

3472
2-18

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

6 - 5486

Чан Тхань Минь

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ
НЕКОТОРЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ЯДЕР,
БЛИЗКИХ К МАГИЧЕСКОМУ ЧИСЛУ $N = 50$**

**Специальность 055 - физика атомного ядра
и космических лучей**

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук

Дубна 1970

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель
профессор

Г. Музиоль

Официальные оппоненты:

В.С. Шпинель

доктор физико-математических наук
кандидат физико-математических наук

В.В. Пашкевич

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева.

Автореферат разослан 1970 года.

Защита диссертации состоится 1970 года на заседании Ученого совета Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Учёный секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

Ю.А. Батусов

6 - 5486

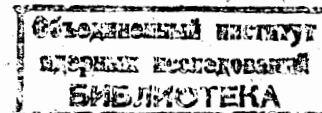
Чан Тхань Минь

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ
НЕКОТОРЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ЯДЕР,
БЛИЗКИХ К МАГИЧЕСКОМУ ЧИСЛУ N = 50

Специальность 055 - физика атомного ядра
и космических лучей

Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук

74068



Для развития современных ядерных моделей требуются новые и более точные сведения о состояниях ядер. Методы ядерной спектроскопии в последние годы дают большую информацию в связи с новыми достижениями в технике эксперимента - применением $Ge(Li)$ -полупроводниковых детекторов для исследования гамма-излучения и в технике временных совпадений.

Изучение ядер Nb , Zr , Y и Sr , не слишком удаленных от магических с $N = 50$, представляет большой интерес с точки зрения развития различных современных моделей, описывающих свойства сферических ядер.

Изучение этой области ядер расширяет пределы ядерно-спектроскопических исследований, проведенных в течение многих лет на базе синхроциклотрона ОИЯИ⁽¹⁾, и является промежуточным этапом к выполнению программы ЯСИАИШа по изучению ядер Nb , Zr , Y и Sr , находящихся далеко от полосы стабильности^(2,3).

Диссертация состоит из 6 разделов. В первом и последнем разделах даются введение и заключение. Во втором разделе излагаются общие черты моделей сферических ядер (модель оболочек, модели эффективного взаимодействия, сверхтекучей модели, модели неаксиальных ядер и модели возбужденного остова), особенно вопросы, привлекаемые для описания состояний ядер в изученной нами области. В третьем разделе рассмотрены методические вопросы эксперимента.

Изучавшиеся в работе изотопы Nb , Zr , Y и Sr выделялись химическим методом из продуктов реакции глубокого расщепления различных мишеней быстрыми протонами на синхроциклотроне ОИЯИ.

При исследовании γ -спектра и γ - γ , β^+ - γ совпадений использовалась различная аппаратура.

1) Спектры гамма-лучей измерялись на гамма-спектрометре при помощи двух $Ge(Li)$ - детекторов объемами 10 и $6,3 \text{ см}^3$. Разрешающая способность детектора объемом 10 см^3 была $6 \pm 7 \text{ кэВ}$, $6,3 \text{ см}^3 - 4 \pm 5 \text{ кэВ}$ на линии $1332 \text{ кэВ } ^{60}\text{Co}$.

γ - γ совпадения изучались при помощи двух спектрометров. В первом спектрометре использовались $Ge(Li)$ - детекторы объемом 30 и 10 см^3 . Разрешающее время схемы совпадений равнялось $\sim 80 \text{ нсек}$. Во втором спектрометре использовались два кристалла $Ge(Li)$ объемом 13 см^3 или один кристалл $NaI(Tl)$ размером $5 \times 5 \text{ см}^3$ и один $Ge(Li)$. Разрешающее время этой аппаратуры составляет около 100 нсек .

Для изучения β^+ - γ совпадений применялась схема тройных совпадений с использованием двух кристаллов $NaI(Tl)$ размером $5 \times 5 \text{ см}$ и одного $Ge(Li)$ - детектора объемом 30 см^3 или 10 см^3 .

Четвертый раздел посвящен результатам исследования состояний четно-четных ядер, возбуждаемых при распаде ^{90}Nb , ^{86}Y и ^{84}Y .

Распад $^{90}\text{Nb} \rightarrow ^{90}\text{Zr}$ (рис.1)

В гамма-спектре ^{90}Nb обнаружено 34 гамма-перехода, из них 22 перехода либо наблюдались впервые, либо впервые измерена их интенсивность.

Экспериментальное определение величин α_k позволило установить типы мультипольностей 17 переходов, для 8 из которых мультипольность определена впервые:

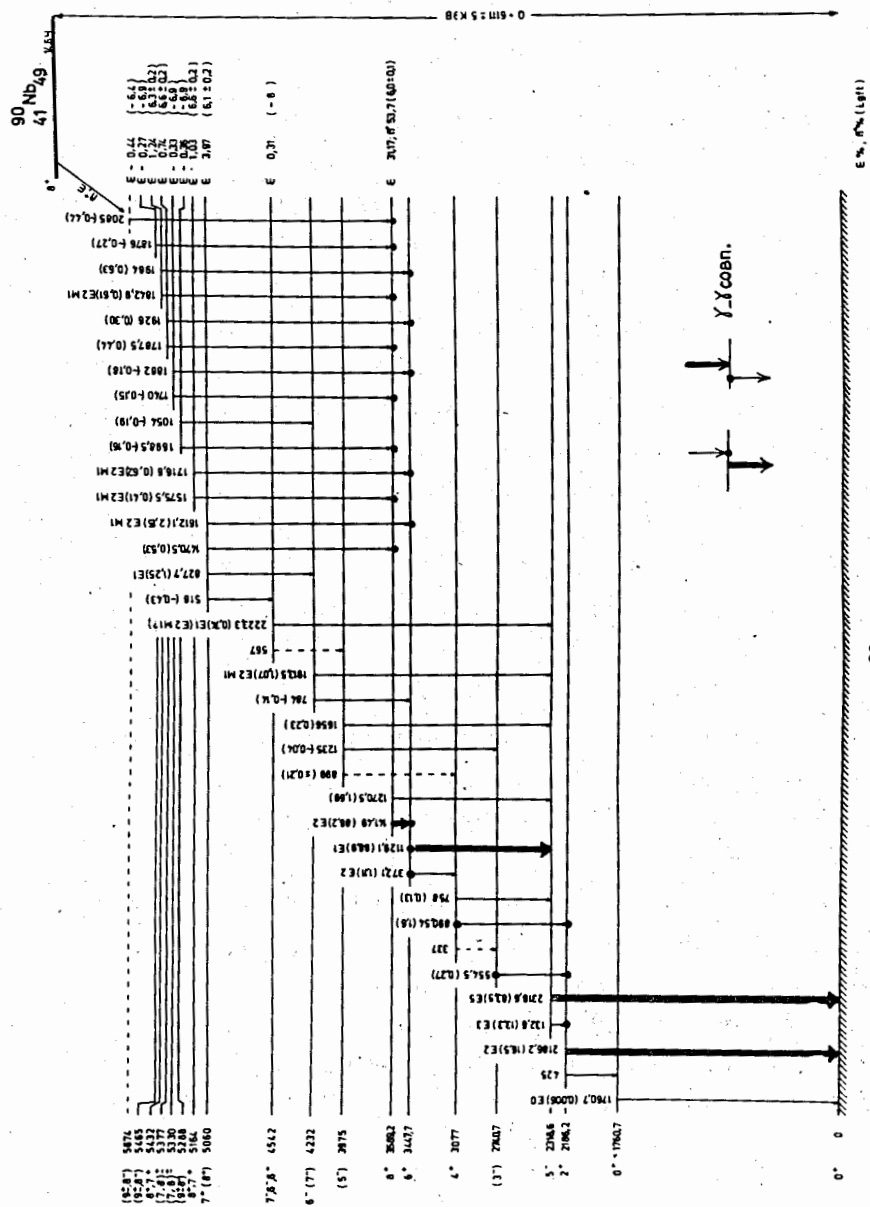


Рис.1 Схема распада ^{90}Nb

827,7 кэВ (E1); 890,54 кэВ (E2, M1); 1270,5 кэВ (E2, M1 (E3?)); 1575,5 кэВ (E2, M1); 1716,6 кэВ (E2, M1); 1842,9 кэВ (E2, M1) и 1913,5 кэВ (E2, M1).

Впервые изучены спектры гамма-гамма совпадений ^{90}Nb с использованием $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов. При этом были измерены совпадения с фотопиками гамма-лучей I4I, II29 кэВ, с пиками двойного вылета лучей 2I86 и 23I8 кэВ и с аннигиляционным пиком (5II кэВ).

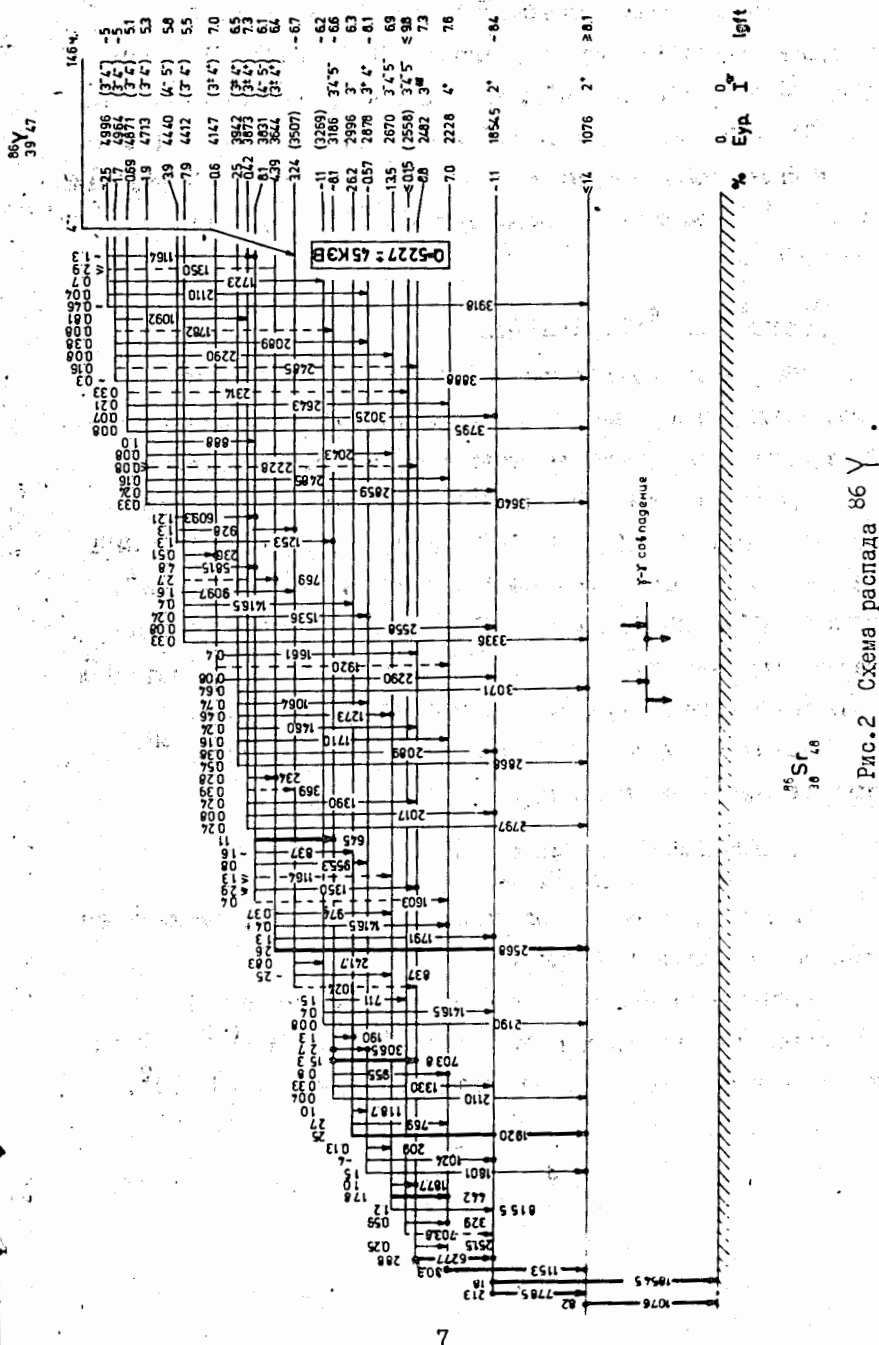
На основе полученных данных в схеме распада ^{90}Nb (рис.1) введены 18 возбужденных состояний, в том числе 7 новых: 2740,7 (3⁻); 3975 (5⁻); 5288 (9[±], 8⁻); 5330 (7, 8)[±]; 5377 (7, 8)[±]; 5465 (9[±], 8⁻) и 5674 кэВ (9[±], 8⁻). Обнаруженные гамма-переходы 758; 784; 1470; 1575,5 и 1984 кэВ размещены между известными ранее уровнями. Подтверждено существование и уточнены квантовые характеристики уровней 4232; 4542 и 5432 кэВ, которые в работе⁽⁴⁾ были введены предположительно. Вычислены заселенности уровней ^{90}Zr за счет $\beta^+ - \epsilon$ распада и соответствующие значения *lgft*.

Распад $^{86}\text{Y} \rightarrow ^{86}\text{Sr}$ (рис.2)

В гамма-спектре обнаружены 95 гамма-переходов, из которых половина раньше не была известна и определены их интенсивности. Получены экспериментальные величины α_k и установлены типы мультипольностей 23 гамма-переходов.

Изучены спектры гамма-гамма совпадений с 10 гамма-переходами 442; 627,7; 645; 703,8; 778,5; 1076; 1153; 1854,5; 1920 и 2568 кэВ $\beta^+ \gamma$ совпадения изучены методом тройных совпадений. На основе количественного анализа спектров совпадений размещены в схеме распада почти все переходы с абсолютной интенсивностью $I_\gamma \geq 1\%$.

6



7

Предложена схема распада ^{86}Y , в которую вошло 22 возбужденных состояния, из них 9 новых: 2558 ($3^-, 4^-, 5^-$); 3269; 3873 ($3^+, 4^+$); 3942 ($3^+, 4^+$); 4147 ($3^+, 4^+$); 4440 ($4^-, 5^-$); 4713 ($3^-, 4^-$); 4871 ($3^-, 4^-$); 4964 ($3^-, 4^-$) и 4996 кэв ($3^-, 4^-$). Уточнены энергии, спины и четности ряда известных уровней. Определены доли $\beta^+-\epsilon$ распада на каждый уровень ^{86}Sr и соответствующие значения $\lg ft$.

Распад $^{84}\text{Y} \rightarrow ^{84}\text{Sr}$ (рис.3)

Обнаружено около 24 гамма-переходов. Из них 18 либо наблюдали впервые, либо впервые измерена их интенсивность. Определены типы мультипольностей некоторых гамма-переходов.

Предложена схема распада ^{84}Y , включающая 11 возбужденных состояний: 794 (2^+); 1456 (2^+); 1769 (4^+); 2059 (3^+); 2451 ($3, 4$) $^\pm$; 2558 ($3, 4$) $^\pm$; 2808 ($4, 5$) $^-$; 3086 ($3, 4$) $^\pm$; 3202 ($3, 4$) $^\pm$; 3273 ($4, 5$) $^-$ и 4177 кэв ($3^-, 4^-, 5^-$), из которых только 3 уровня ранее были известны⁽⁵⁾. Результаты изучения реакции $^{86}\text{Sr}(p,t)^{84}\text{Sr}$ полученные позднее авторами⁽⁶⁾, подтвердили наш вариант.

Определены доли $\beta^+-\epsilon$ распада на каждый уровень ^{84}Sr и соответствующие значения $\lg ft$.

О структуре состояний исследуемых четно-четных ядер.

По мере удаления от магического числа $N = 50$, четно-четные ядра имеют различную природу.

Свойства полумагического ядра ^{90}Zr хорошо описывает модель оболочек. Расчетные результаты Кохена⁽⁷⁾ и Адебеша⁽⁸⁾, полученные на основе этой модели для протонных состояний $(g_9/2)^2$;

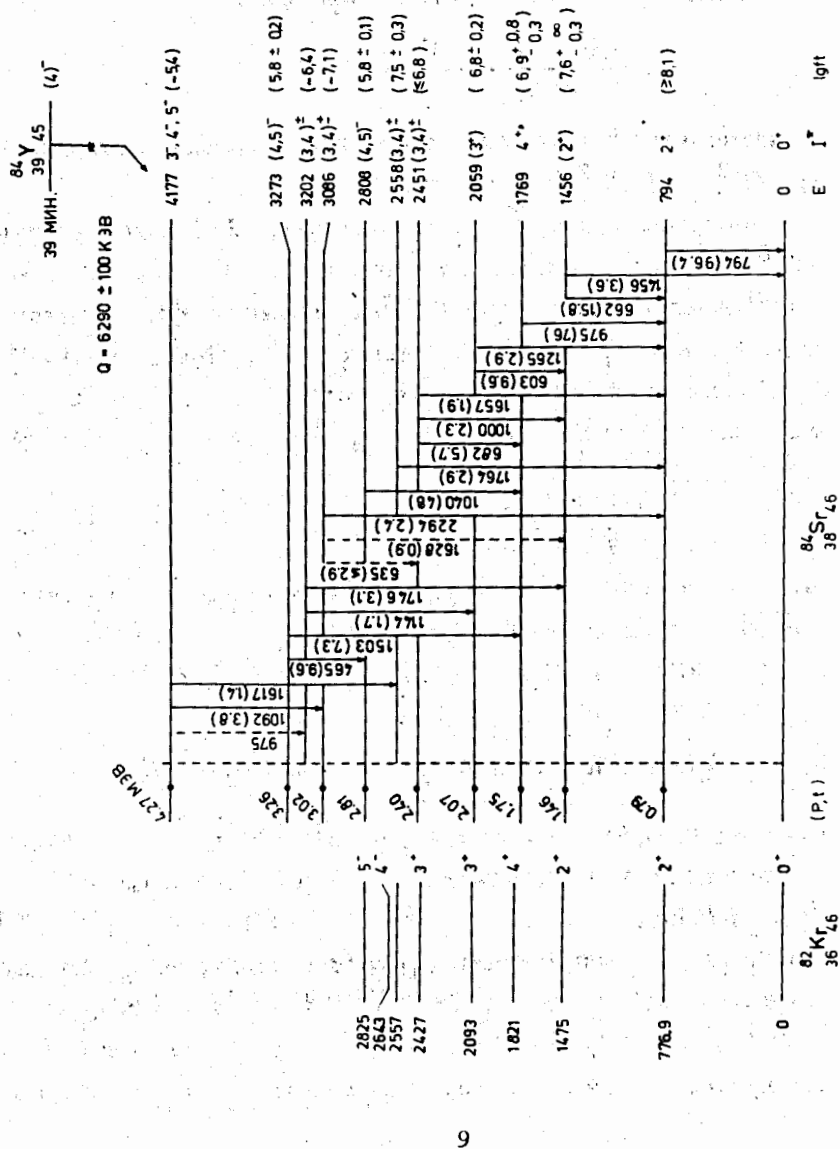


Рис.3 Схема распада ^{84}Y .

($p\ 1/2$)² и ($p\ 1/2\ g\ 9/2$) ядра ⁹⁰Zr неплохо согласуются с экспериментом. Отношение приведенных вероятностей

$$\frac{B(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_2^+)}{B(E2; 2_1^+ \rightarrow 0_1^+)} = 1,3$$

соответствует теоретическим предсказаниям о примеси конфигураций ($p\ 1/2$)₀² и ($g\ 9/2$)₀² в состояниях 0⁺.

В отличие от ядра ⁹⁰Zr, для описания свойств нижних состояний ⁸⁴Sr наиболее приемлемыми являются коллективные модели. Сакаи⁽⁹⁾ выделил в схеме уровней ⁸⁴Sr состояния основной квазиротационной полосы 0₁⁺, 2₁⁺ и 4₁⁺, а также гамма-вибрационные уровни 2₂⁺, 3₁⁺. В пользу этого описания, кроме соотношений об энергии и квантовых характеристиках, свидетельствует еще отношение приведенных вероятностей

$$\frac{B(E2; 3_1^+ \rightarrow 2_2^+)}{B(E2; 3_1^+ \rightarrow 2_1^+)} \approx 96.$$

Нижние состояния ⁸⁴Sr можно рассмотреть и в рамках модели неаксиальных ядер Давыдова⁽¹⁰⁾. Значения параметра асимметрии $\gamma = 28,6^\circ$; $28,3^\circ$ и $29,2^\circ$, полученные из соотношений

$$\frac{E_{2_2^+}}{E_{2_1^+}} \text{ и } \frac{E_{4_1^+}}{E_{2_1^+}}; \quad \frac{B(E2; 3_1^+ \rightarrow 2_1^+)}{B(E2; 3_1^+ \rightarrow 2_2^+)} \text{ и } \frac{B(E2; 2_2^+ \rightarrow 0_1^+)}{B(E2; 2_2^+ \rightarrow 2_1^+)},$$

соответственно, оказываются близкими друг к другу.

Случай ⁸⁶Sr представляет собой промежуточный между ⁹⁰Zr и ⁸⁴Sr.

В пятом разделе излагаются результаты исследования состояний нечетных ядер при распаде ^{89m}, ⁸⁹Nb; ^{89m}, ⁸⁹Zr, ⁸⁷Zr; ^{85m}, ⁸⁵Y и ^{85m}Sr. В гамма-спектрах этих ядер наблюдались 95 гамма-переходов. Из них 69 переходов либо наблюдаены впервые, либо

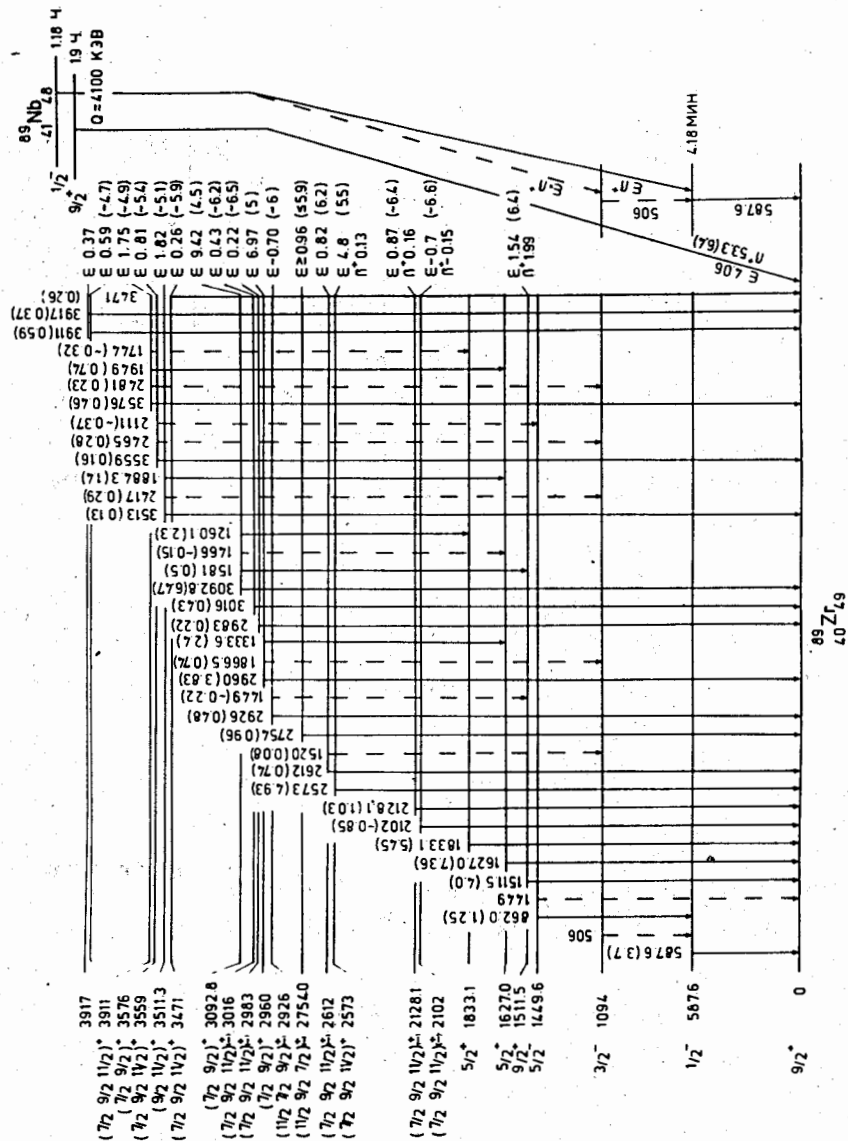


Рис. 4 Схема распада ⁸⁹Zr.

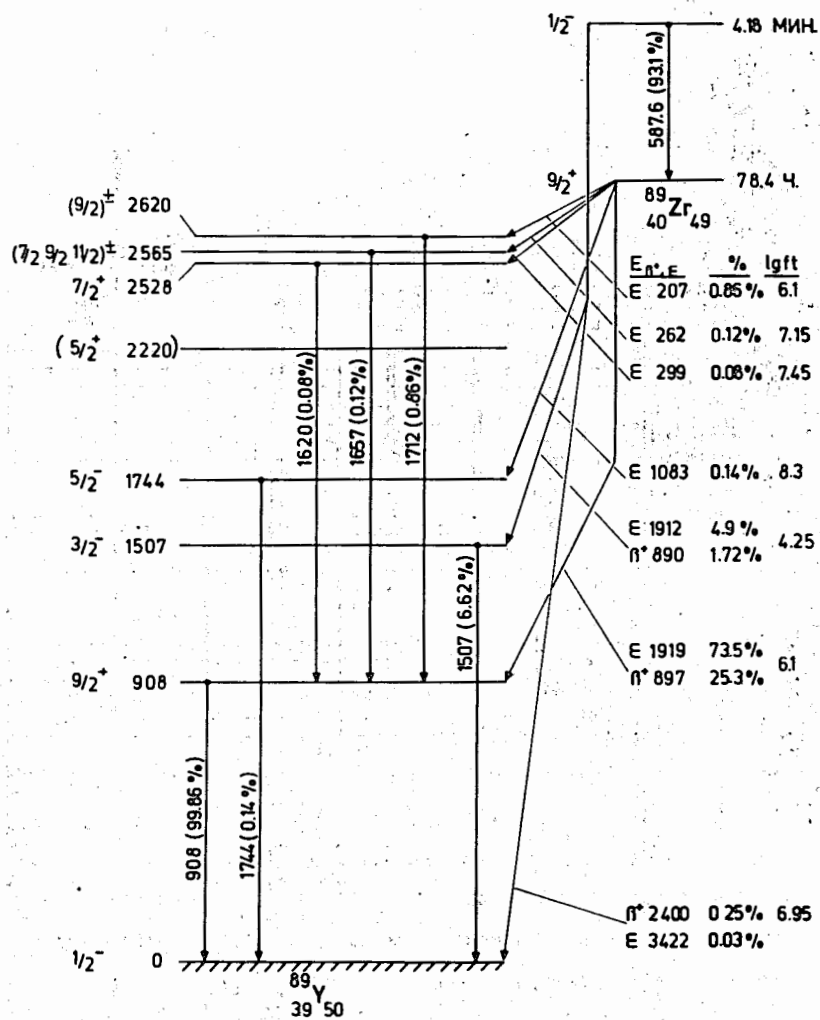


Рис.5. Схема распада ^{89}Zr .

впервые измерена их интенсивность. Впервые предложены схемы распада ^{89m}Nb , ^{89}Nb (рис.4) и ^{87}Zr (рис.5).

Существенно уточнены и дополнены схемы распада ^{89m}Zr , ^{89}Zr (рис.6) ^{85m}Y , ^{85}Y (рис.7). В схему уровней ^{89}Y введены новые состояния: $1744 (5/2^-)$ и $2565 \text{ кэВ} (7/2, 9/2, II/2)^+$ и в ^{85}Sr $1364 (5/2^- 3/2^+)$; $1797 (5/2^+)$; $1935 (7/2, 9/2, II/2)^+$; $2584 (7/2, 9/2)^+$; $2745 (7/2, 9/2, II/2)^+$; $2786 (7/2, 9/2)^+$ и $3266 \text{ кэВ} (7/2, 9/2, II/2)^+$.

Определены доли $\beta^+ - \epsilon$ распада на уровни ядер ^{89}Zr , ^{89}Y , ^{87}Y и ^{85}Sr и соответствующие значения $lgft$. Обсуждается как энергия распада ^{89}Nb , так и относительное положение изомеров ^{85}Y .

На основе полученных данных обсуждены состояния нечетных ядер, близких $N = 50$:

1) Низколежащие состояния ядер с $N = 47, 49$ и $Z = 39$ интерпретированы как одночастичные состояния $g 9/2$, $p 1/2$, $(p 3/2)^{-1}$ и $(f 5/2)^{-1}$. Обсуждается ход изменения энергетических расстояний между этими состояниями от ядра к ядру.

2) Экспериментальный факт, что в бета-переходах значения $lgft (l - 1/2 \rightarrow l - 1/2)$ больше $lgft (l - 1/2 \rightarrow l + 1/2)$, рассмотрен в рамках одночастичного бета-перехода. Качественное согласие получается. Учет эффективности смеси конфигураций или парных корреляций уменьшает расхождение между экспериментальными и теоретическими результатами.

3) Группы состояний $5/2^+$, $7/2^+$, $9/2^+$ и $II/2^+$ в ядрах ^{87}Y , ^{89}Y и ^{89}Zr можно интерпретировать как члены мультиплета возбужденного остова $2^+ + g 9/2$. Центр тяжести этих состояний находится

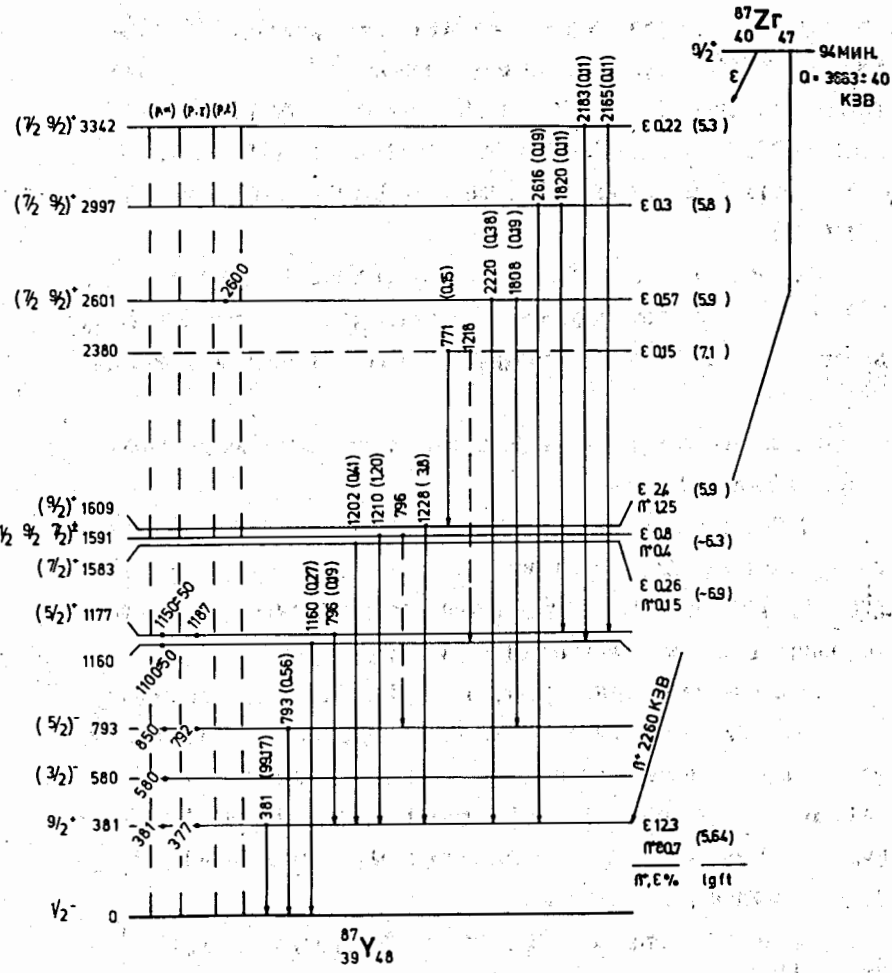


Рис.6 Схема распада ^{87}Zr .

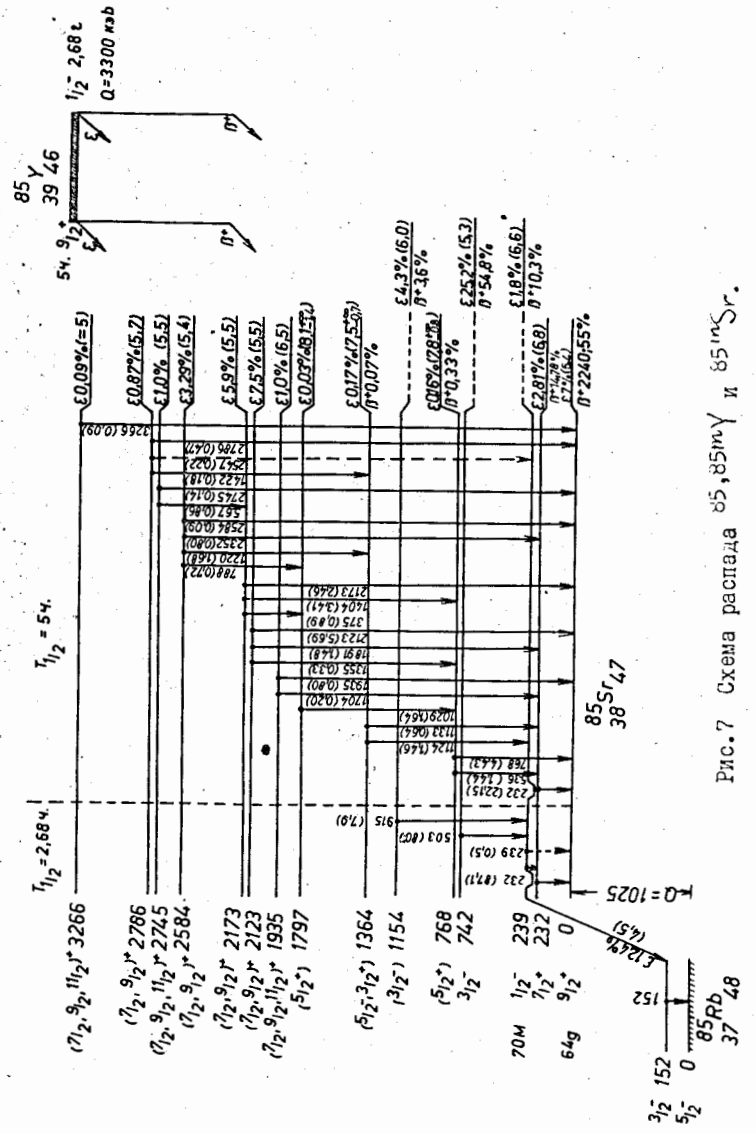


Рис.7 Схема распада ^{85}Sr и ^{85}Y .

в согласии с предсказанием модели возмущенного остова^(II). Дублет $2^+ + p\ 1/2$ может проявляться только в качестве примеси к одночастичным состояниям $p\ 3/2$ и $f\ 5/2$.

4) Состояния $9/2^+$, $7/2^+$ и $5/2^+$ в ядрах с $N = 47$ интерпретированы как члены трехчастичного мультиплета $n\ (g\ 9/2)^{-3}$.

5) На основании анализа вероятности бета-переходов можно выделить из высоковозбужденных уровней некоторые с определенными доминирующими конфигурациями.

Основные результаты исследований данной диссертации были доложены на XIX и XX Ежегодных всесоюзных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (1969-1970г), на Международном симпозиуме по структуре ядра (Дубна, 1968г.), на конференции по свойствам ядра, далеких от области стабильной линии (Лейпциг, 1970г.), а также опубликованы в печати /12-18/.

ЛИТЕРАТУРА

1. К.Я.Громов, Б.С.Джелепов. Препринт ОИЯИ 6-3997, Дубна (1968).
2. Г.Музиоль. Препринт ОИЯИ В-2-6-4825, Дубна (1969).
3. Г.Музиоль, В.И.Райко, Х.Тыррофф. Препринт ОИЯИ, Р6-4487, Дубна (1969).
4. H. Petterson, S. Antman, Y. Grunditz, *Nucl. Phys.*, **A108**, 124 (1968).
5. T. Yamazaki, H. Ohnuma, Y. Hashimoto et al., *J. Phys. Soc. Jap.*, **17**, 1223 (1962).
6. W.G. Davies et al. RHEL/R170-49 (1968).
7. S. Cohen, R.D. Lawson, M.H. Macfarlane and M. Siga, *Phys. Lett.*, **10**, 195 (1964).
8. N. Auerbach and J. Talmi, *Nucl. Phys.*, **64**, 458 (1965).
9. M. Sakai, *Nucl. Phys.*, **A104**, 301 (1967).
10. А.С.Давыдов, Книга "Возбужденные состояния атомных ядер", Атомиздат, 1967.
11. A. de-Shalit, *Phys. Rev.*, **122**, 1530 (1961).
12. Р.Арльт, Н.Г.Зайцева, Б.Крацик, М.Г.Лоцилов, Г.Музиоль, Чан Тхань Минь. Препринт ОИЯИ Р6-4229 (1969); Изв.АН СССР, сер.физ., № 10, 1594 (1969).
13. Н.Г.Зайцева, Б.Крацик, М.Г.Лоцилов, Г.Музиоль, Чан Тхань Минь, Х.Штрусный. Препринт ОИЯИ Р6-4240, Изв.АН СССР, сер.физ., № 8, 1283 (1969).
14. Р.Арльт, Н.Г.Зайцева, Б.Крацик, М.Г.Лоцилов, Г.Музиоль, Чан Тхань Минь. Препринт ОИЯИ 6-5093 (1970); Изв.АН СССР, сер.физ., № 1 (1971).
15. Р.Арльт, Н.Г.Зайцева, Б.Крацик, М.Г.Лоцилов, Г.Музиоль, Чан Тхань Минь, Х.Штрусный. Препринт ОИЯИ 6-5138, Дубна (1970); Изв.АН СССР, сер.физ., № 1 (1971).

16. Р.Арльт, Н.Г.Зайцева, Б.Крацик, Г.Музиоль, Л.К.Пекер,
Чан Тхань Минь. Препринт ОИЯИ 6-5088, Дубна (1970);
Изв. АН СССР, сер. физ., № I (1971).
17. Н.Г.Зайцева, Б.Крацик, Г.Музиоль, Л.К.Пекер, В.И. Фоминых,
Чан Тхань Минь. Препринт ОИЯИ 6-5106, Дубна (1970);
Изв. АН СССР, сер. физ: № I (1971).
18. Р.Брода, В.Валос, Н.Г.Зайцева, Б.Крацик, М.Г.Лоцилов,
Г.Музиоль, Э.З.Риндина, Чан Тхань Минь. Программа и
тезисы XX Совещания по ядерной спектроскопии и струк-
туре ядра, Изд. "Наука", 1970, стр. 51.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 ноября 1970 года.