способом.

Сведения о гамма-переходах ^{141}Nd

E_γ (кэВ)	J_γ (отн.)	J_K (отн.)	$J_{\gamma-r}$ (отн.) с γ 145,45	α_K (отн.) $\times 10^3$	Заключение о мультипо- льности
K_α	III20 \pm 430	-	-	-	
145,45 \pm 0,30	30,0 \pm 0,3	4550 \pm 680	-	395	MI+0,4% E2
511,05 \pm 0,21	628 \pm 24	-	-	-	-
981,70 \pm 0,22	2,73 \pm 0,29	-	3,46 \pm 0,89	-	-
1126,91 \pm 0,20	\equiv 100	\equiv 100	-	1,75 \pm 0,35	MI+E2
1147,30 \pm 0,20	38,4 \pm 1,5	26,5 \pm 2,5	38,4 \pm 1,5	1,20 \pm 0,25	E2+<40% MI
1289,58 \pm 0,30	1,23 \pm 0,19	-	1,32 \pm 0,68	-	-
1292,64 \pm 0,20	57,5 \pm 5,2	30 \pm 3	-	0,90 \pm 0,20	E2+<20%MI
1298,60 \pm 0,21	15,9 \pm 1,70	7,5 \pm 1,5	-	0,85 \pm 0,25	E2
(1306 \pm 1)	\leq 0,04	-	-	-	-
1310,6 \pm 1,0	\approx 0,05	-	-	-	-
1434,6 \pm 0,5	\approx 0,7	-	-	-	-
1435,10 \pm 0,20	2,1 \pm 0,3	-	3,35 \pm 1,30	-	-
1456,12 \pm 0,54	0,10 \pm 0,03	-	-	-	-
1580,17 \pm 0,22	0,76 \pm 0,11	-	-	-	-
1608,35 \pm 0,19	2,3 \pm 0,3	-	-	-	-
1657,04 \pm 0,40	0,12 \pm 0,03	-	-	-	-

На рис. 2 приведен спектр рентгеновских лучей K -серии и γ -линии 145,45 кэв. В спектре проявляются линии K_{α_1, α_2} и $K_{\beta'_1}$ (Ce), которые обязаны присутствию в источнике небольшой примеси ($^{140}Nd + ^{140}Pr$).

В таблице 1 указаны интенсивности K_x и β^+ -излучений. Интенсивность позитронов вычислена из интенсивности аннигиляционных квантов. Коэффициент их счетности был установлен измерением в той же геометрии и с теми же фильтрами калибровочного источника ^{22}Na . Сравнением интенсивностей K_x и γ^\pm -излучений установлено ветвление K/β^+ -перехода между основными состояниями ^{141}Nd и ^{141}Pr . Его величина $K/\beta^+ = (31,5 \pm 3,2)$ хорошо согласуется с теоретической для разрешенного β -перехода: $f_k / f_{\beta^+} = (32,9 \pm 3,6)$ при $E_0 = 790 \pm 20$ кэв ^{/8/} и $E_0 = 780 \pm 9$ кэв ^{/32/}. Близкую к нашему значению величину K/β^+ ранее установил Гриссом и др. ^{/10/} (36,7 \pm 3,7). Граничная энергия γ -перехода нами определена равной $E_0 = 740 \pm 70$ кэв (см. рис. 1 в работе ^{/30/}). Поскольку в опытах использовался источник в виде фракции и приходилось вычитать из общего спектра вклад позитронов $^{138, 139}Nd$ и их дочерних изотопов, то нам не удалось измерить граничную энергию β^+ -спектра ^{141}Nd с большой точностью.

В таблице 1 приведены также сведения о γ - γ -совпадениях с γ -лучами 145,45 кэв. Из рис. 3 видно, что наблюдались совпадения γ -квантов 145,45 кэв с γ -лучами с $E_\gamma = 981,7; 1147,3; 1289,6$ и 1435,1 кэв. Совпадения (γ 145) (γ 1289,6) удалось установить впервые.

4. Схема распада и ее обсуждение

Полученные сведения об энергиях и интенсивностях γ - и β -переходов, о мультипольностях, а также данные о γ - γ -совпадениях исполь-

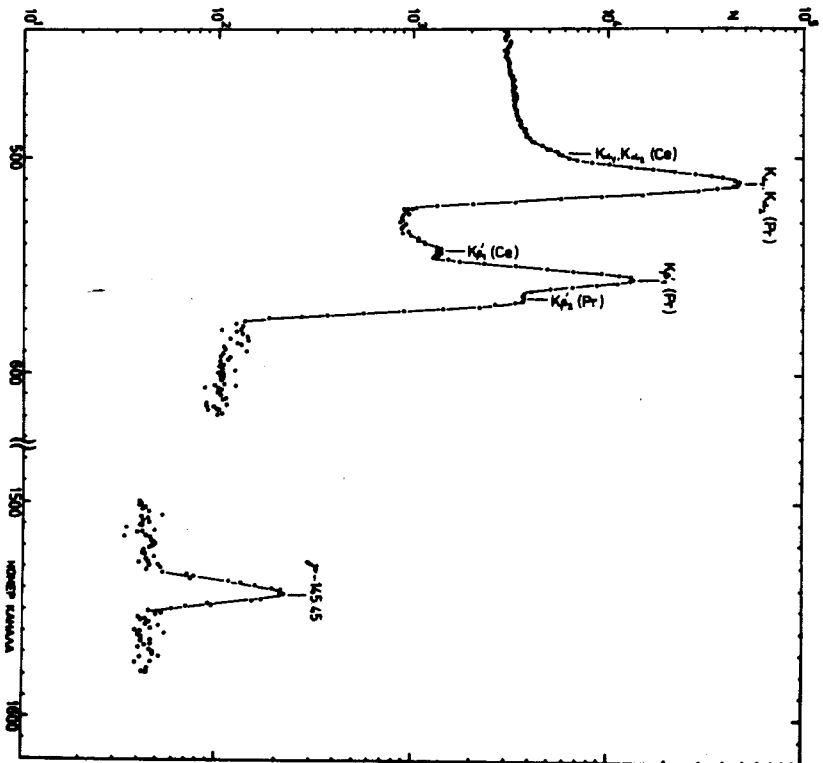


Рис. 2. Спектр рентгеновских лучей К-серпидина и γ -линии 145,45 кэВ ^{141}Nd .

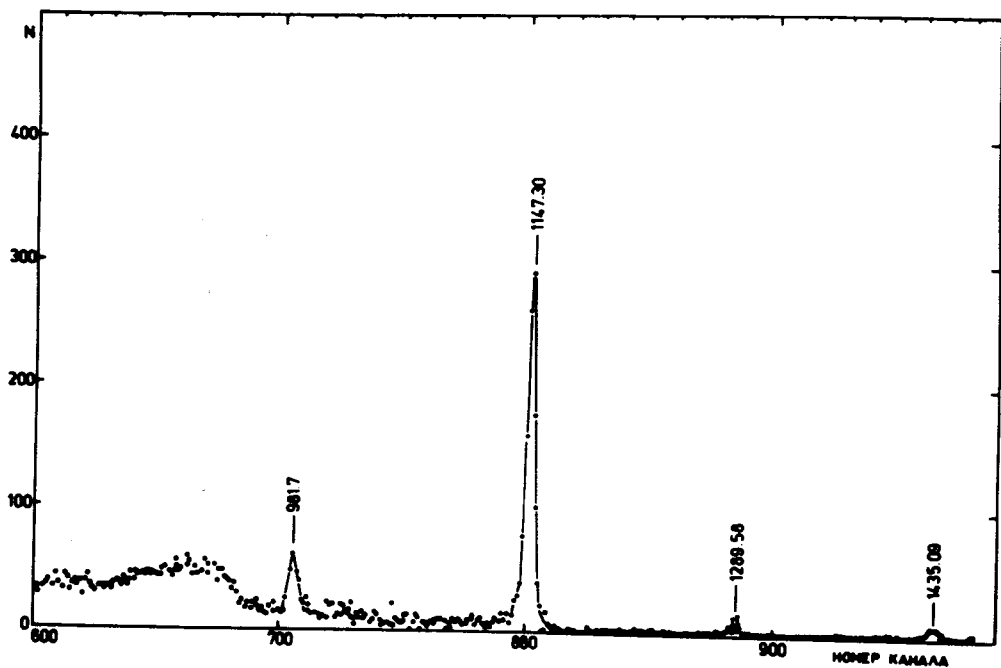


Рис. 3. Участок спектра γ -лучей, совпадающих с γ -линией 145,45 кэВ.

зованы при конструировании схемы распада $^{141}\text{Nd} \rightarrow ^{141}\text{Pr}$ (рис. 4). Для приведенной на рис. 4 схемы хорошо выполняется баланс энергий и интенсивностей переходов. Заселение уровней ^{141}Pr электронным захватом определено из баланса интенсивностей. Вероятности β -переходов (в % на распад) и соответствующие величины $l g f t$ на рисунке указаны. Величина периода полураспада ^{141}Nd принята по работе /10/: $2,42 \pm 0,09$ час. Значения функции f при вычислении $l g f t$ брались из /31/ в предположении разрешенного характера переходов. Энергия распада $^{141}\text{Nd} \rightarrow ^{141}\text{Pr}$ принята равной $Q_{\beta^+} = 1802 \pm 9$ кэВ /32/ как наиболее точно измеренная.

Схема уровней ^{141}Pr дополнена двумя состояниями 1434,7 и 1456,1 кэВ. Введение состояния 1434,7 кэВ подтверждается совпадением (γ 145) (γ 1289,6). Уровень 1456,1 введен по балансу энергий двух переходов.

Остановимся подробнее на квантовых характеристиках уровней. Спины основных состояний ^{141}Nd и ^{141}Pr установлены экспериментально $3/2$ и $5/2$, соответственно. Согласно модели оболочек, это состояния d $3/2$ и d $5/2$. Экспериментальное значение $l g f t = 5,2$ для бета-перехода между указанными состояниями характерно для переходов между членами спин-орбитального дублета.

Мультипольность перехода 145,45 кэВ $(99,58 \pm 0,08)\% M1 + (0,42 \pm 0,08)\% E2$, время жизни уровня ($T_{1/2} = 1,91 \pm 0,6$ нсек)^{/28/} и вероятности заселения его при β -распаде $^{141}\text{Nd} (3/2^+)$ и $^{141}\text{Ce} (7/2^-)$ однозначно позволяют приписать уровню 145,45 кэВ характеристики $7/2^+$ и интерпретировать его как состояние g $7/2$ 59-го протона.

Состояниям ^{141}Pr с $E > 1$ МэВ, возбужденным из распада ^{141}Nd , квантовые характеристики ранее /9-11/ приписывались с учетом: вероятностей заселения их электронным захватом ($l g f t$), соотношений интенсивностей высвечивающих γ -переходов, способа разрядки их на два

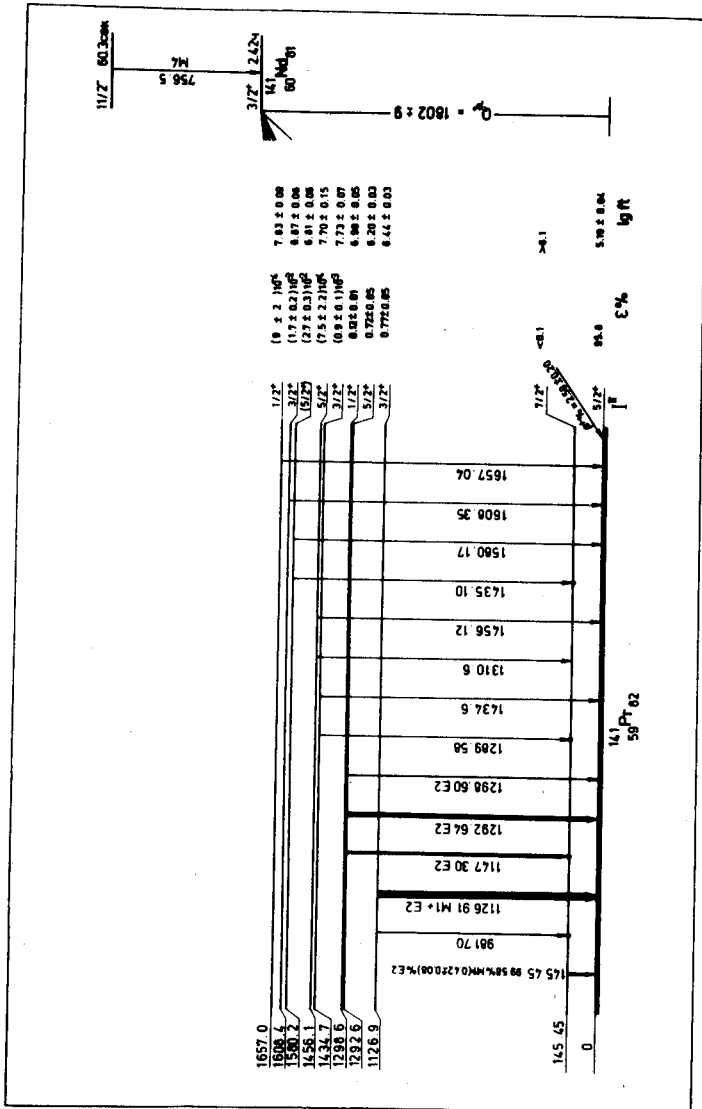


Рис. 4. Схема распада 141 Nd (2,42 часа).

нижних состояния (идет один или два γ -перехода); и представлений модели оболочек. Помимо перечисленных фактов мы приняли во внимание типы мультипольностей некоторых γ -переходов.

Мы нашли, что переход 1126,9 кэв типа $M1 + E2$. Учитывая это и отмеченные выше факты, мы приписываем уровню 1126,9 кэв $J^\pi = 3/2^+$, что согласуется с выводом работы Мореха и Нофа /18/. Они возбуждали γ -лучами резонансный уровень ^{141}Pr с $E = 7652$ кэв и изучали угловые распределения высвечивающих его γ -переходов на другие состояния. Угловые распределения позволили им установить следующие спины и четности уровней: 145 кэв - $7/2^+$, 1130 кэв - $3/2^{(+)}$, 1437 кэв - $3/2^{(+)}$ и 1451 кэв - $(3/2^+, 7/2^+)$.

Бирн и др. /9/ состоянию 1292,6 кэв, учитывая приблизительно равные интенсивности γ -переходов 1147,3 и 1292,6 кэв, приписали $J^\pi = (5/2^+)$. Положительную четность уровня 1,295 Мэв установили по рассеянию (a, a') Баэр и др. /14/. Вилденталь и др. /22/ по угловому распределению дейтронов в реакции $^{139}La (\ ^3He, d)$ нашли, что возбуждаемый уровень 1,30 Мэв имеет характеристики $1/2^+$. Однако в работах /20-22/ дублет уровней 1292,6 и 1298,6 кэв не мог быть разделен из-за недостаточного разрешения. Мы нашли, что переходы 1147,3 и 1292,6 кэв имеют мультипольность $E2$, что позволяет приписать уровню 1292,6 кэв $J^\pi = 5/2^+$. Тогда результат Вилденталю относится к уровню 1298,6 кэв. С квантовыми характеристиками $J^\pi = 1/2^+$ состояния 1298,6 кэв согласуется установленный нами тип мультипольности перехода 1298,6 кэв - $E2$.

Введенному нами в схему распада ^{141}Nd уровню 1434,7 кэв мы приписываем характеристики $J^\pi = 3/2^+$, так как этот уровень заметно заселяется β -распадом ^{141}Nd , а высвечивающие его γ -переходы имеют близкие интенсивности. Морех и Ноф /18/ из реакции (γ, γ') установили для уровня 1435 кэв $J^\pi = 3/2^{(+)}$. Те же авторы дают для

состояния 1451 кэв $J^\pi = 3/2^+$ или $7/2^+$. Наши данные согласуются с характеристиками $J^\pi = 7/2^+$, т.к. указанный уровень не заселяется заметно при распаде ^{141}Nd ($3/2^+$) ($l_g ft > 8,2$).

Уровню 1456,1 кэв следует приписать характеристики $3/2^+$ или $5/2^+$, учитывая его заселение ϵ -захватом и интенсивности высвечивающихся γ -переходов. Спин $5/2$ кажется предпочтительнее, т.к. именно такое значение было установлено для состояния 1457 кэв в работе /19/. Состояние 1580,2 кэв разряжается двумя переходами с довольно близкими интенсивностями, поэтому, как и Бирн /9/, мы рассматриваем этот уровень с $J^\pi = (5/2^+)$.

Уровни 1608,4 и 1657,0 кэв разряжаются переходами только на основное состояние, поэтому их квантовые характеристики должны быть $J^\pi = (1/2^+$ или $3/2^+)$. Вилденталь и др. /22/ дают для уровней 1,60 и 1,65 Мэв характеристики $3/2^+$ и $1/2^+$, соответственно.

Приведем сравнение всех имеющихся экспериментальных сведений об уровнях ^{141}Pr с предсказаниями различных моделей.

Из неупругого рассеяния α -частиц известно, что уровни с $E < 2,3$ Мэв разряжаются практически одночастичными переходами. Это указывает на незначительную роль связи четно-четного остова и неспаренного протона в ^{141}Pr . Поэтому мы остановимся на рассмотрении уровней ^{141}Pr по моделям /1-7/.

В работах /1-7/ проводились расчеты в квазичастичном представлении, где остаточное взаимодействие протонов выбиралось в виде гауссиана, поверхностного дельта-взаимодействия и потенциала Эллиота. Полученные матрицы взаимодействия "активных" (сверх $Z = 50$) протонов, находящихся на орбиталях $1 g 7/2$, $2 d 5/2$, $2 d 3/2$, $3 s 1/2$, $1 h 11/2$, диагонализировались так, чтобы получить набор одно- и трехквартичных состояний.

На рис. 5 сравниваются экспериментальный и расчетные по моделям /1-7/ спектры возбуждений ^{141}Pr ($E_{exp} < 2,1$ Мэв). Как видим, наблюдается удовлетворительное согласие расчетов и эксперимента в описании энергий, спинов и четностей уровней ^{141}Pr . Также довольно хорошо описываются радиационные характеристики уровней и их спектроскопические факторы, полученные из изучения реакций передачи и подхвата протона (см., например, /21/). Переход 145,45 кэв относится к l -запрещенным, типа $1g\ 7/2 \rightarrow 2d\ 5/2$. Переходы такого типа сильно заторможены по $M1$ -компоненте (примерно в 400 раз), а наблюдаемая небольшая примесь $E2$ несколько ускорена. Ясно, что переход идет за счет примесей к указанным одночастичным уровням $1g\ 7/2$ и $2d\ 5/2$ компонент других состояний. В модели Кислингера-Соренсена /33/ делались попытки объяснить такие переходы, однако удовлетворительные результаты не получены.

В рамках обсуждаемых моделей /1-7/ удается правильно описать магнитный дипольный и электрический квадрупольный моменты основного состояния ^{141}Pr , а для вероятности перехода между первым возбужденным ($7/2^+$) и основными состояниями получается еще заметное различие между экспериментальным значением и расчетным (см. таблицу 2). Однако сильный разброс в величинах, предсказываемых разными моделями /1-7,33/, позволяет высказать надежду на успех в учете примесей.

Из таблицы 2 видно, что некоторые характеристики высоковозбужденных уровней ^{141}Pr удовлетворительно согласуются с расчетными, однако имеются случаи, где согласие не достигнуто. Резюмируя, можно сказать, что расчетные характеристики весьма чувствительны как к выбору типа остаточного нуклон-нуклонного взаимодействия, так и к выбору волновых функций и собственных энергий одноквазипротонных орбиталей $1g\ 7/2$, $2d\ 5/2$, $2d\ 3/2$, $3s\ 1/2$, $1h\ 11/2$. Всестороннее изучение магических ядер с $N = 82$ различными методами несомненно

Сравнение экспериментальных и теоретических характеристик уровней ^{141}Pr .

Состояние, Энергия(кэв), J	Характеристики	Экспери- мент	Т е о р и я	
			Гаусс/5/	Эллиотт/3/
0, $5/2^+$	Магнитный дипольный мо- мент μ (маг. Бора)	4,24	4,08	4,61
	Электрический квадра- польный момент Q ($e^2\text{в}$)	-0,07	-0,188	+0,059
	Спектроскопический фактор S_j (0, j)*	0,64	0,69	0,64
145,45 $7/2^+$	Энергия (кэв)	145,45	146	10
	Примесь E2			
	компоненты в переходе 145,45 кэв (в %)	0,4	2,5	0,02
	Фактор торможения M1- перехода 145,45 кэв	445	$2,7 \cdot 10^4$	$8,8 \cdot 10^3$
	фактор ускорения E2-компоненты перехода 145,45 кэв	2,4	38	1420
S_j (0, j)	0,28	0,16	0,20	
1118 $11/2^-$	Энергия, (кэв)	1118	1110	1118
	$P(11/2^- \rightarrow 7/2^+)$	9	2	-
	$P(11/2^- \rightarrow 5/2^+)$			
	S_j (0, j)	0,96	0,94	0,93
1126,9 $3/2^+$	Энергия (кэв)	1126,9	1233	1054
	Примесь E2 в переходе в основное состояние	50	94	-
	$P(3/2^+ \rightarrow 7/2^+)$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^3$	-
	$P(3/2^+ \rightarrow 5/2^+)$			
	S_j (0, j)	-	0,006	0,09

1	2	3	4	5
1292,6 5/2 ⁺	Энергия (кэВ) Примесь E2 в переходе на основное состояние в (%) Примесь E2 в переходе на уровень I45 кэВ (в %) P (5/2 ⁺ → 5/2 ⁺) <hr/> P (5/2 ⁺ → 7/2 ⁺) S _j (0, j)	1292,6 80 80 1,4 -	1338 76 98 60 0,006	1100 - - - 0,1%
1298,6 1/2 ⁺	Энергия (кэВ) S _j (0, j)	1298,6 0,61	1547 0,83	1280 0,61
1434,7 3/2 ⁺	Энергия (кэВ) S _j (0, j)	1434,7 -	1788 0,11	1620 0,01
1456,1 5/2 ⁺	Энергия (кэВ) S _j (0, j)	1456,1 -	2068 0,02	1530 < 0,1%
1580,2 (5/2 ⁺)	Энергия (кэВ) S _j (0, j)	1580,2 -	1566 0,1%	1296 0,1%
1657,0 1/2 ⁺	Энергия (кэВ) S _j (0, j)	1657,0 0,51	2033 0,08	1581 0,31
1608,4 3/2 ⁺	Энергия (кэВ) P (3/2 ⁺ → 5/2 ⁺) <hr/> P (3/2 ⁺ → 7/2 ⁺) S _j (0, j)	1608,4 ∞ 1,04	1600 790 0,72	1260 - 0,62

* Спектроскопический фактор для реакции (³He, d).

дает богатый материал для сопоставления с модельными предсказаниями и эмпирическим путем удастся подобрать необходимые параметры моделей.

Авторы глубоко признательны В.П. Афанасьеву, И.И. Громовой, Н.А. Лебедеву, Ц. Вылову, коллективу измерительного центра ЛЯП ОИЯИ, операторам и инженерам ЭВМ СДС-1604А, аспиранту ЛГУ Н.А. Тихонову, студентам ЛГУ А.А. Александрову и В.М. Мосяжу, а также Я. Полаховой, В. Боновой и М. Неновой за большую помощь при проведении описанных выше экспериментов.

Литература

1. К.Т. Hecht and A. Adler . Nucl. Phys., A137, 129 (1969).
2. В.Н. Wildenthal. Phys. Rev. Lett., 22, ((1969) 1118.
3. N. Freed and W. Miles. Nucl. Phys., A158 (1970).
4. В.Н. Wildenthal. Phys. Lett., 29B, 274 (1970).
5. M. Waroquier and K. Heyde. Nucl. Phys., A144, 481 (1970).
6. K. Heyde and M. Waroquier. Nucl. Phys., A167, 545 (1971).
7. W. P. Jones, L. W. Borgman, K. T. Hecht, J. Bardwick and W. C. Parkinson. Phys. Rev., C4, No. 2, 580 (1970).
8. Е.И. Бирюков, Н.С. Шиманская. Изв. АН СССР, сер. физ., 27, 1402 (1983).
9. D. V. Beery, W. H. Kelly, Wm. C. McHarris. Phys. Rev., 171, 1283 (1968).
10. J. T. Grissom, D. R. Koehler, W. L. Alford. Phys. Rev., 142, 725 (1956); D. R. Koehler and J. T. Grissom. Nucl. Phys., 84, 235 (1966).
11. K. Hesse and K. Wien. Z. f. Naturforschung, 22a, 1642 (1967); K. Hesse. Z. Physik, 226, 328 (1968).
12. Л.Н. Абесалашвили, Ж. Желев, В.Г. Калинин, Я. Липтак, У. Назаров, Я. Урбанец. Препринт ОИЯИ, Р6-3341, Дубна, 1967.

13. C.Ellegaard, G.Samosvat, P.Vedelsby and K.Jorgensen. BAPS, 14, 492 (1969).
14. H.W.Baer, H.C.Griffin and W.S.Gray. Phys.Rev., C3, 1398 (1971).
15. J.G.Malan, W.R.McMurray, P.Van der Merve, I.J.Van Heerden and C.A.Engelbrecht. Nucl.Phys., A124, 111 (1969).
16. V.R.Dave, J.A.Nelson and R.M.Wilenzick. Nucl.Phys., A142, 619 (1970).
17. Е.А. Андреев, С.П. Ситько, В.А. Шевченко, ЯФ, 15, 856 (1972).
18. R.Morch and A.Nof. PhysRev., 178, 1961 (1969).
19. D.Pavel, G.Ben.David and Y.Schlesinger, and H.Szichman, Nucl.Phys., A160, 409 (1971).
20. H.W.Baer and J.Bardwick. Nucl.Phys., A229, 1 (1969).
21. W.P.Jones, K.L.W.Borgman, K.Z.Hecht, J.Bondwick and W.C.Parkinson. Phys.Rev., C4, 580 (1971).
22. В.Н. Wildenthal, Е. Newman and R.L. Audle. Phys.Lett., 27B, 628 (1968).
23. E.Molnar, A.Horvath and V.A.Khalkin. J.of Chromatography, 26, 225 (1967).
24. В.П. Афанасьев, А.Г. Василенко, И.И. Громова, Ж.Т. Желев, В.В. Кузнецов, М.Я. Кузнецова, Д. Мончка, Ю. Поморски, В.И. Райко, А.В. Ревенко, В.М. Сороко, В.А. Уткин. Сообщение ОИЯИ, 13-4763, Дубна, 1969.
25. В.С. Александров, Ф. Дуда, О.И. Елизаров, Г.П. Жуков, Г.И. Забиякин, З. Зайдлер, И. Звольски, Е.Т. Кондрат, Э.В. Лысенко, В.И. Приходько, В.Г. Тишин, В.И. Фоминых, М.И. Фоминых. Изв. АН СССР, сер. физ., 34, №1, 69 (1970).
26. В. Гаджиков. Препринт ОИЯИ, P10-5035, Дубна, 1971.
27. G.Winter. Zfk-182, Rossendorf, 1969.
28. Р. Арльт, Г. Винтер, С.В. Медведь, Г. Музиоль, А.Н. Синаев, З.А. Усманова, Д. Фромм, Н.А. Чистов, Х. Штрусный. Препринт ОИЯИ, P6-6227, 1972.
29. W.Gelletly, J.S.Geiger and R.L.Graham. Phys.Rev.Lett., 20, A6 (1968).

30. В.С. Бутцев, Ц. Вылов, В.Г. Калинин, Н.А. Тихонов, Э.Херрманн, Изв. АН СССР, сер. физ, 35, №8, 1618 (1971).
31. Б.С. Джелепов, Л.Н. Зырянова. Влияние электрического поля атома на бета-распад. Изд. АН СССР, 1956.
Л.Н. Зырянова. Уникальные бета-переходы. Изд. АН СССР, 1960.
32. N.Zeldes, A.Grill and A.Simievic. Mat.Fyz.Skr.Dan.Vid. Sesk, 3, No. 5 (1967).
33. L.S.Kisalinger, R.A.Sorensen. Kgl.Dan.Mat.Phys.Medd., 32, No. 9 (1960).

Рукопись поступила в издательский отдел
14 июня 1972 года.