

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

с 341.1

H-954

6 - 5105

А.И. Ахмаджанов

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ РАСПАДА
НЕКОТОРЫХ НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ
ИЗОТОПОВ ОСМИЯ

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:

кандидат физико-математических наук

И. Звольски

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

С.М. Поликанов

кандидат физико-математических наук

Ф.А. Гареев

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Научно-исследовательский физический институт Ленинградского государственного университета.

Автореферат разослан " " 1970 г.

Защита диссертации состоится " " 1970 г.

на заседании Ученого совета Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

кандидат физико-математических наук

О.А. Займидорога

6 - 5105

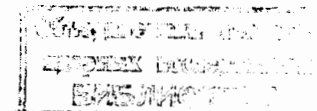
А.И. Ахмаджанов

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ РАСПАДА
НЕКОТОРЫХ НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ
ИЗОТОПОВ ОСМИЯ

Специальность 055 - физика атомного ядра
и космических лучей

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук

7518 89.



Получение новых, более полных и точных данных о свойствах ядер служит как для проверки современных теорий атомного ядра, так и для дальнейшего их развития, что представляет собой основную задачу ядерной спектроскопии.

Настоящая работа является частью исследований, проводимых в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне, по изучению распада нейтрондефицитных изотопов ядер, образующихся при глубоком расщеплении золота протонами с энергией 660 Мэв на синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Диссертация состоит из введения, двух частей и заключения. В первой части, состоящей из трех глав, описаны использованная аппаратура, методы обработки экспериментальных результатов, а также способы получения и приготовления радиоактивных источников.

Для исследования спектров конверсионных электронов изучавшихся изотопов осмия использовались четыре бета-спектрографа с постоянным однородным и магнитным полем, имеющие приборное разрешение $0,03 \pm 0,05\%$ при светосиле $0,02\%$ от 4π . Один из этих спектрографов построен с участием автора настоящей работы ^{/1/}. При изучении жесткой области спектров конверсионных электронов использовался также бета-спектрометр с двукратной двойной фокусировкой пучка на угол $\pi\sqrt{2}$ (приборное разрешение $0,15\%$, светосила $0,25\%$ от 4π , фон - менее 1 имп/сутки).

Спектры гамма-лучей и гамма-гамма-совпадений измерялись на гамма-спектрометрах и спектрометрах совпадений с полупроводниковыми Ge(Li) - детекторами. Используемые детекторы коаксиального типа с чувствительными объемами 4,5; 6; 10; 13; 30 и 33 см³ имели разрешение 4+6 кэВ на линии 1332 кэВ ⁶⁰Со. При изучении спектров гамма-гамма-совпадений, для учета совпадений с комптоновским фоном под линией, одновременно снимался спектр совпадений с участком комптоновского фона вблизи отобранного фотопика. Так что относительные интенсивности каскадов переходов, полученные после вычета случайных совпадений, совпадений с комптоновским фоном и с учетом эффективностей кристаллов, позволили выбрать правильный вариант схемы распада исследуемого ядра.

Измерение времен жизни возбужденных состояний ядер рения проводилось методом задержанных гамма-гамма-совпадений с использованием двух NaJ(Tl) - кристаллов.

Предложен метод определения энергий конверсионных электронов на бета-спектрографах. В этом методе используется то обстоятельство, что зависимость параметра $(H\rho)_i$ от координаты конверсионной линии на фотопластинке $-b_i$ для заряженной частицы, движущейся в поперечном однородном магнитном поле спектрографа Даныша, описывается уравнением гиперболы. Окончательная формула для определения энергий конверсионных электронов сводится к следующему:

$$E_i = m_0 c^2 \left\{ \left[1 + \frac{n_i V_2^2 - n_2 V_1^2 + (n_2 - n_1) V_i^2}{V_2^2 - V_1^2} \right]^{\frac{1}{2}} - 1 \right\},$$

где

$$V_i = b_0 + b_i = -\frac{1}{2} \frac{n_2(b_3^2 - b_1^2) - n_3(b_2^2 - b_1^2) - n_1(b_3^2 - b_2^2)}{n_2(b_3 - b_1) - n_3(b_2 - b_1) - n_1(b_3 - b_2)} + b_i;$$

$$n_i = \left(\frac{E_i}{m_0 c^2} \right)^2 + \frac{E_i}{2 m_0 c^2};$$

$i = 1, 2, 3$ относятся к калибровочным линиям. Этот метод

вычисления энергии конверсионных электронов обладает следующими преимуществами: ее можно определять, если даже на фотопластинке нет большого числа линий конверсионных электронов с известной энергией; отпадает необходимость построения градуировочных кривых; точность определения энергий повышается и не зависит от изменения параметров a_0, b_0 и Π между двумя опытами; значительно (на порядок) сокращается время энергетической обработки спектрограмм.

Вторая часть диссертации, состоящая из пяти глав, посвящена исследованию распада конкретных ядер осмия, а также систематике свойств состояний нечетных ядер рения.

Распад ¹⁸¹Os /2/

При изучении спектров гамма-лучей и конверсионных электронов, сопровождающих распад 105-минутной активности ¹⁸¹Os, идентифицированы более 130 γ -переходов. До наших исследований было известно лишь 11 γ -переходов. Для большинства γ -переходов определены мультипольности.

Исследовалась мягкая область гамма-спектра 2,7-минутного состояния ¹⁸¹Os с использованием источников, полученных путем облучения лютетиевой мишени (в виде фольги толщиной ≈ 4 мг/см²) ионами ¹¹B в течение одной минуты. При распаде 2,7-минутной активности не наблюдалось накопления 105-минутной активности ¹⁸¹Os.

Нами впервые изучались спектры гамма-гамма-совпадений 105-минутного состояния ¹⁸¹Os. При этом "отбирающим" трактом выделялись линии K α ; γ 145,0; γ 238,7; γ 242,7; γ (786,0+787,6); γ (827,0+831,5). При исследовании совпадений с K α -лучами, квантами γ 145,0; γ 238,7; γ 242,7, кроме обычного способа использовался также режим с задержкой 150 нсек.

Для периода полураспада уровня 356,7 кэВ ^{181}Re получено значение $T_{1/2} = (96 \pm 4)$ нсек.

Наши исследования и систематика свойств состояний ядер с 105 нечетным нейтроном, а также исследования Гудсмита^{/3/}, которым при распаде 2,7-минутной активности ^{181}Os обнаружен бета-переход (граничная энергия позитронов $E_{\text{гр.}} = 1750 \pm 200$ кэВ) типа au , и интерпретирован как $n 514_{\downarrow}^{au} \rightarrow p 514_{\uparrow}$ (уровень 263 кэВ ^{181}Re), дают возможность предположить, что 2,7-минутное состояние является основным, а 105-минутное — изомерным состоянием ^{181}Os . Энергия предполагаемого изомерного перехода ($I \leq 0,7\%$ на распад) должна быть меньше 10 кэВ, так что для энергии распада 105-минутного состояния ^{181}Os в ^{181}Re приняли $Q = 3040 \pm 200$ кэВ. Значения $\log ft$ для бета-распада на возбужденные уровни ^{181}Re вычислены для такой разности масс.

Предлагаемая схема распада 105-минутного состояния ^{181}Os (рис. 1) включает 29 возбужденных уровней ^{181}Re , 15 из них введены нами. Впервые интерпретируются состояния 787,6 ($3/2^{+}$ [402]), 931,7 ($1/2^{+}$ { 402[†] - Q(22) }), 1108 ($1/2^{-} 1/2$ [530]), 1192 ($3/2^{-} 1/2$ [530]) кэВ. Для остальных определены квантовые характеристики, среди них уровень 2867 кэВ отличается малым значением $\log ft \leq 5,3$. Возможно, что в этом состоянии присутствует примесь одночастичного возбуждения $3/2^{-}$ [521], так как бета-переход $n 521_{\downarrow} \rightarrow p 521_{\uparrow}$ типа au .

Распад ^{183}Os и $^{183*}\text{Os}$ /4/

Надежно идентифицированы 37 гамма-переходов (14 новых), возникающих при распаде ^{183}Os , и 40 гамма-переходов (30 новых), сопровождающих распад $^{183*}\text{Os}$, что стало возможным из-за двух факторов:

1. Во всех препаратах, использованных при исследовании спектров гамма-лучей, примесь соседних изотопов (^{182}Os и ^{185}Os) не превышала $\approx 5\%$.

2. Вследствие того, что распад $^{183*}\text{Os}$ ($T_{1/2} = 10$ часов) происходит и на основное состояние ^{183}Os ($T_{1/2} = 12$ часов) посредством γ 170,7 (M4), интенсивности гамма-переходов, возникающих при распаде метастабильного состояния, в последовательно-экспонированных спектрах убывают быстрее, чем интенсивности гамма-лучей, сопровождающих распад ^{183}Os .

Изучение жесткой области спектров конверсионных электронов на бета-спектрометре типа $2\pi\sqrt{2}$ дало возможность определить мультипольности большинства гамма-переходов.

Изучены спектры совпадений γ -квантов с линиями K_{α} , γ 114,4; γ 167,9; γ 381,8; γ 851,0; при распаде ^{183}Os и с γ 114,4; γ 163,2; γ 484,7; γ (1034,8+1041,3); γ (1102,1+1108,0) при распаде $^{183*}\text{Os}$.

Обнаруженные совпадения γ 381,8 с аннигиляционными квантами дали возможность определить долю позитронного распада на уровень 496,1 кэВ равным $(0,09 \pm 0,03)\%$ на распад. Отсюда, предполагая, что теоретическое отношение K/β^{+} , рассчитанное для разрешенных переходов, приблизительно сохраняется и для переходов первого запрещения ($n 624_{\uparrow} \rightarrow p 514_{\uparrow}$) для полной энергии распада ^{183}Os в ^{183}Re получаем: $Q = (2040 \pm 40)_{-25}$ кэВ. С другой стороны, из анализа спектра совпадений гамма-квантов с K_{α} -лучами, для энергий бета-распада на уровень 2030 кэВ, получаем: $\Delta E \leq 80$ кэВ. Значения $\log ft$ для бета-распада на возбужденные уровни ^{183}Re вычислены для $Q \leq 2110$ кэВ.

В схему распада ^{183}Os (рис. 2) введены пять новых уровней ^{183}Re . Состояние 2030 кэВ ($\log ft \leq 5,3$) интерпретируется как член трехквaziчастичного мультиплета $\{p 514_{\uparrow} n 624_{\uparrow} n 514_{\downarrow}\}$ с квантовыми характеристиками $1^{\pi} = 11/2^{+}$.

При распаде $^{183*}\text{Os}$ (рис. 3) возбуждаются 15 состояний ^{183}Re , из них 9 вводятся нами впервые. Уровни с энергиями 599,1 ($5/2^{-}$), 665,2 ($1/2^{-}$) и 828,4 ($3/2^{-}$) кэВ рассматриваются как члены вращательной полосы состояния $1/2^{-}$ [541]. Состояние 878,4 кэВ отождествляется с гамма-вибрациями типа { 402[†] - Q(22) }. Уровень 1128 кэВ интерпретируется как

нильссоновское состояние $3/2^- [532]$. Аномальные экспериментальные значения ротационных параметров состояния $1/2^- [541]$ ($\hbar^2/2J = 4,3$ кэв, $a = 11,8$) объясняются сильным взаимодействием Кориолиса между уровнями вращательных полос состояний 541^+ и 532^+ (см. рис. 4).

Распад ^{185}Os

Проведены детальные исследования спектров гамма-лучей и гамма-гамма-совпадений. При изучении мягкой области гамма-спектра с помощью Si(Li) -спектрометра обнаружен ранее неизвестный переход $\gamma 55,1$. Кроме того, уточнены интенсивности ранее известных переходов, на основании которых с большой точностью рассчитан баланс интенсивностей гамма-переходов по уровням ^{185}Re и установлены значения $\log ft$ для каждого бета-перехода при распаде ^{185}Os . Значение $\log ft \geq 9,8$ для бета-распада на уровень 836 кэв находится в противоречии с интерпретацией этого уровня как $3/2^+ [402]$, данной в работе /5/. Основываясь на систематике свойств состояний нечетных ядер рения (см. рис. 6), а также опираясь на расчеты, проведенные в работе /6/, уровень 836 кэв возможно отождествлять с гамма-вибрациями типа $\{514^+ - Q(22)\}$. Тогда состояние $9/2^- [514]$ должно реализоваться при энергии 240 кэв (рис. 5).

Свойства нечетных ядер рения

На рис. 6 приведены экспериментально идентифицированные одночастичные и неротационно-коллективные состояния нечетных ядер рения. В работе /6/ энергии этих состояний были вычислены с использованием волновых функций потенциала Саксона-Вудса для $\Lambda=181$. При сравнении экспериментальных фактов с теорией наблюдается удовлетворительное согласие. Существен-

ное отклонение наблюдается лишь в случае состояния $3/2^+ [402]$. По всей видимости оно связано с недостатками схемы одночастичных уровней Саксона-Вудса.

Из коллективных состояний во всех нечетных ядрах рения обнаружены гамма-вибрационные состояния типа $\{402^+ - Q(22)\}$. Как видно из рис. 6, тенденция изменения этих состояний от ядра к ядру отличается от тенденции одночастичных возбуждений. Такая тенденция вызвана тем, что энергия фононов $Q(22)$, согласно расчетам /7/, в изотопах ^{180}W , ^{182}W , ^{184}W , ^{186}W уменьшается с увеличением Λ . Поэтому и состояния $\{402^+ - Q(22)\}$ в соответствующих ядрах рения ведут себя аналогично.

Экспериментальные значения параметра развязывания для состояния $1/2^+ [411]$ в нечетных ядрах рения находятся в интервале $-0,87 \leq a \leq -1,16$. Учет взаимодействия Кориолиса между уровнями вращательных полос орбиталей 541_1 и 532_1 для параметра "а" состояния $1/2^- [541]$ в ^{181}Re и ^{183}Re приводит к значениям 4,2 и 3,8 соответственно. Эти значения "а" находятся в согласии со значениями, вычисленными с помощью волновых функций потенциала Саксона-Вудса для $\Lambda=181$ в работе /8/, где при $\beta_{20} = 0,21$ и $\beta_{40} = -0,04$ получены: $a = -1,2$ для состояния $1/2^+ [411]$ и $a = 4,4$ для состояния $1/2^- [541]$.

Факторы задержки по Нильссону для M2-переходов в нечетных ядрах рения, совершающихся между состояниями $9/2^- [514]$ и $5/2^+ [402]$, равные $F_H = 0,4+0,6$, свидетельствуют об удовлетворительном описании вероятностей одночастичных переходов в обобщенной модели ядра при использовании нильссоновских функций.

Распад ^{182}Os сопровождается 34 гамма-переходами. До наших исследований было известно всего 5 гамма-переходов. Измерение некоторых конверсионных линий на бета-спектрометре $\pi\sqrt{2}$ дало возможность скорректировать интенсивности линий, измеренных с помощью бета-спектрографов. Вследствие этого удалось однозначно определить мультипольности большинства гамма-переходов.

Изучены спектры совпадений гамма-квантов с линиями $\text{K}\alpha$; γ 130,8; γ 180,2; γ 263,2; γ 274,3; γ 509,9. При исследовании совпадений с $\text{K}\alpha$, γ 274,3 и γ 180,2 использовался также режим с задержкой 150 и 370 нсек. При анализе спектра совпадений гамма-квантов с $\text{K}\alpha$ -лучами было обнаружено занижение интенсивности совпадений ($\text{K}\alpha$) (γ 216,9), что, очевидно, связано с малой энергией, доступной при распаде ^{182}Os на уровень 727 кэВ ^{182}Re и соответственным уменьшением вероятности K -захвата на этот уровень. Отсюда, для энергий бета-распада на уровень 727 кэВ получаем: $\Delta E = (120^{+30}_{-10})$ кэВ. Таким образом, значения $\log ft$ для бета-распада на возбужденные уровни ^{182}Re мы вычисляли для разности масс ^{182}Os и ^{182}Re : $Q = (850^{+30}_{-10})$ кэВ.

Измерены периоды полураспада некоторых возбужденных уровней ^{182}Re /10/, значения которых приводятся в схеме распада ^{182}Os . При распаде ^{182}Os (рис. 7) возбуждаются 10 уровней ^{182}Re , 5 из которых введены нами впервые. Во многих случаях однозначно определены квантовые характеристики возбужденных состояний ^{182}Re , которым приписываются наиболее вероятные протонно-нейтронные конфигурации.

Основные результаты исследований, изложенные в диссертации, были доложены на XVIII–XX ежегодных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (1968–1970 гг.), а также опубликованы в печати /1,2,4,9,10/.

1. А.А. Абдуразаков, А.И. Ахмаджанов, К.Я. Громов, Т.А. Исламов, Ш.М. Комалходжаев, М.К. Прокофьев. Препринт ОИЯИ, 6-4363, Дубна (1969).
2. А.И. Ахмаджанов, Р. Брода, В. Валушь, И. Звольски, Й. Молнар. Препринт ОИЯИ, Р6-5017 (1970).
3. P.F.A. Goudsmit, *Physica* 35, 479 (1967).
4. А.И. Ахмаджанов, Р. Брода, В. Валушь, И. Звольски, Й. Молнар, Э.З. Рындина, Дж. А. Саломов, А.З. Хрынкевич. Препринт ОИЯИ, Р6-4746, 1969. Изв. АН СССР, сер. физ., т. XXXIV, №4, 740 (1970).
5. V. Harmatz and T.H. Handley, *Nucl. Phys.* A121, 481 (1968).
6. Л.А. Малов, В.Г. Соловьев, У.М. Файнер. Изв. АН СССР, сер. физ., т. XXXIII, №8, 1244 (1969).
7. Л.А. Малов, В.Г. Соловьев, У.М. Файнер. Препринт ОИЯИ, Р4-4073 (1968). Доклады АН СССР, 186, 299 (1969).
8. Ф.А. Гареев. Автореферат диссертации ОИЯИ, № 4-4416, Дубна, 1969.
9. А.И. Ахмаджанов, Р. Брода, В. Валушь, И. Звольски, Й. Молнар, Я. Стычень, В.И. Фоминых, А.З. Хрынкевич, В.М. Цупко-Ситников. Препринт ОИЯИ 6-4471, 1969. Изв. АН СССР, сер. физ., т. XXXIV, №4, 777 (1970).
10. A.I. Akhmadzhanov, R. Broda, A.Z. Hryniewicz, J. Molnar, I. Styczeń, W. Waluś, I. Zvolský. *Communication JINR*, E6-4311, Dubna (1969).

Рукопись поступила в издательский отдел
7 мая 1970 года.

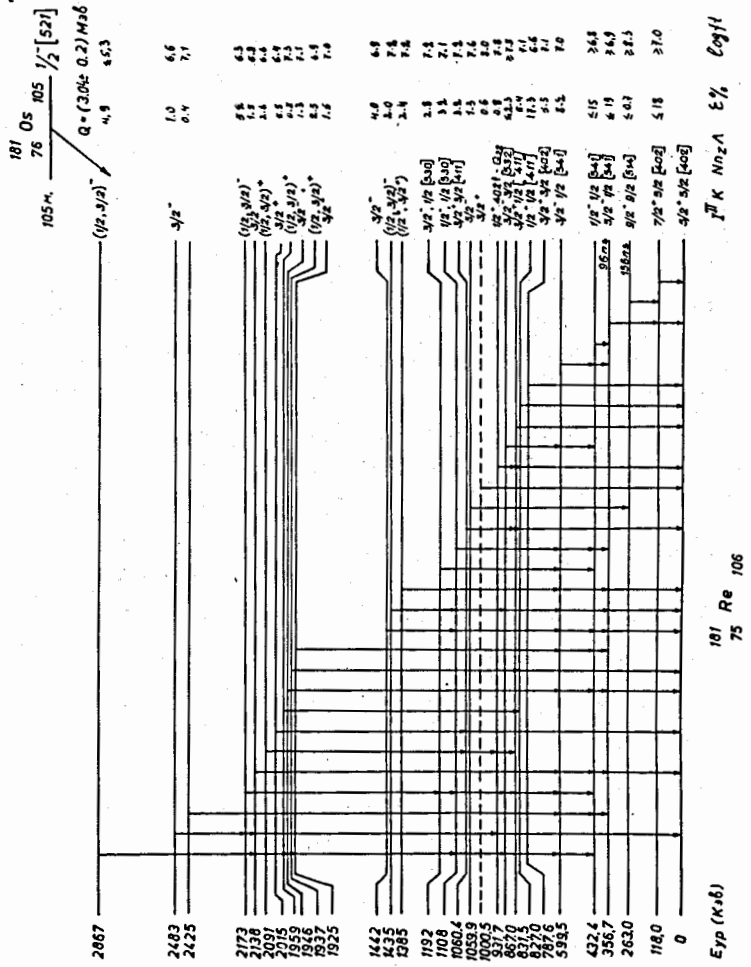


Рис. 1. Схема распада 105-минутного состояния ^{181}Os .

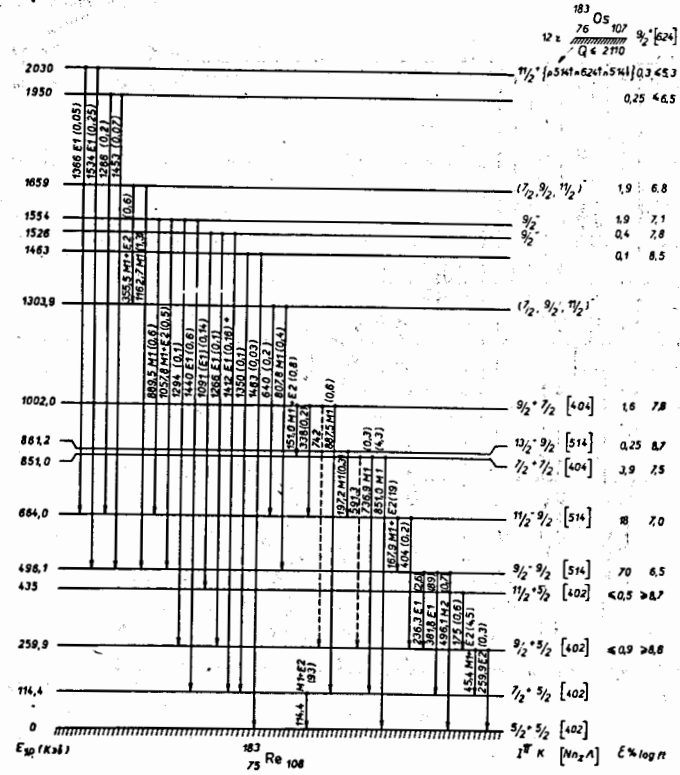


Рис. 2. Схема распада ^{183}Os .

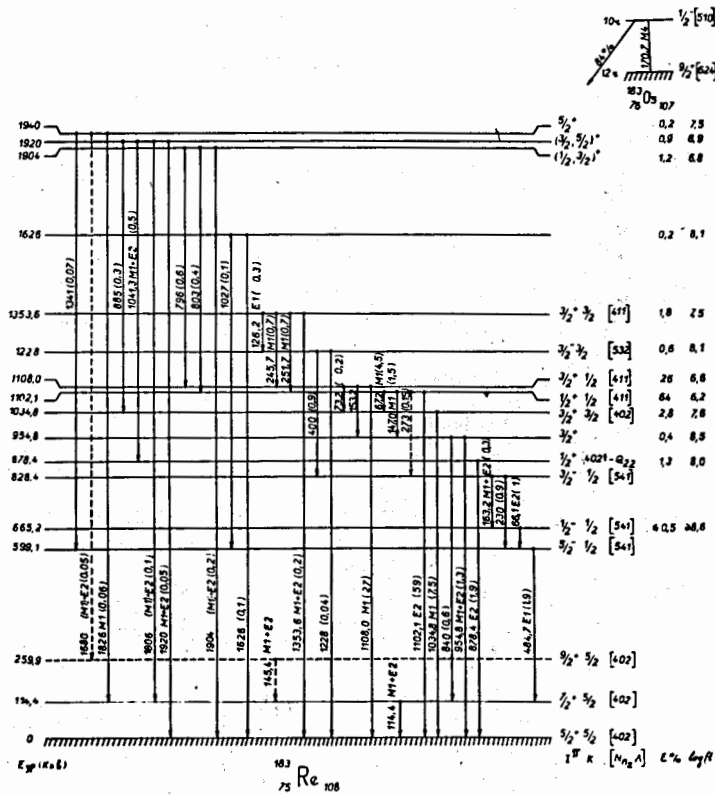


Рис. 3. Схема распада ^{183}Os .

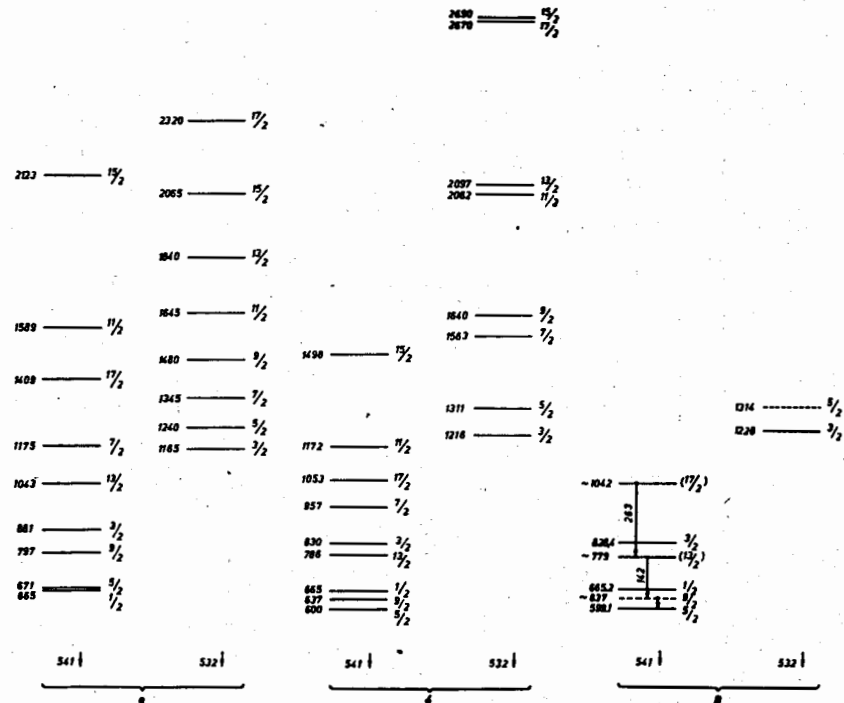


Рис. 4. Схема уровней ротационной полосы состояний 541_{\downarrow} и 532_{\downarrow} . а - в случае отсутствия взаимодействия Кориолиса, б - в случае взаимодействия Кориолиса. При расчетах принимались следующие значения параметров: $a = 3,8$; $\hbar^2/2J = 15$ кэв; $\langle [541] 1/2 j - [532] 3/2 \rangle = 5$; в - экспериментально установленные уровни. В случае а) и б) уровням $1/2$ условно приспана энергия 665 кэв.

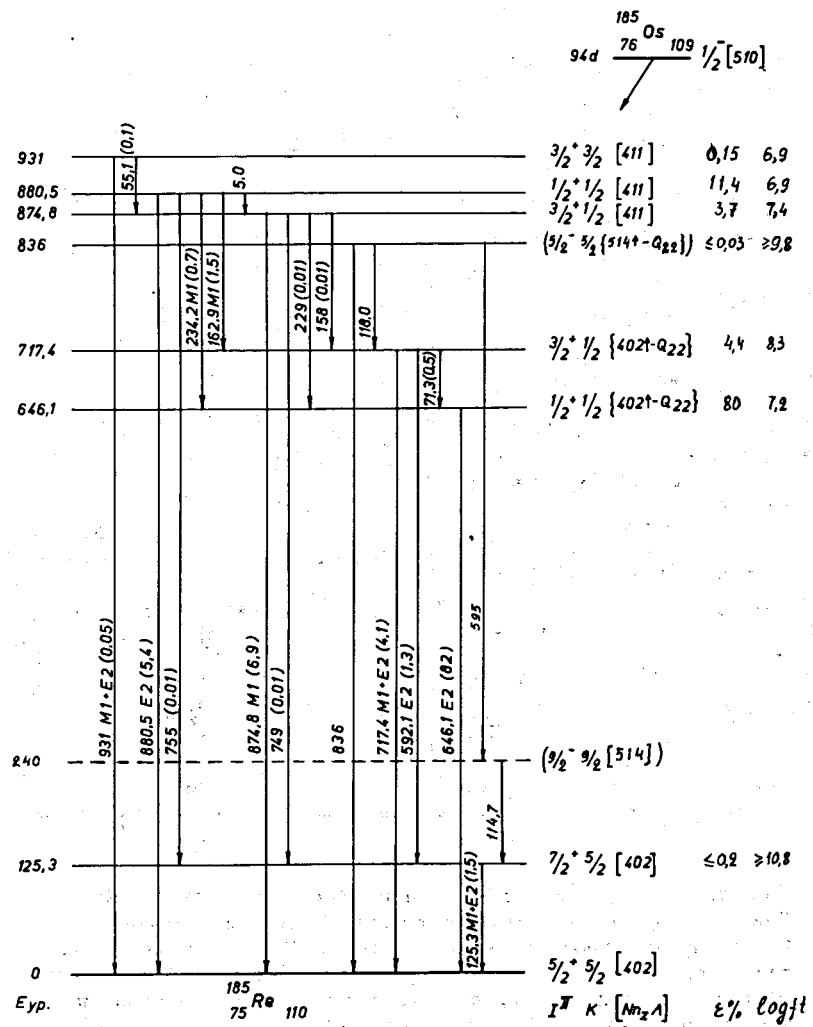


Рис. 5. Схема распада ^{185}Os

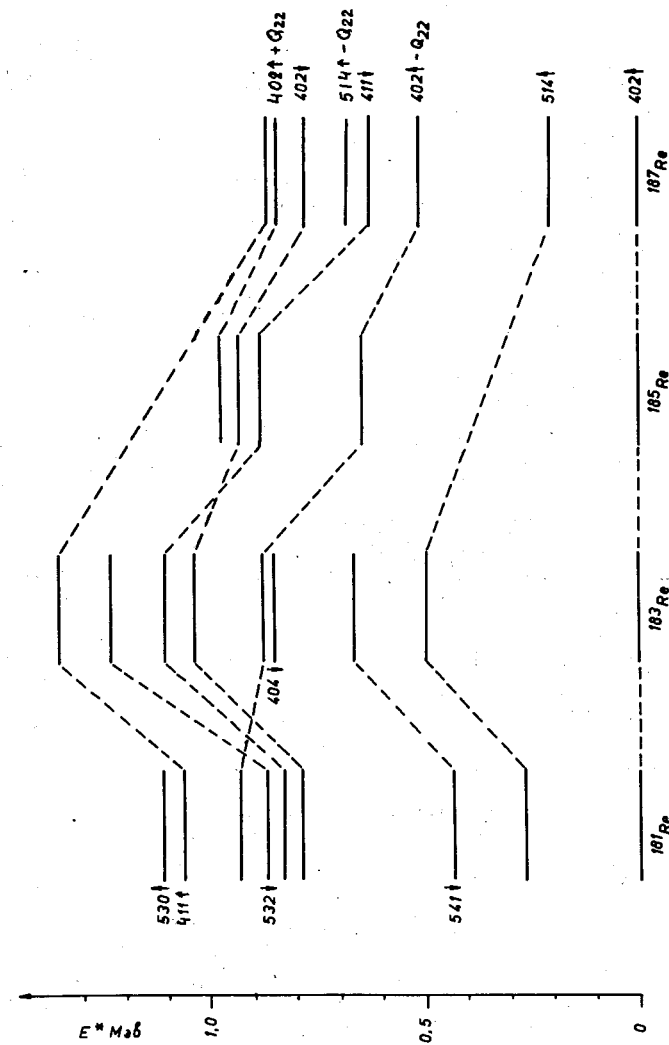


Рис. 6. Состояния нечетных ядер рения ($Z=75$).

$\frac{182}{106} \text{ Os } 78$
 $21,94$
 $Q \approx 850$

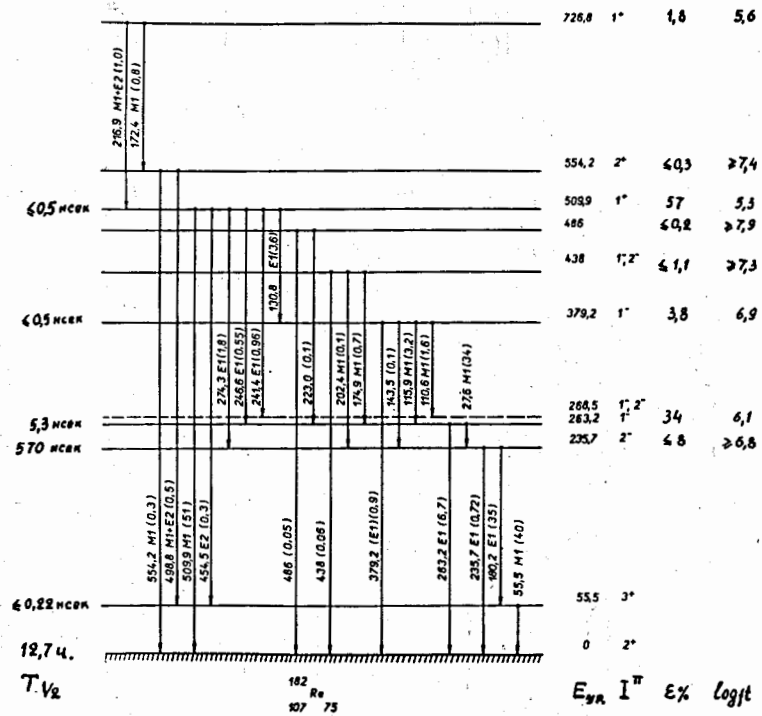


Рис. 7. Схема распада ^{182}Os .