

С 341.26

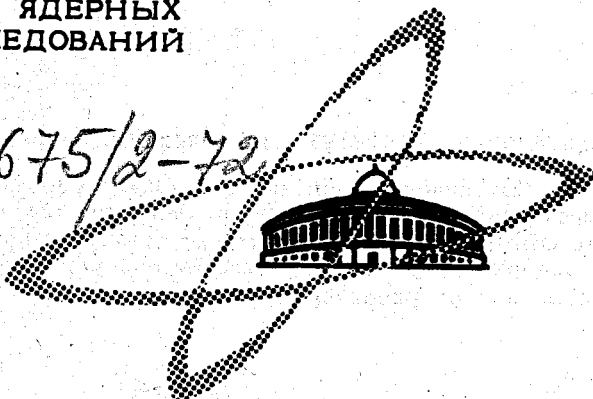
A-828

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

2675/2-72

P6 - 6492



Р. Арльт, Б. Баяр, Ц. Вылов, К. Я. Громов,
Н. Г. Зайцева, Ш. М. Камалходжаев, Г. Музиоль,
А. Ф. Новгородов, З. А. Усманова, В. И. Фоминых,
Х. Штрусный

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДА $^{179}_{75}\text{Re}$ $^{104}_{74}\text{W}$
ТРЕХКВАЗИЧАСТИЧНЫЕ СОСТОЯНИЯ В $^{179}_{74}\text{W}$ $^{105}_{74}\text{W}$

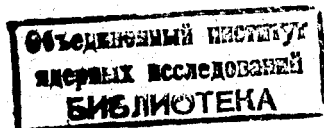
1972

Р6 - 6492

Р. Арльт, Б. Баяр, Ц. Вылов, К. Я. Громов,
Н. Г. Зайцева, Ш. М. Камалходжаев, Г. Музиоль,
А. Ф. Новгородов, З. А. Усманова, В. И. Фоминых,
Х. Штрусный

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДА $^{179}_{75}\text{Re}$ 104 .
ТРЕХКВАЗИЧАСТИЧНЫЕ СОСТОЯНИЯ В $^{179}_{74}\text{W}$ 105

Направлено в "Изв. АН СССР"



Введение

Известно семь ядер, в которых можно изучать структуру возбужденных состояний ядра, когда протонная система содержит четное число частиц, а в нейтронную входит 105 нейтронов. Это $^{173}_{68}\text{Er}$, $^{183}_{78}\text{Pt}$, $^{175}_{70}\text{Yb}$, $^{177}_{72}\text{Hf}$, $^{179}_{74}\text{W}$, $^{181}_{76}\text{Os}$ и $^{185}_{80}\text{Hg}$ /1/.

В ядрах ^{175}Yb и ^{177}Hf обнаружено много возбужденных состояний, заселяемых как при бета-распаде, так и в ядерных реакциях /2,3/.

Получены важные сведения о структуре этих состояний. Менее изучены возбужденные состояния ^{179}W /2,3/ и совсем мало сведений об уровнях ^{181}Os /4,5/, а о возбужденных состояниях в ^{173}Er , ^{183}Pt и ^{185}Hg пока ничего неизвестно.

Распад $^{179}\text{Re} \rightarrow ^{179}\text{W}$ изучался в работах /6-11/. Период полураспада ^{179}Re равен $T_{1/2} = (19,7 \pm 0,5)$ мин /6,7,8/. Было установлено, что в ядре ^{179}W возбуждается изомерное состояние с $T_{1/2} = 5,2$ мин, которое разряжается МЗ-переходом с энергией 221 кэВ в основное состояние /6,12-14/. При исследовании спектра гамма-лучей в /7,8/ были определены энергии и относительные интенсивности только самых сильных переходов в диапазоне энергий до 500 кэВ. Хармац и Хандлей /9/ изучили спектр конверсионных электронов ^{179}Re и пред-

ложили схему низколежащих уровней ^{179}W , возбуждающихся при распаде ^{179}Re . Разность масс $^{179}\text{Re} \rightarrow ^{179}\text{W}$ определена Гоудсмитом и др. /10/. Она равна $Q_{\beta^+} = (2690 \pm 50)$ кэВ.

В настоящей работе на основе тщательных измерений гамма-спектра ^{179}Re и изучения гамма-гамма-совпадений удалось существенно дополнить схему уровней ^{179}W . Первые наши данные по исследованию схемы распада ^{179}Re были опубликованы в работе /11/. Работа выполнена по программе исследований изотопов, удаленных от полосы стабильности - ЯСНАПП /15-19/ в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Энергетические уровни ^{179}W в ядерных реакциях изучали Конин и др. /20/ (реакция $\text{Ta} (p, 3n)$) и Кастен и др. /21/ (реакция $^{180}\text{W} (d, t)$).

Экспериментальная техника

Нейтрондефицитные изотопы рения мы получали в реакции глобального расщепления при облучении мишеней из металлического золота (Au), окиси ртути (HgO) и кристаллов NH_4ReO_4 на выведенном пучке протонов синхротрона ОИЯИ. Энергия протонов - 660 МэВ, интенсивность пучка - $1,2 \cdot 10^{12}$ р/сек. Химически выделенные препараты рения использовались для исследования гамма-спектров /11,22/. Сепарация по изотопам не производилась. В каждом из нескольких экспериментов было проведено до 15 облучений и выделений источников. Спектры этих источников суммировались в памяти многоканального анализатора. Длительность облучений и время измерений выбиралось так, чтобы обеспечить оптимальные условия для изучения 20-минутного ^{179}Re . Для исследования гамма-спектров использованы Ge(Li) - детекторы объемом $1,8 \text{ см}^3$; $6,4 \text{ см}^3$; $8,2 \text{ см}^3$ и $38,5 \text{ см}^3$. Энергетическое разре-

шение на линии 1333 кэв⁶⁰ Со составляло 2,3; 4,5; 2,3 и 3,5 кэв, соответственно. Спектр гамма-лучей в области малых энергий изучен с помощью малого Ge(Li)-детектора с высоким разрешением: объем - 0,5 см³; разрешение 0,6 кэв при 100 кэв /23/. Спектры гамма-гамма совпадений изучались с двумя Ge(Li)-детекторами с объемами 22 и 25 см³ в режиме двухмерного анализа с цифровыми окнами: 24 x 512 каналов и 12 x 1024 каналов на базе ЭВМ Минск-2 /24/. Экспериментальное оборудование для исследований по программе ЯСНАПП: система активации и транспортировки мишеней, регистрирующая и накопительная радиоэлектронная аппаратура описаны в /16,25,26/. Энергии гамма-переходов определялись методом внутренней калибровки /19/. При этом использовались точно измеренные энергии гамма-переходов следующих ядер ²⁰⁷Bi, ¹⁶⁹Yb, ¹³⁷Cs, ¹³³Ba, ⁸⁸Y, ⁶⁰Co, ⁵⁶Co и ⁵⁴Mn /27,28,29,30/. Обработка спектрометрических данных проводилась с помощью полуавтоматической системы, описанной в /19/ с использованием осциллографа со световым карандашом, ЭВМ Минск-22 и ЭВМ СДС-1604А.

Результаты исследований

Спектр гамма-лучей использованных препаратов рения довольно сложен. Идентификация переходов ¹⁷⁹Re (20 мин) затруднялась наличием в источниках других нейтронодефицитных изотопов рения, главным образом ¹⁷⁸Re (13,2 мин) и ¹⁷⁷Re (14,0 мин). Сортировка гамма-линий производилась на основе измерений периодов полураспада, а также на основе сравнения интенсивностей линий в источниках, приготовленных различными способами. Учитывались результаты изучения гамма-спектров изотопов рения с $A \geq 176$ и их дочерних продуктов распада в /1,7-9,11,31-33/. Распаду ¹⁷⁹Re приписано 97 гамма-переходов;

29 из них обнаружено в этой работе впервые. Ряд гамма-переходов оставался неидентифицированным. Примеры полученных спектров даны на рис. 1 и 2. Энергия и относительные интенсивности гамма-лучей, полученные в настоящей работе, представлены в таблице 1. Там же даны относительные интенсивности линий конверсионных электронов по работе /9/. Для связи шкал интенсивностей в колонках 2 и 3 использовано значение $a_k = 6,7$ для перехода с энергией 221,6 кэВ. МЗ-характер этого перехода надежно установлен в /6,9/.

На основе полученных таким образом экспериментальных значений коэффициентов внутренней конверсии определены мультипольности ряда гамма-переходов (22 впервые). Результаты анализа спектров гамма-гамма совпадений представлены в таблице 2, а на рис. 3 и 4, в качестве примера, приведены несколько спектров гамма-гамма-совпадений. При определении относительных интенсивностей в спектрах совпадений, интенсивность для одного из гамма-переходов в спектре, соответствующем каждому из выбранных окон, принималась за 100.

Используя все полученные данные: энергии и интенсивности гамма-переходов, гамма-гамма-совпадения и мультипольности гамма-переходов, мы построили схему распада ^{179}Re (рис. 5). Из 97 гамма-переходов 62 размещены между введенными уровнями. При вычислении баланса интенсивностей мы приняли, что суммарная интенсивность гамма-переходов, идущих в основное состояние ^{179}W , составляет 100% распадов ^{179}Re . Гамма-переход 13,4 кэВ экспериментально не наблюдался, однако введение его необходимо для соблюдения баланса интенсивностей на уровнях 317,6 и 304,2 кэВ. Гамма-переход с энергией 401,7 кэВ расположен между уровнями 720,0 и 317,6 кэВ, однако по балансу интенсивностей этот переход, по-видимому, должен быть в двух местах схемы распада. Гамма-переход с энергией 47,4 кэВ между уровнями

477,4 кэв и 430,0 кэв вводится на основе результатов анализа гамма-гамма-совпадений. Спины и четности уровней при энергиях: 120,0; 221,6; 264,7; 304,2; 309,0; 317,6; 430,0; 477,4; 508,3; 531,5; 532,2; 704,7; 720,0; 767,8; 773,7; 806,4 и 1680,2 кэв обоснованы мультипольностями гамма-переходов и значениями $\log ft$ для бета-распада на эти уровни. Спины и четности уровней при 692,0; 885,9; 952,9 и 1808,9 кэв предлагаются с учетом заселения и разрядки этих уровней.

Обсуждение результатов

Схема уровней $^{179}_{74}\text{W}_{105}$ имеет много общего со схемами уровней соседних изотопов $^{177}_{74}\text{Hf}_{105}$ и $^{175}_{71}\text{Yb}_{105}$. Квантовые характеристики основного состояния ^{179}Re , как это имеет место в случае соседних нечетных изотопов Re с массовыми числами 181, 183, 185 и 187, определяются, по-видимому, 75-ым протоном, находящимся в состоянии $5/2^+ / 402 / 2,3 /$.

Из распада ^{179}W известны квантовые характеристики основного состояния этого ядра - $7/2^- / 514 / 6 /$.

Уровни при 120,0 и 264,7 кэв являются членами ротационной полосы основного состояния, что подтверждается значением ротационной константы $\hbar^2 / 2J = 13,4$ кэв, хорошо совпадающим со значением этой константы в других ядрах ^{179}W $/ 2,9, 11 /$. Изомерное состояние при 221,6 кэв имеет спин и четность - $1^- = 1/2^-$. Моттельсон и Нильсон приписали ему квантовые числа $1/2^- / 510 / 34 /$. Состояние при 304,2 кэв ($3/2^-$), 317,6 кэв ($5/2^-$), 508,3 ($7/2^-$) и 532,2 кэв ($8/2^-$) интерпретируются Хармацем и Хандлеем $/ 9 /$ как уровни ротационной полосы этого изомерного состояния. Наши результаты подтверждают такое объяснение характера этих уровней. Сравнение констант $\hbar^2 / 2J = 15,1$ кэв и $a = 0,82$ для этой полосы со значениями, полученными для полос

с $K^\pi = 1/2^-$ в соседних ядрах $/2,3,11/$, однозначно говорят в пользу состояния $1/2^- /521/$ и против в принципе возможного состояния $1/2^- /510/$. Квантовые характеристики, приписанные нами уровням при 309,0; 430,0; 477,4; 531,5; 704,7; 767,8 и 806,4 кэВ совпадают с предложенными в работе Хармаца и Хандлея $/9/$. Введенные этими же авторами уровни при энергиях 421,2 кэВ ($11/2, 9/2^+$ (624)) и 572,7 кэВ ($9/2^+ /633/$) нами не наблюдались, Хармац и Хандлей $/9/$ наблюдают состояние $1/2^- /510/$ при энергии 705 кэВ, а по данным Кастена и др. $/21/$ его можно ожидать при энергии ≈ 630 кэВ; наши данные говорят в пользу работы $/9/$.

Разногласие с работой $/9/$ имеется также по состоянию при энергии 720,0 кэВ. Хармац и Хандлей $/9/$ предлагают для этого состояния характеристики $3/2^+ /642/$. Это противоречит измеренному нами значению $\log ft$ для бета-распада на тот же уровень, равному 5,2. Такое низкое значение $\log ft$ должно быть связано с незадержанным разрешенным ($a u$) бета-переходом, который в этой области ядер может происходить только между состояниями $9/2^- /514/$ и $7/2^- /514/$. В связи с этим единственной возможностью объяснения природы этого уровня является предположение о его трехквартичном характере с конфигурацией $3/2^+ \{ p_1, 9/2^- /514/, p_2, 5/2^+ /402/, n, 7/2^- /514/ \}$ или о значительной примеси такой конфигурации $/3,10,11/$. Уровень при 773,7 кэВ с $I^\pi = 5/2^+$ мы рассматриваем как первый член ротационной полосы трехквартичного уровня. В пользу этого говорит характер разрядки этих двух уровней (720,0 кэВ и 773,7 кэВ).

Введенные нами уровни при 885,8 и 952,9 кэВ могут быть членами ротационной полосы состояния с $3/2^- /512/$, которое ожидается по систематике одночастичных состояний $/2,3/$ в этом диапазоне энергий. Значение ротационной константы $\hbar^2 / 2J = 13,4$ кэВ говорит в пользу такого предположения $/2,3/$. Разрядка этих двух уровней интенсивными

гамма-переходами с энергиями 832,9 и 886,0 кэВ на уровне ротационной полосы основного состояния может быть объяснена примесью типа $7/2^- [514] + Q_{22}$.

Те же выводы, что и об уровне при 720,0 кэВ, можно, на основании низкого значения $\log ft$, сделать о свойствах состояния при 1680,2 кэВ, где разрешенный незадержанный бета-переход должен быть обусловлен значительной примесью трехквaziчастичной конфигурации типа $7/2^+ \{ p_1 \ 9/2^- [514], \ p_2 \ 5/2^+ [402], \ n \ 7/2^- [514] \} / 3,11/$. Уровни с энергиями 720,5 и 1680,2 кэВ, таким образом, являются членами трехквaziчастичного мультиплета со структурой $\{ p_1 \ 9/2^- [514], \ p_2 \ 5/2^+ [402], \ n \ 7/2^- [514] \}$. На возможность заселения таких мультиплетов незадержанным разрешенным бета-переходом указал еще в 1962 г. Соловьев ^{/35/}. Оценка расщепления мультиплета для уровней с $I = 3/2$ и $7/2$, сделанная по методу Пятова и Чернея ^{/36/}, относительно хорошо совпадает с экспериментальным значением, равным 959,6 кэВ. Остальные два уровня этого мультиплета с $I = 11/2$ и $21/2$ из-за больших значений спинов не могут возбуждаться при распаде ^{179}Re . Рассчитанная Соловьевым ^{/35/} по модели независимых квазичастиц энергия центра тяжести мультиплета с конфигурацией $\{ 9/2^- [514], \ 5/2^+ [402], \ 7/2^- [514] \}$ в ядре ^{179}W равна примерно 1300 кэВ и хорошо совпадает с найденным нами экспериментальным значением, равным 1160 кэВ. Разрядка уровня при 720,0 кэВ идет интенсивными гамма-переходами на некоторые из уровней ротационных полос с $1/2^- [521]$ и $5/2^- [512]$. По модели независимых квазичастиц для трехквaziчастичного состояния указанной природы эти переходы F запрещены ^{/37/}. Наличие таких гамма-переходов можно объяснить, предположив, что состояние при 720,0 кэВ содержит фононную компоненту $7/2^- [514] + Q(32) / 11,37/$. Такое состояние предсказывается

Соловьевым и Файнером /38/ при энергии 1032 кэв. Рассчитанная структура этого состояния: $3/2^+$ /651/ 7% и $7/2^-$ /514/ + $Q(32)$ 92%, хорошо объясняет как разрядку уровня 720 кэв, так и трехквaziчастичный его характер /37/. Фонон $7/2^-$ /514/ + $Q(32)$ содержит значительную компоненту трехквaziчастичного состояния указанного выше типа /11,37/.

В таблице 3 сравниваются предположенные уровни ^{179}W с предсказаниями микроскопической теории /38/.

Литература

1. C.M. Lederer, J.M. Hollander, I. Perlman. Table of Isotopes, Sixth edition (Wiley) No 4 (1967).
2. W. Ogle, S. Wahlborn, R. Piepenbring, S. Fredrikson. Rev.Mod.Phys., 43, 424 (1971).
3. M.E. Bunker, C.W. Reich. Rev.Mod.Phys., 43, 348 (1971).
4. А.И. Ахмаджанов, Б. Баяр, Б. Брода, В. Валюс, Н.Г. Зайцева, Х.У. Зиберт, Ш.М. Камалходжаев, Г. Музиоль, А.Ф. Новгородов, В. Нойберт, М. Фингер, У. Хагеманн, Х. Штрусный. Препринт ОИЯИ Р6-6321, Дубна, 1972.
5. M. Ishihava, H. Kawakami, N. Yoshikawa, H. Kusakari, M. Sakai, K. Ishii. Institute for Nuclear Study, University of Tokyo, Annual Report 1970, p. 45-50.
6. B. Harnatz, T.H. Handley, J.W. Mihelich. Phys.Rev., 119, 1345 (1960).
7. K.J. Hofstetter, P.J. Daly. Phys.Rev., 152, 1050, (1966).
8. Б.Н. Беляев, В.И. Гудов, Б.А. Гвоздев, Л.М. Крижанский, Б.С. Усиков. Изв. АН СССР, сер. физ., 32, 59 (1968).
9. B. Harnatz, T.H. Handley. Nucl.Phys., A121, 481 (1968).
10. B.J. Meijer, J. Konijn, P.F.A. Goudsmit. I.K.O Progress Report 69/80, p. III-12.
11. Р. Арльт, К.Я. Громов, Н.Г. Зайцева, Ли Чун Хи, З. Малек, Г.Музиоль, Х. Штрусный. Препринт ОИЯИ Р6-4635, Дубна, 1969; Изв. АН СССР, сер. физ., 34, 702 (1970).

12. T.J. Rock, Proc.Roy.Soc. (Canada), 50 (1956) 28A.
13. J. Konijn, B.J. Meijer, B. Blank, R.A. Ristinen. Nucl.Phys., A137, 593 (1969).
14. C. Birattari, G.Strini, G. Taglietherri. Let.Nuov.Cim. 2, 473 (1969).
15. Г. Музиоль. Препринт ОИЯИ Б2-6-6825, Дубна, 1969.
16. Р. Арльт, С. Кадыкова, А. Калинин, В. Моисеева, Г. Музиоль, М. Омеляненко, Ю. Прокофьев, Б. Семенов, А. Синаев, Н.Чистов, Х. Штрусный, Г. Эльснер. Препринт ОИЯИ Р6-3773, Дубна, 1968.
17. Г. Музиоль, В.И. Райко, Х. Тыррофф. Препринт ОИЯИ Р6-4487, Дубна, 1969.
18. Г. Байер, А. Пиотровски, В.И. Райко, Х. Тыррофф, Э. Херрманн. Препринт ОИЯИ, Р6-5761, Дубна, 1971.
19. Р. Арльт, Г. Винтер, С.В. Медведь, Г. Музиоль, А.Н. Синаев, З.А. Усманова, В. Фромм, Н.А. Чистов, Х. Штрусный. Препринт ОИЯИ Р6-6227, Дубна, 1972.
20. J. Konijn, B. Blank, J.H. Jett, R.A. Ristinen. Contrib.Int. Conf. on prop. of nuclear states, 1969, Montreal, p. 77.
21. R.F. Casten, P.Kleinheihz, P.J. Daly, B. Elbek. to be published in Mat.Fys.Medd.Dan.Ved.Selsk.
22. Б. Баяр, Н.Г. Зайцева, А.Ф. Новгородов. Препринт ОИЯИ Р6-5955, Дубна, 1971.
23. Б. Амов, Ц. Вылов, Ж. Желев, А.И. Калинин, Б.П. Осипенко, И. Пенев, Ю. Срика, В.И. Фоминых, Я. Юрковски. Препринт ОИЯИ Р6-5783, стр. 185, Дубна, 1971.
24. В.С. Александров, Ф. Дуда, О.И. Елизаров, Г.П. Жуков, Г.И. Забиякин, З. Зайдлер, Е.Т. Кондрат, З.В. Лысенко, В.И. Фоминых, В.Г. Тишин, М.И. Фоминых, В.М. Цупко-Ситников. Изв. АН СССР, сер. физ., 34, 69 (1970).
25. Р. Арльт, В. Быстров, Г. Музиоль, П. Паатеро, Х. Штрусный. Препринт ОИЯИ 13-3922, Дубна, 1968.
26. С.В. Медведь, В.В. Моисеева, А.Н. Синаев, Г.Ю. Шахер, Н.А. Чистов; ПТЭ, 4, 109 (1970).
27. J.V. Marion. Nucl.Data A4, 312 (1968).

28. Z. Grabowski, J.R. Thun, B. Lindström. Z. f. Phys., 169, 303 (1962).
29. R.S. Mowatt. Can. J. of Phys., 48, 2606 (1970).
30. L.J. Jardina. UCRL-20476, 1971.
31. P.F.A. Goudsmit, J. Konijn, F.W.N. de Boer. Nucl.Phys. A151, 513 (1970).
32. P.J. Daly, Karin Anlgren, K.J. Hofstetter, R. Hochel. Nucl.Phys., A161, 177 (1971).
33. P. Galan, T. Galanova, Z. Malek, N. Voinova, Z. Preibisz, K. Stryczniewicz, Nucl.Phys., A136, 673 (1963).
34. B.R. Mottelson, S.G. Nilsson. Mat.Fys.Medd.Dan.Vid. Selsk. 1, No. 8, (1959).
35. В.Г. Соловьев. ЖЭТФ, 43, 246 (1962).
36. Н.И. Пятов, А.С. Чернышев. Изв. АН СССР, сер. физ., 28, 1173 (1964).
37. К.Я. Громов, З.А. Усманова, С.И. Федотов, Х. Штрусный. Проблемы физики элементарных частиц и атомного ядра, т. 1, вып. 2, 525 (1971).
38. V.G. Soloviev, U.M. Fainer. JINR, P4-6030, Dubna, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 июня 1972 года.

Таблица I

Энергии, относительные интенсивности и мультипольности переходов, возникающих при распаде ^{179}Re

E_{γ} кэВ	I_{γ} отн. интен.	I_K /9/	α_K эксп.	α_K теор.	α полн.	I полн.	Мульти- поль- ность
1	2	3	4	5	6	7	8
24,3 ^a							
32,2 ^{a,3}		L, 0,87					
35,05 ^{a,3}		L, 0,39					
38,3 ^a		L, 0,65				75	0,8 MI+(E2) ⁶
52,45 ^{a,3}		L, 1,2					E2
53,45 ^a		L, 3,0				13	MI/E2=5,5 ⁶
63,85 ^a		L, 2,0				2,3	3,0 MI/E2=10 ⁶
71,95 ^{a,3}	0,7 \pm 0,4	L=0,48					
77,5 ^{a,3}	0,7 \pm 0,4	L=0,44					
78,5 ^{a,3}	0,6 \pm 0,3	1,1					
82,6 \pm 0,4	5,6 \pm 0,8	> 3,9	> 0,93	1,13	8,5	53,2	E2 ⁶
96,0 \pm 0,4	1,4 \pm 0,3	> 1,7	> 1,24	1,00	4,38	7,5	E2 ⁶
101,2 ^a	0,08	0,41		3,04	5,17	0,5	MI/E2=2,2 ⁶
102,0	0,4	0,52		0,9	3,5	1,8	E2 ⁶
112,6 \pm 0,7	0,6 \pm 0,3	\approx 0,87	1,45	2,2	3,62	2,7	MI, E2
118,0 \pm 0,5	0,8 \pm 0,4						
120,02 \pm 0,08	17,0 \pm 2,0	13,3	0,83	0,83	2,0	51,0	MI/E2 ⁶ = =0,15
125,3 \pm 0,5	1,2			1,3	2,0	3,6	
135,9 \pm 0,5	1,0 \pm 0,3	1,0	< 1,04	0,48	1,22	1,4	E2+(E1) ⁶
139,0 ^{a,3}							
139,6 ^{a,3}	\leq 0,5	\approx 0,39	> 0,78	1,55	1,85	1,4	(MI)
142,5 \pm 0,3 ³	0,8 \pm 0,2	0,30	0,38	0,42	1,03	1,6	E2 ⁶
144,7 ^a	\leq 0,3	\approx 0,30	1,02	0,40	0,97	0,5	E2+(MI)
155,5 \pm 0,6 ³	1,7 \pm 0,4	\approx 0,34	0,20	0,20	0,40	2,3	E1, E2
156,5 \pm 0,5 ³	2,8						
160,0 \pm 0,7	0,6 \pm 0,3			0,092	0,110	0,6	
162,5 ^{a,3}	0,5 \pm 0,3	0,35	0,70	1,05	1,25	1,1	M1, (E2)
165,0 ^{a,3}	\leq 1,0	\approx 0,52	0,52	1,00	1,20	2,2	M1, (E2)
168,5 \pm 0,08	8,0 \pm 1,0	6,9	0,93	0,64	0,89	14,1	M1/E2 ⁶ = = 3,4
178,5 ^{a,3}	\leq 0,6						
181,0 \pm 0,6	0,9 \pm 0,4						
185,0 \pm 0,5	2,1 \pm 0,4						
189,05 \pm 0,08	28,0 \pm 3,0	$\frac{E_{18}}{E_{10}} < 3,9$	< 0,14	0,06	0,07	19,2	E1 ⁶
191,0 \pm 0,6	0,7			0,45	0,60	1,1	
193,0 \pm 0,4 ³	1,0 \pm 0,4	0,52	0,52	0,68	0,80	1,8	M1(E2)
204,1 \pm 0,4	1,6 \pm 0,5	0,52	0,35	0,46	0,67	2,6	E2, M1
208,2 \pm 0,5	0,5 \pm 0,3			0,15	0,26	0,6	
212,0 \pm 0,5	0,5						
214,5 \pm 0,4	0,9 \pm 0,4	0,22	0,24	0,14	0,24	1,1	E2, (M1)
217,3 \pm 0,4	1,3 \pm 0,5	0,65					
221,6 \pm 0,1	13,0 \pm 2,0	87	6,7	6,7	10,1	144,8	M3
222,7 \pm 0,6	1,3 \pm 0,5			0,04	0,05		
238,4 ^a	1,3						
241,3 \pm 0,3	7,5 \pm 1,0	\approx 0,26	\approx 0,035	0,032	0,04	7,8	E1
242,1 \pm 0,4 ³	7,4 \pm 2,5	\approx 0,39	\approx 0,054	0,03	0,04	7,7	E1

Таблица I (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8
242,7 [±] 0,4	5,0 [±] 1,5	0,65	0,13	0,102	0,16	5,8	E2
245,7 [±] 0,7 ^B	0,6 [±] 0,3						
255,2 [±] 0,7 ^B	0,6 [±] 0,3	< 0,3	0,5	0,30	0,36	0,8	(M1)
264,2 [±] 0,5	2,0 [±] 0,6	0,22	0,11	0,02	0,03	2,1	E 1
265,0 [±] 0,5	1,5 [±] 0,5	≈ 0,52	0,33	0,08	0,11	1,7	E2 ^δ
286,0 [±] 0,5 ^B	2,0 [±] 0,5						
289,95 [±] 0,09	100 [±] 11	2,5	0,025	0,02	0,02	102,4	E1 ^σ
293,1	< 1,3						
296,38 [±] 0,09	34 [±] 4	8,7	0,26	0,20	0,24	42,2	M1 ^σ
307,7 [±] 0,8	1,7	0,12	0,07	0,18	0,22	2,1	M1, (E2)
308,7 [±] 0,4	19,0 [±] 5,0	0,52	0,027	0,02	0,02	19,4	E1
309,4 [±] 0,6 ^B	7,0 [±] 2,5	0,23	0,03	0,04	0,07	7,3	E1, E2
310,6 [±] 0,5	2,0 [±] 0,6						
335,5 [±] 0,6 ^B	1,4 [±] 0,7	0,26	0,19	0,14	0,17	1,6	M1
344,8 [±] 0,8	1,0						
346,7 [±] 0,8	< 1,4						
357,2 [±] 0,4	4,5 [±] 1,5	0,17	0,03	0,03	0,04	4,7	E1, E2
377,7 [±] 0,06 ^B	6,0 [±] 2,0	0,13	0,022	0,02	0,03	6,2	E1, E2
383,9 [±] 0,9 ^B	2,5	0,15	0,06	0,10	0,12		M1, (E2)
387,6 [±] 0,8	2,8						
400,4	3,0	0,13	> 0,045	0,086	0,102		M1
401,7 [±] 0,2	29,0 [±] 4,0	0,41	0,014	0,0098	0,0115	29,3	E1
405,5 [±] 0,3	1,8						
411,5 [±] 0,3	4,5 [±] 1,0	0,48	0,08	0,080	0,094	4,9	M1
415,4 [±] 0,2	37,0 [±] 5,0	0,52	0,013	0,092	0,010	37,4	E1
430,0 [±] 0,3	102,0 [±] 11,0	8,0	0,07	0,070	0,084	110,6	M1 ^δ
450,0 [±] 0,7	1,9 [±] 0,6			0,062	0,074	2,0	
455,4 [±] 0,4	4,4 [±] 1,1			0,074	0,086	4,4	
463,6 [±] 0,9	3,5 [±] 1,0			0,056	0,067	3,7	
464,9 [±] 0,3	16,0 [±] 2,0	0,39	0,025	0,0195	0,0256	16,4	E2
467,2 [±] 0,7	2,6 [±] 1,1	0,15	0,06	0,0375	0,0445	2,7	E2, M1
469,5 [±] 0,9	1,5 [±] 0,8			0,007	0,0081	1,5	
476,5 [±] 0,8	10						
477,3 [±] 0,2	39,0 [±] 6,0	0,38	0,01	0,0068	0,0079	39,3	E1
483,2 [±] 0,5	1,1 [±] 0,5	≈ 0,087	0,08	0,05	0,0059	1,2	M1
488,9 [±] 0,7	0,9 [±] 0,5						
498,3 [±] 0,2	20,0 [±] 3,3	< 0,30	< 0,015	0,0062	0,0072	20,1	E1
531,5 [±] 0,8	2,5	≈ 0,11	≥ 0,043	0,042	0,048	2,6	M1
546,2 [±] 0,4	5,2 [±] 1,5	0,23	0,045	0,038	0,044	5,4	M1
551,7 [±] 0,4	2,2 [±] 0,7						
581,0 [±] 0,9 ^δ	1,4						
692,0 [±] 0,4	6,2 [±] 1,2						
749,3 [±] 0,9 ^B	2,8 [±] 1,4						
773,3 [±] 0,9	2,2						
832,9 [±] 0,3	7,0 [±] 1,4						
886,0 [±] 0,3	8,6 [±] 1,5						
953,0 [±] 1,0	1,4						
1371,0 [±] 0,7	3,0 [±] 1,0						
1560,2 [±] 0,2	12,0 [±] 2,0						
1680,2 [±] 0,2	46,0 [±] 6,0						
1689,0 [±] 0,5	3,0 [±] 0,8						
1808,9 [±] 0,2	10,2 [±] 1,4						

- а) Энергия перехода дана по результатам работ Хармаца и Хандлера /97.
 б) Мультипольность перехода определена в /9/ по отношениям $L_1 : L_2 : L_3$.
 в) Переход не размещен в схеме распада.

Таблица 2. Результаты анализа спектров $\gamma\text{-}\gamma$ - совпадений

$E_{\gamma \text{ окна}}^{(кэВ)}$	120	169	189	290	296	309	430	465	477
$E_{\gamma}^{(кэВ)}$	$I_{\gamma\gamma}$	$I_{\gamma\gamma}$	$I_{\gamma\gamma}$	$I_{\gamma\gamma}$	$I_{\gamma\gamma}$	$I_{\gamma\gamma}$	$I_{\gamma\gamma}$	$I_{\gamma\gamma}$	$I_{\gamma\gamma}$
120,02		69	292		52				
168,50	22		100*		90	100*		23	
189,05	100*	100*			100*			100*	
284,45						300	100*		
296,38		167	100			190	12		100*
308,7		140			38			102	
310,6	3,8			3					
357,2					40				
411,5	24								
430,0				100*	180				
469,9			112			194			
477,3					390				
832,9	8,5								

Интенсивности γ - лучей в спектре совпадений для данного выбранного окна, приняты за 100%.

Таблица 3

Сравнение экспериментально установленных уровней $I^{79}W$ с пред-
сказаниями микроскопической теории^{38/}

К π	Экспе- римент		Т е о р и я		
	E, (Кэв)	E, (Кэв)	Структура		
7/2 ⁻	0	0	7/2 ⁻ /5I4/98%		
9/2 ⁺	309,0	50	9/2 ⁺ /624/99%		
5/2 ⁻	430,0	150	5/2 ⁻ /5I2/98%		
7/2 ⁺	477,4	290	7/2 ⁺ /633/96%	3/2 ⁻ /52I/+q(32)2%	3/2 ⁺ /65I/I0(22)2%
1/2 ⁻	221,6	310	1/2 ⁻ /52I/91%	3/2 ⁻ /52I/+q(22)4%	5/2 ⁺ /523/+q(22)3%
1/2 ⁻	704,7	500	1/2 ⁻ /5I0/84%	3/2 ⁻ /5I2/+q(22)10%	5/2 ⁻ /5I2/+q(22)5%
5/2	(692,0)	770	5/2 ⁺ /642/93%	1/2 ⁺ /660/+q(22)4%	
3/2 ⁻	(886,0)	810	3/2 ⁻ /5I2/80%	1/2 ⁻ /5I0/+q(22)10%	7/2 ⁻ /5I4/+q(22)8%
3/2 ⁺		980	3/2 ⁺ /65I/75%	7/2 ⁻ /5I4/+q(32)8%	7/2 ⁺ /633/+q(22)8%
II/2 ⁺		I030	II/2 ⁺ /6I5/I%	7/2 ⁻ /5I4/+q(32)98%	
3/2 ⁺	720,0	I030	3/2 ⁺ /65I/7%	7/2 ⁻ /5I4/+q(32)92%	
7/2 ⁻		I040	7/2 ⁻ /503/21%	7/2 ⁻ /5I4/+q(22)77%	7/2 ⁻ /50I/+q(22)1%
1/2 ⁺		II00	1/2 ⁺ /660/11%	5/2 ⁻ /5I2/+q(32)87%	
3/2 ⁻		II00	3/2 ⁻ /52I/I3%	7/2 ⁺ /633/+q(32)83%	1/2 ⁻ /52I/+q(22)4%
9/2 ⁺		III0		5/2 ⁻ /5I2/+q(32)100%	
5/2 ⁻		II20		9/2 ⁺ /624/+q(32)99%	
5/2 ⁻		II50	5/2 ⁻ /523/2%	5/2 ⁻ /5I2/+q(20)97%	
1/2 ⁺		II50	1/2 ⁺ /660/74%	5/2 ⁻ /5I2/+q(32)13%	5/2 ⁺ /6I2/+q(22)7%
II/2 ⁻		II90		7/2 ⁺ /633/+q(32)99%	
7/2 ⁻		II90	7/2 ⁻ /503/68%	7/2 ⁻ /5I4/+q(20)23%	7/2 ⁻ /50I/+q(22)5%
II/2 ⁺		I230	II/2 ⁺ /6I5/89%	7/2 ⁻ /503/+q(32)6%	7/2 ⁺ /633/+q(22)2%
5/2 ⁺		I330	5/2 ⁺ /642/I%	1/2 ⁻ /52I/+q(32)99%	
3/2 ⁺		I330	3/2 ⁺ /65I/I%	1/2 ⁻ /52I/+q(32)98%	
7/2 ⁺	1680,2	I550ppp	9/2 ⁻ /5I4/	5/2 ⁺ /402/	7/2 ⁻ /5I4/
23/2 ⁻		I600ppp	9/2 ⁻ /5I4/	5/2 ⁺ /402/	9/2 ⁻ /624/
I9/2 ⁺		I700ppp	9/2 ⁻ /5I4/	5/2 ⁺ /402/	5/2 ⁻ /5I2/

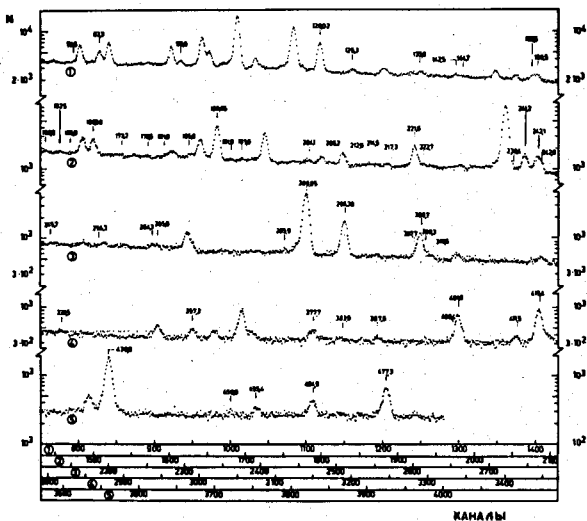


Рис. 1. Гамма-спектр рениевой фракции в диапазоне энергий от 60 и до 500 кэв, измеренный $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектором с объемом $0,5 \text{ см}^3$. Значения энергий гамма-лучей даны над теми пиками, которые мы относим к распаду ^{179}Re .

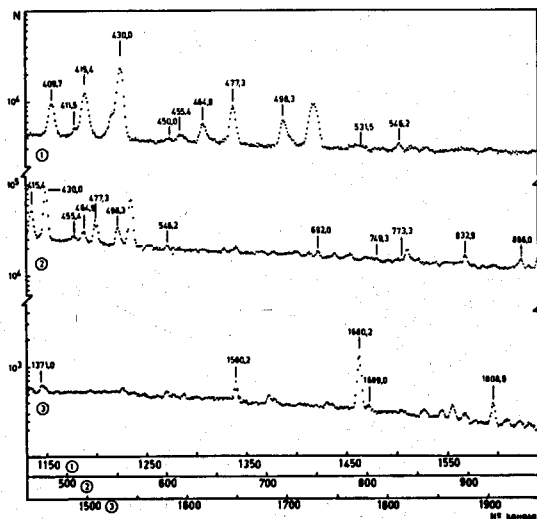


Рис. 2. Гамма-спектр рениевой фракции в диапазоне энергий от 400 до 2000 кэв. 1 - гамма-спектр измерен детектором с объемом $8,2 \text{ см}^3$, 2,3 - гамма-спектры измерены детектором с $38,5 \text{ см}^3$.

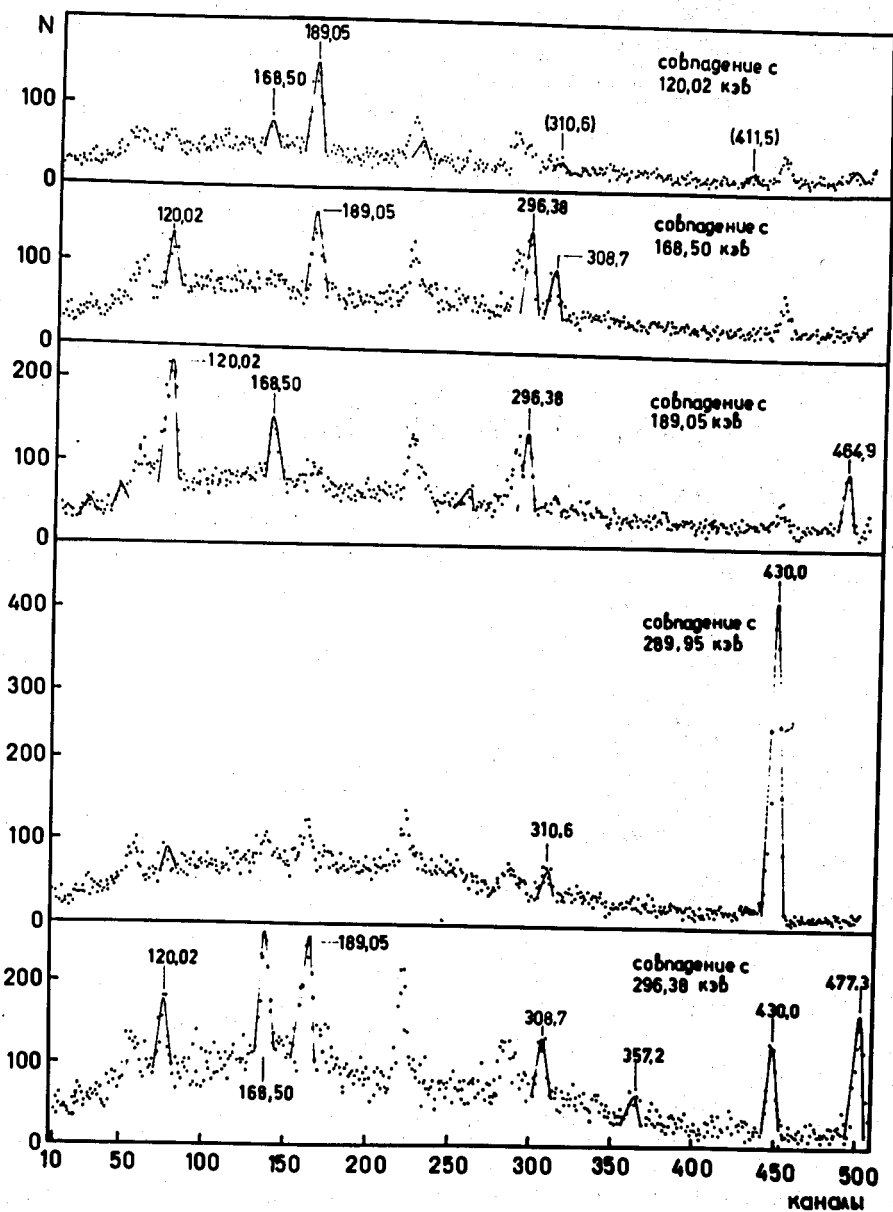


Рис. 3. Спектры гамма-гамма-совпадений для положений окон при 120,0; 168,5; 189,0; 289,9 и 296,4 кэВ. Значения энергий гамма-лучей даны над теми пиками, которые дают совпадения.

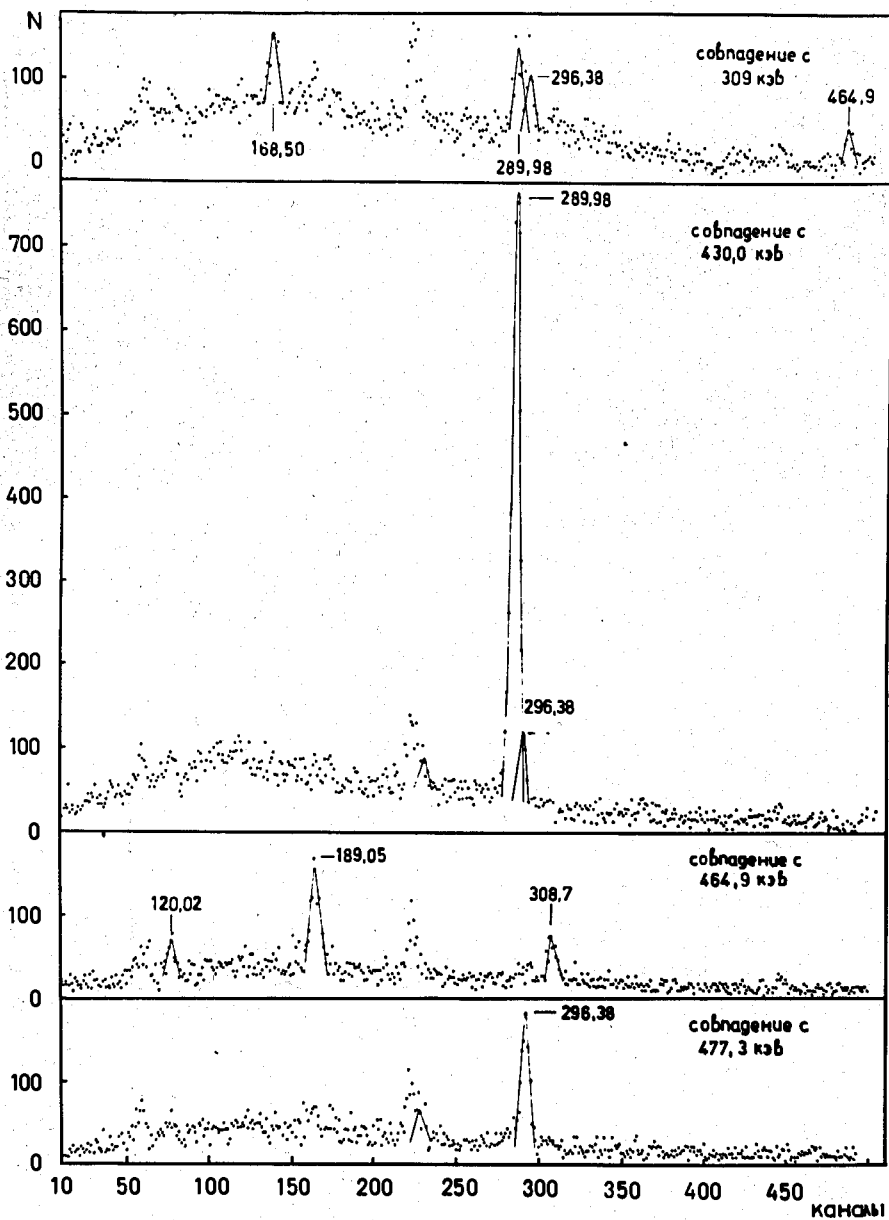


Рис. 4. Спектры гамма-гамма-совпадений для положения окон при 309,0; 430,0; 464,9 кэВ и 477,3 кэВ. Значения энергий гамма-лучей даны над теми пиками, которые дают совпадение.

179 Re
 $\frac{1}{2} \mu_{02}$
 25
 100000 (10mm)

$\mu_{01} = (1000 \pm 50) \mu_{02}$

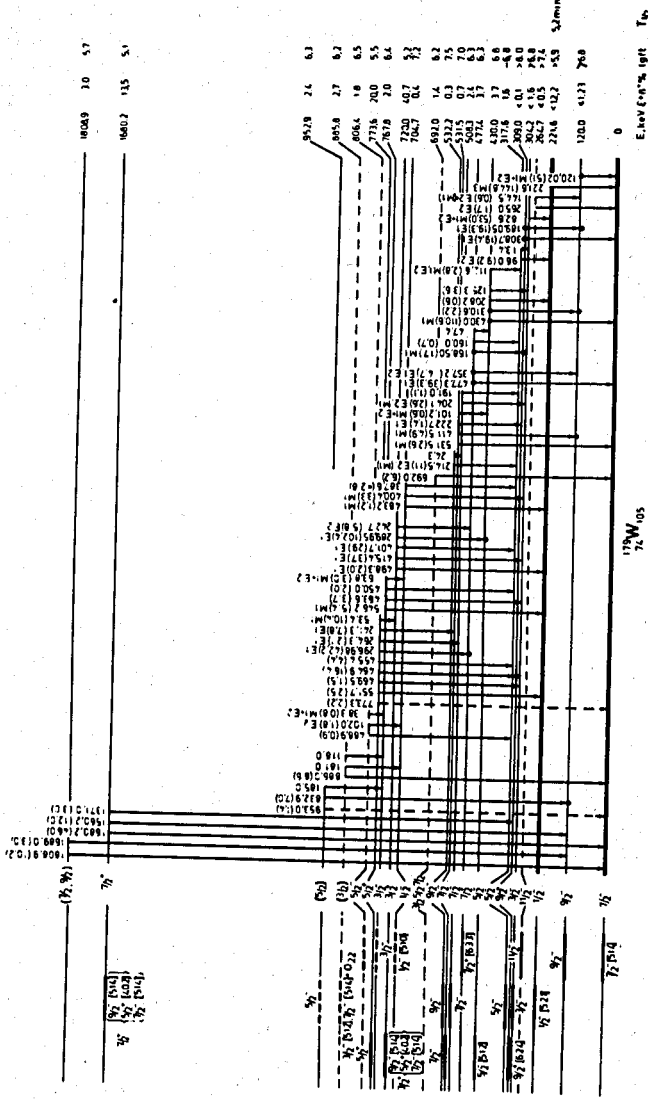


Рис. 5. Схема распада ^{179}Re . Значения энергий даны в кэВ. Точки ми обозначены совпадающие переходы.