
B - 226

6-81-495

ВАХТЕЛЬ

Виктор Матвеевич

ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЬФА-ПЕРЕХОДОВ
И СВОЙСТВА НИЗКОЛЕЖАЩИХ СОСТОЯНИЙ
ЯДЕР ВИСМУТА И АСТАТА С $N < 126$

Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук
ЧУМИН В.Г.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук
ПОПОВ Ю.П.,
кандидат физико-математических наук
КУЛАКОВ В.М.

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Ленинградский институт ядерной физики им. Б.П.Константинова АН СССР.

Защита диссертации состоится " _____ " _____ 198__ г.
в _____ час. на заседании специализированного Совета Д047.01.03
при Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований, г.Дубна, Московской области.

Автореферат разослан " _____ " _____ 198__ г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь специализированного Совета
доктор физико-математических наук

Д.А.Батусов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Экспериментальные и теоретические исследования α -распада привели в последние годы к ряду важных результатов. Экспериментально показано, что α -распад из основных состояний претерпевает как тяжелые ($Z > 82$), так и средние нуклиды ($Z < 60$); получены данные об α -ширинах при распаде нейтронных и гигантских мультипольных резонансов и при делении ядер. Разработана новая не R-матричная модель α -распада, в которой устранен ряд принципиальных недостатков предшествующих подходов. Предложенная в этой модели классификация α -переходов по степени облегченности при помощи поверхностного спектроскопического фактора α -частицы (W) связала типы переходов с механизмом формирования α -частицы и со структурой ядра.

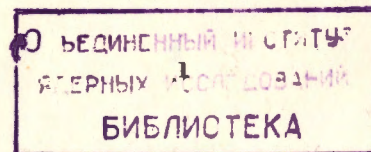
Для проверки предсказаний и уточнения теории α -распада важно получить новые данные о характеристиках различных типов α -переходов в разных областях массовых чисел и энергий возбуждения ядер. Значительный интерес представляют исследования характеристик α -переходов и свойств нейтронодефицитных ядер висмута и астата с привлечением данных о β -распаде соседних изобар и систематики факторов $W(Z, N)$. Такие исследования направлены на получение детальных сведений о влиянии замкнутой протонной оболочки $Z = 82$ на формирование α -ширин и спектров ядерных уровней в нейтронодефицитных нуклидах.

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию свойств нечетно-нечетных ядер $^{200-206}\text{Bi}$ путем изучения α -распада $^{204-210}\text{At}$ и электронного захвата ^{204}Po , а также анализу характеристик, известных α -переходов изотопов Bi с $A \leq 201$ на основе систематики значений фактора $W(Z, N)$.

Цель работы. Исследовать метод регистрации α -частиц в магнитном спектрографе типа $\pi \sqrt{2}$ при помощи многоклеточной пропорциональной камеры, сопряженной с устройством деления импульсных сигналов.

Проанализировать характеристики известных α -переходов нечетных изотопов висмута с $A \leq 201$ на основе систематики значений поверхностного спектроскопического фактора α -частицы $W(Z, N)$ с целью изучения типов α -переходов, поведения фактора W и структуры состояний ядер этих изотопов висмута.

Экспериментально исследовать спектры возбужденных состояний нечетно-нечетных ядер $^{206, 204, 202, 200}\text{Bi}$ путем изучения схем α -распада $^{210, 208, 206, 204}\text{At}$ и схемы β -распада ^{204}Po .



Научная новизна

Разработано новое устройство деления импульсных сигналов для координатно-чувствительных детекторов.

Идентифицированы новые α -переходы ^{206}At и уточнены характеристики α -распада $^{210,208,204}\text{At}$. Впервые проведен детальный анализ α -переходов $^{210,208,206,204}\text{At}$ при помощи поверхностного спектроскопического фактора α -частицы W и предложены квантовые характеристики основных состояний ^{208}At , ^{210}At и ряда возбужденных состояний $^{206,202}\text{Bi}$.

Впервые для изотопов висмута с $A < 201$ дано объяснение аномальному поведению значений фактора W , проанализированы типы α -переходов и предложены схемы α -распада.

На основе полученных экспериментальных данных предложена новая схема распада $^{204}\text{Po} \rightarrow ^{204}\text{Bi}$, существенно отличающаяся от ранее известных. В ядре ^{204}Bi обнаружены состояния отрицательной четности, которые можно интерпретировать как дироные возбуждения протонной оболочки $Z = 82$.

Практическая ценность

Результаты исследования метода регистрации α -частиц при помощи многоклеточной пропорциональной камеры в магнитном спектрографе позволили определить круг задач, решаемых данным методом.

Разработанное устройство деления двух импульсных сигналов для координатно-чувствительных детекторов может быть использовано как в научных, так и в прикладных целях.

На основе предложенных схем α -распада нечетных изотопов висмута с $A < 201$ показана необходимость введения поправки порядка 200–400 кэВ в систематику разностей масс сильно нейтронодефицитных изотопов висмута и таллия.

Предложенные схемы уровней изотопов $^{206,204,202}\text{Bi}$ расширяют основу для исследований механизма формирования спектров уровней нечетно-нечетных ядер.

На защиту выносятся следующие положения и результаты:

I. Результаты исследования метода регистрации α -частиц в магнитном спектрографе $\pi\sqrt{2}$ при помощи многоклеточной пропорциональной камеры и устройство деления двух импульсных сигналов для координатно-чувствительных детекторов.

2. Результаты анализа характеристик α -переходов и схем α -распада нечетных изотопов $^{201-189}\text{Bi}$. Выводы о закономерностях поведения экспериментальных значений поверхностного спектроскопического фактора α -частиц и фактора запрета для облегченных α -переходов в области ядер, близких к $Z = 82$ и $N = 126$.

3. Экспериментальные данные об энергиях и интенсивностях α -переходов изотопов $^{210,208,206,204}\text{At}$. Результаты исследования энергий, интенсивностей, мультипольностей γ -переходов и γ - γ -совпадений при распаде ^{204}Po .

4. Схемы альфа-распада и результаты анализа характеристик α -переходов изотопов $^{210,208,206,204}\text{At}$. Схема распада $^{204}\text{Po} \rightarrow ^{204}\text{Bi}$. Выводы о квантовых характеристиках и о структуре состояний ядер $^{206,204,202}\text{Bi}$ и $^{210,208}\text{At}$.

Апробация работ. Основные результаты исследований, изложенные в диссертации, докладывались на XXV, XXVII, XXVIII, XXIX, XXXI Сессиях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (1975, 1977, 1978, 1979, 1981 гг.) на XIV и XV Сессиях по ядерной спектроскопии и теории ядра (Дубна 1975, 1978 гг.).

Публикации. Основные результаты исследований, полученные в диссертации, опубликованы в II работах.

Объем работ. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения и содержит 137 страниц текста, 17 таблиц на 35 стр., 39 рисунков на 22 стр. и список литературы из 243 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования; сформулированы цели, научная новизна и основные положения диссертации, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены вопросы методики изучения спектров α -частиц при помощи магнитных спектрографов. В § I изложены способы регистрации α -частиц в спектрографах. Проанализированы характеристики газонаполненных и полупроводниковых координатно-чувствительных детекторов (КЧД) заряженных частиц с учетом особенностей регистрации α -частиц в спектрографе типа $\pi\sqrt{2}$. Сформулированы требования к КЧД и способам считывания с них информации.

В § 2 приведено описание методики исследования α -спектров на большом магнитном спектрографе $\pi\sqrt{2}$ с регистрацией α -частиц при помощи фотопластинок. Радиус равновесной орбиты спектрографа 154 см; длина фокальной поверхности 50 см; дисперсия равна $2,3 \cdot 10^{-4}$ Е

на 1 мм; разрешение составляет $5 \cdot 10^{-2}\%$ при телесном угле спектрографа $8 \cdot 10^{-4}$ от 4π .

В § 3 рассмотрен разработанный при участии автора координатный спектрометр α -частиц для спектрографа $\pi\sqrt{2}$ на базе многократной пропорциональной камеры (МПК) с аналоговым считыванием информации. В качестве координаты x альфа-частицы вдоль фокальной поверхности спектрографа принято положение центра тяжести гистограммы ионизации ее трека $K(x)$ относительно анодных нитей камеры. Значения $K(x)$ определялись из отношения амплитуд импульсов $K = U_2/U_E = (x \Delta E_\alpha) / \Delta E_\alpha$, где $U_2 = x \cdot \Delta E_\alpha$ — импульс с одного из концов анодного электрода, а U_E — импульс с катода или сумма импульсов с двух концов анода $U_E = U_1 + U_2$; ΔE_α — полные ионизационные потери α -частицы в объеме МПК.

Далее описана конструкция спектрометра. В используемой МПК анодная нить из нихрома зигзагообразно натянута в плоскости между двумя катодами. Расстояние между соседними прямолинейными участками — нитями анодного электрода 5 мм, полное сопротивление анода 5 кОм. Одним из катодов является входное окно МПК, выполненное из алюминизированной лавсановой пленки, вторым катодом является стальная пластина. Расстояние между катодами и анодом — 10 мм. МПК наполнялась метаном до 350 мм рт.ст. Альфа-частицы пересекают плоскость анодных нитей под углом $\sim 45^\circ$, что приводит к возникновению ионизации в чувствительных объемах 4–5 нитей.

Координатный спектрометр имеет рабочую поверхность $18 \times 1,5 \text{ см}^2$, среднее по рабочей поверхности разрешение 6 мм, фон не более 2 имп./ч. Входное окно МПК позволяет регистрировать α -частицы с энергией не менее 5 МэВ.

В последующем разделе рассмотрена электронная система спектрометра, которая состоит из двух зарядочувствительных предусилителей, подключенных к электродам МПК; сумматора; двух линейных спектрометрических усилителей, с выхода которых импульсы поступают на устройство деления сигналов и затем на многоканальный анализатор.

Для деления амплитуд двух импульсов, синхронно поступающих с МПК, предложено и создано аналоговое устройство деления (УД) двух импульсных сигналов. Описаны принцип работы и схема этого устройства. УД включает в себя два канала с восстановителями постоянной составляющей, запоминающими и линейными пропускающими устройствами; усилитель с блоком управляемой обратной связи и блок управления устройством деления. УД имеет следующие параметры: погрешность деления меньше 1% в динамическом диапазоне 1:10; мертвое время — $2,5 \cdot 10^{-4}$ с; температурная нестабильность не хуже $0,1\%/^\circ\text{C}$.

В следующем разделе исследуются возможности и ограничения метода регистрации α -частиц в магнитном спектрографе при помощи МПК и УД. Энергетическое разрешение линий в α -спектрах, полученных при помощи этого метода, лишь в 1,5 раза хуже, чем при использовании фотопластинок. Координатная характеристика спектрометра $K(x)$ близка к линейной. Однако $K(x)$ имеет заметную дифференциальную нелинейность $\delta(x) = 1,1\%$, если $K = U_2/(U_1 + U_2)$ и $\delta(x) = 1,9\%$, если $K = U_2/U_E$, что приводит к уширению аппаратных α -линий и к периодической зависимости ширины линий от x . Обсуждается влияние на $\delta(x)$ разницы моментов времени образования лавин около анодных нитей, охваченных одним треком. Рассмотрено влияние на интегральную и дифференциальную нелинейности и разрешение спектрометра схемы считывания информации с МПК. Опыт применения спектрометра в задачах исследования α -распада изотопов астата и франция показал, что рассмотренные искажения формы аппаратных α -линий затрудняют анализ спектров особенно при изучении тонкой структуры сложных α -спектров. Однако в сочетании с методом фоторегистрации спектрометр позволяет в ходе эксперимента быстро выбирать оптимальные условия опыта и контролировать накопление информации с использованием ЭВМ.

В § 4 излагается методика получения моноизотопных препаратов астата и полония, применявшихся в данной работе. Астат и полоний образовывались в реакции глубокого расщепления при облучении мишеней металлического урана или тория протонами с энергией 660 МэВ. Для выделения из облученных мишеней астата и полония с одновременной их очисткой использовалась экспрессная газотермохроматографическая методика, которая позволяла выделять 60–70% астата и полония за ~ 10 мин из урановой мишени и не более чем за 1 час из ториевой. Разделение изотопов по массам проводилось на электромагнитном масс-сепараторе. Для ионизации астата и полония использовался плазменный ионный источник. Эффективность разделения изотопов At и Po составляла 5–6%. Примеси соседних масс относительно основной не превышали 5%.

Вторая глава посвящена исследованию структуры ядер висмута и астата методами α -спектроскопии. В § 1 изложены основные положения теории α -распада. Рассмотрена основанная на R-матричном подходе модель α -распада, в рамках которой при помощи приведенной ширины $\chi_c^2(R_0)$ обычно проводится анализ экспериментальных вероятностей α -переходов. Обсуждаются недостатки этой модели, связанные прежде всего с неопределенностью выбора радиуса канала распада R_0 .

В данной работе анализ α -ширин проводится на основе не R-матричной модели при помощи понятия поверхностного спектроскопического

фактора α -частицы $w_c(z, N)$, который пропорционален вероятности нахождения α -частицы в кластерной области ядра:

$$w_c = \int_{R_k}^{R_1} |\Psi_c(R)|^2 dR$$

Радиальная волновая функция $\Psi_c(R)$, описывающая относительное движение центра масс α -частицы и дочернего ядра в кластерной области ядра ($R_k - R_1$), является решением одночастичного уравнения Шредингера с ядерным потенциалом Вудса-Саксона. В силу "интегрального" определения фактора w_c вариации его значений, связанные с возможными неоднозначностями определения величин R_k , несущественны для анализа экспериментальных данных.

В § 2 обсуждается предложенная в не R -матричном подходе классификация α -переходов при помощи фактора $w_c(z, N)$ по степени облегченности (облегченные, полуболегченные, необлегченные) с учетом эффекта спаривания нуклонов.

В § 3 рассмотрены результаты анализа известных экспериментальных данных по α -распаду при помощи w_c и фактора запрета h_{fc} для облегченных α -переходов ($L = 0$) в области нуклидов $74 \leq z \leq 92$ и $90 \leq N \leq 136$. На основе проведенной систематики экспериментальных значений w_c сформулированы выявленные закономерности поведения фактора w_c в зависимости от числа нуклонов в нейтронной и протонной подсистемах. В дальнейшем на основе этих результатов проведен детальный анализ α -ширин нечетных изотопов висмута и нечетно-нечетных изотопов астата.

В § 4 на основе систематики, рассмотренной в § 3, проведен анализ известных из эксперимента характеристик α -переходов нечетных изотопов висмута с $A \leq 201$ с целью изучения структуры α -радиоактивных состояний, типов α -переходов и аномалии в поведении значений w_c .

Анализ экспериментальных значений энергий α -переходов $q_{\alpha, c}$ и сопоставление их с $q_{\alpha, o}^{(c)}$ из систематики масс нуклидов (Кравцов, 1974) привели к выводу о том, что переходы с $q_{\alpha, 1}$ из основных состояний нечетных ядер $189-195$ Вi заселяют возбужденные состояния ядер таллия. Установлено, что все эти переходы имеют $w_c \sim 10^{-3}$ и являются облегченными ($J_i^{\pi i} = J_f^{\pi f}$). Обнаружено, что энергии этих состояний, рассчитанные из разностей $q_{\alpha, o}^{(c)} - q_{\alpha, 1}$, хорошо согласуются с энергиями известных изомерных состояний $9/2^-$ в $191-195$ Tl. На основе этих результатов предложены схемы α -распада $189-195$ Вi, в которых облегченный переход из основного состояния этих ядер заселяет изомерное состояние $9/2^-$ в $184-191$ Tl. Далее показано, что эти схе-

мы α -распада позволяют с учетом систематики w_c объяснить отсутствие данных о таких же облегченных переходах для изотопов Вi с $A \geq 197$. Получены оценки w_c , $T_{1/2, \alpha}$ и $\alpha\%$ для этих переходов в $197, 199, 201$ Вi.

В следующем разделе рассмотрен α -распад изомерных состояний $191-201$ Вi. Ранее было установлено, что такой изомер в 201 Вi имеет $J^{\pi} = 1/2^+$ и его энергия возбуждения соответствует α -распаду с $q_{\alpha, 2}$ в основное состояние 197 Tl ($1/2^+$). В данной работе предложена такая же схема распада для изомерных состояний $191-199$ Вi. Энергии этих состояний E_m , рассчитанные по разностям $E_m = q_{\alpha, 2} - q_{\alpha, o}^{(c)}$, систематически убывает с уменьшением N , хорошо коррелирует с энергиями протонных дочерних состояний $3s_{1/2}^-$ в $203, 205, 207$ Вi и с энергиями изомерных состояний $9/2^-$ в изотопах Tl. Экспериментальные данные не противоречат предположению об облегченности α -распада изомерных состояний $191-201$ Вi. На основе этих результатов предложены для α -радиоактивных изомеров $191-199$ Вi характеристики $1/2^+$ и конфигурация $P(3s_{1/2}^-)$. Для $191-201$ Вi получены оценки значений $T_{1/2, \alpha}$ и $\alpha\%$, ожидаемые из систематики $w_c(z, N)$.

Далее рассмотрен вопрос о возможности наблюдения полуболегченных α -переходов между основными состояниями нечетных ядер Вi и Tl с $A \leq 201$.

В заключение показано, что разности масс нечетных нуклидов Вi и Tl с $A < 201$ в таблицах масс нуклидов [Viola et al., 1974; Warstra, Vos, 1977] необходимо увеличить на 200-400 кэВ в соответствии с предложенными схемами α -распада изотопов Вi.

В § 5 изложены результаты экспериментального исследования α -распада нечетно-нечетных изотопов $204-210$ At. Изучение α -спектров проводилось на большом магнитном спектрографе ОИЯИ с моноизотопными источниками.

В α -спектре 210 At идентифицированы 8 линий. По сравнению с предыдущими работами убедительно доказано существование α -линий 5456; 5242; 5175 кэВ и уточнены энергии и интенсивности других переходов. Не подтвердилась идентификация ранее наблюдавшейся линии 5131 кэВ. Доля α -распада 210 At получена равной $(0,18 \pm 0,02)\%$ в согласии с известным значением.

Впервые изучен α -спектр 208 At с моноизотопным источником. Подтверждена идентификация и уточнены энергии и интенсивности α -переходов 5641; 5626 и 5586 кэВ.

Впервые изучен α -спектр 206 At с моноизотопным источником. Кроме известной линии 5703 кэВ, обнаружено три новых 5774; 5767 и 5734 кэВ. Получено значение $\alpha(206 \text{ At}) = (0,70 \pm 0,14)\%$.

В α -спектре ^{204}At , кроме известной линии 5953 кэВ, других линий в диапазоне 5,8–6,1 МэВ с интенсивностью более 10% от наблюдаемой не обнаружено. Получено значение $\alpha(^{204}\text{At}) = (3 \pm 1)\%$.

Классификация α -переходов ^{204}At проведена по экспериментальным значениям W_c и HF_c с учетом теоретических $HF_c^{(T)}$, вычисленных с использованием известных теоретических α -ширин, полученных в сверхтекучей модели ядра. Анализ структуры нечетно-нечетных ядер Bi и At проведен в рамках моделей, интерпретирующих низколежащие уровни таких ядер как состояния нейтрон-протонных мультиплетов, характер расщепления которых определяется взаимодействием между неспаренными квазичастицами в нейтронной и протонной подсистемах.

Предложенная схема α -распада ^{210}At включает 7 уровней ^{206}Bi (рис. 1). Установлено, что ^{210}At имеет два облегченных перехода α_{83} и α_{166} на уровни 5^+ и подтверждены характеристики 5^+ для ^{210}Bi . При помощи фактора W_0 рассмотрено распределение силы облегченного α -распада ^{210}At по уровням 5^+ в ^{206}Bi и получены оценки амплитуд примесных конфигураций в этих состояниях. Показан полуоблегченный характер переходов α_{70} , α_{288} и α_{356} . Предложены значения J^π и интерпретация состояний 287,8 и 356,1 кэВ в ^{206}Bi и подтверждены значения и выводы о структуре состояний 59,9; 69,6; 140,0 кэВ.

Предложенная схема α -распада ^{208}At (рис. 2) подтверждает в целом ранее известную. Уточнена энергия уровня 15 кэВ. Из облегченности перехода α_0 сделан вывод о том, что ^{208}Bi однозначно имеет $J^\pi = 6^+$, так как спин ^{204}Bi — 6^+ измерен ранее прямым методом. Из совпадения значений HF_0 с $HF_c^{(T)} = 2,9$ следует, что главный компонент волновых функций ^{208}Bi и ^{204}Bi имеет одну и ту же конфигурацию, его амплитуда $\sim I$, и согласно теоретическим расчетам спектра уровней ^{208}At , он имеет конфигурацию

$$[p(1h_{9/2})^1, n(2f_{5/2})^{-1}] 6^+ ^{206}\text{At}$$

Схема α -распада ^{206}At (рис. 3) включает три новых полуоблегченных перехода α_0 , α_7 , α_{41} и облегченный переход на предполагавшийся ранее уровень 72 кэВ в ^{202}Bi . Уровню 72 кэВ приписаны $J^\pi = 5^+$, так как $J^\pi(^{206}\text{At}) = 5^+$ согласно известной для него схеме β -распада. Показано, что главные компоненты состояний 72 кэВ и ^{206}Bi совпадают. Полуоблегченный тип перехода α_0 указывает на различные конфигурации главных компонент основных состояний ^{202}Bi и ^{206}At . Для уровней 41 и 7 кэВ значения J^π предложены с учетом данных о схеме уровней ^{202}Bi из распада ^{202}Po и систематики уровней 7^+ в соседних ядрах Bi .

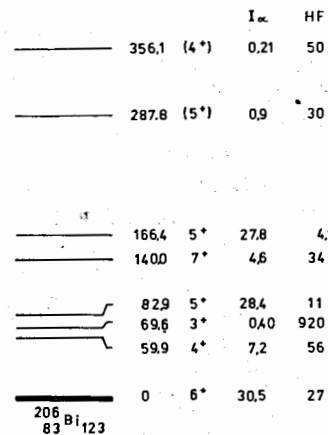
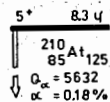


Рис. 1.

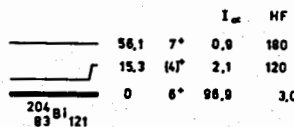
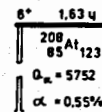


Рис. 2.

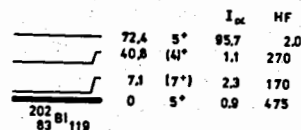
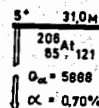


Рис. 3.

Для ^{204}At рассмотрены два возможных варианта схемы α -распада. Превышение экспериментального значения $\text{HF}_0 = 2,2 \pm 0,8$ над $\text{HF}_0^{(T)} = 1,4$ может указывать на существование второго не наблюдавшегося облегченного α -перехода с $\text{HF}_0 = 3-5$. В этом случае наблюдаемый облегченный α -переход ^{204}At должен идти не в основное состояние ^{200}Bi (7^+), как в первом варианте, а на возбужденное и спин ^{204}At , не равный 7.

В § 6 проанализированы факторы W_0 и HF_0 для облегченных α -переходов $^{204-210}\text{At}$ и сопоставлены с W_0 и HF_0 более легких изотопов At и соседних изотопов Fr , Ac и Pa . Показано, что появление нескольких облегченных α -переходов при распаде нечетно-нечетных нуклидов - типичное явление, которое можно объяснить фрагментацией состояний нейтрон-протонных мультиплетов по уровням дочерних ядер.

Глава III посвящена исследованию схемы уровней ядра ^{204}Bi , путем изучения электронного захвата ^{204}Po (3,53 ч). Ранее были известны две взаимоисключающие схемы распада $^{204}\text{Po} \rightarrow ^{204}\text{Bi}$. Энергии E_γ и интенсивности I_γ γ -лучей ^{204}Po были определены с погрешностями соответственно 0,2-0,6 кэВ и 10-40%.

В данной работе проведено исследование спектров: γ -лучей; электронов внутренней конверсии (ЭВК); γ - γ -совпадений для ^{204}Po . Измерения проводились на комплексе спектрометров, включающем: $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторы планарного и коаксиального типов; $\text{Si}(\text{Li})$ и $\text{Si}(\text{Al})$ -детекторы; $\text{Si}(\text{Li})$ -детектор в магнитном бездисперсионном устройстве; β -спектрометр с тороидальным магнитным полем СТ-2. При изучении γ - γ -совпадений применялся спектрометр на базе ЭМ НР 2116 С с двумя $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами чувствительным объемом 27 и 41 см³. Параметры спектрометров и методика измерения спектров излучений рассмотрены в § I.

В § 2 изложены результаты изучения спектров излучений ^{204}Po . Применение моноизотопных высокоактивных источников ^{204}Po в сочетании с методами исследований спектров излучений при помощи полупроводниковых детекторов высокого разрешения и использование ЭМ для обработки данных позволили получить новые сведения о распаде ^{204}Po . Идентифицированы 39 γ -переходов в ^{204}Bi , из которых 17 наблюдались впервые. Погрешности E_γ и I_γ большинства γ -переходов составляют соответственно 10-30 эВ и 3-10%. Из сравнения экспериментальных и теоретических коэффициентов внутренней конверсии получены выводы о мультипольности 29 переходов, из них для 18 впервые, в том числе и для самого интенсивного перехода 63,185 кэВ (100%) - М1. Уточнены мультипольности интенсивных переходов 137,023 кэВ -

М1; 883,960 кэВ - Е1; 1016,288 кэВ - Е1 и 1040,007 кэВ - М1. Для всех 29 переходов даны верхние оценки смешивания мультипольностей. Впервые получены данные об интенсивности χ - χ совпадений для 52 каскадов.

Схема распада $^{204}\text{Po} \rightarrow ^{204}\text{Bi}$, предложенная в настоящей работе, существенно отличается от ранее известных. Она включает 31 переход (рис. 4), суммарная интенсивность 8 неразмещенных переходов меньше 10% на распад. Убедительным количественным обоснованием предложенной схемы уровней ^{204}Bi является хорошее согласие экспериментальных и рассчитанных по схеме интенсивностей χ - χ совпадений для 48 из 52 каскадов. Квантовые характеристики для 15 уровней ^{204}Bi предложены на основе анализа значений lg ft , мультипольностей γ -переходов с учетом спина ^{204}Bi - 6^+ и в предположении, что уровень 15 кэВ, который возбуждается и при α -распаде ^{208}At , имеет $J^\pi = 4^+$.

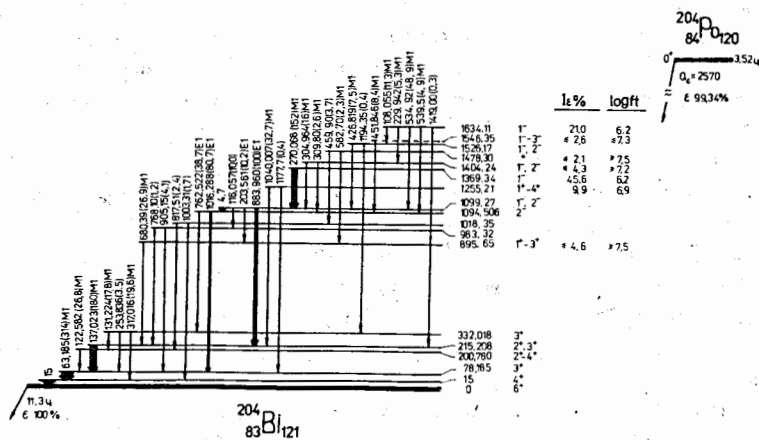


Рис. 4.

В § 3 обсуждается схема уровней ^{204}Bi . Низколежащие уровни 0-382 кэВ в ^{204}Bi интерпретируются как состояния мультиплетов с нечетным протоном в состоянии $1h_{9/2}$ и нейтроном в состояниях: $2f_{5/2}$; $3p_{1/2}$ или $3p_{3/2}$.

Уровень 1255,21 кэВ - I^+ интерпретируется как состояние мультиплета $[P(2f_{7/2})^1 n(2f_{5/2})]_{1^+}$, заселяемое разрешенным гамма-теллеровским β -переходом типа $P(2f_{7/2}) \rightarrow n(2f_{5/2})$ с $\text{lg ft} = 6,9$.

Далее рассмотрена структура состояний отрицательной четности, обнаруженных в ^{204}Bi . Уровни 1369,34 кэВ - I^- и 1634,11 кэВ - I^- ,

заселяемые однократно запрещенными β -переходами с $lg ft = 6,2$, предложено интерпретировать как состояния, главными компонентами которых являются конфигурации $[\rho(1h_{9/2})^2_0(3s_{1/2})^{-1}, n(3p_{1/2})]_{1-}$; $[\rho(1h_{9/2})^2_0(2d_{3/2})^{-1}, n(2f_{5/2})^1]_{1-}$; $[\rho(1h_{9/2})^2_0(2d_{5/2})^{-1}, n(2f_{5/2})^1]_{1-}$, связанные с возбуждением протонного остова $Z = 82$. Такие состояния могут заселяться при однократно запрещенных β -переходах типа $p(3s_{1/2}) \rightarrow n(3p_{1/2})$; $p(2d_{3/2}) \rightarrow n(2f_{5/2})$; $p(2d_{5/2}) \rightarrow n(2f_{5/2})$.

В заключении приводятся основные результаты, полученные в диссертации.

1. Проведено исследование нового метода регистрации α -частиц в магнитном спектрографе при помощи многокитяной пропорциональной камеры. Изучены эффекты искажения формы аппаратурных α -спектров и предложены способы улучшения характеристик координатного спектрометра. Спектрометр позволяет работать в линии с ЭМ, что в сочетании с методом фоторегистрации α -частиц дает возможность быстро выбирать оптимальные условия опыта и контролировать накопление информации.

2. Разработано новое аналоговое устройство деления амплитуд двух импульсных сигналов для спектрометров с координатно-чувствительными детекторами. Новизна разработки подтверждена авторским свидетельством.

3. При помощи магнитного спектрографа получены наиболее точные значения энергий и интенсивностей α -переходов $^{206,208,210}\text{At}$ и определены доли α -распада $^{204,206,210}\text{At}$.

4. Впервые проведен детальный анализ характеристик α -переходов изотопов $^{204-210}\text{At}$ на основе полученной систематики значений поверхностного спектроскопического фактора α -частицы $w(Z, N)$. Уточнена схема α -распада ^{210}At , предложена новая схема α -распада ^{206}At и рассмотрены варианты схемы α -распада ^{204}At . Подтверждены спины основных состояний ^{210}At - 5^+ и ^{208}At - 6^+ . Установлено, что в нечетно-нечетных нуклидах наблюдается распределение силы облегченного α -перехода по нескольким заторможенным облегченным переходам вследствие фрагментации двухчастичных состояний. Рассмотрен характер расщепления уровней нейтрон-протонных мультиплетов в нечетно-нечетных изотопах $^{202,204,206}\text{Bi}$.

5. Проведен анализ характеристик α -переходов изотопов $^{189-201}\text{Bi}$ при помощи факторов w , рассчитанных на основе известных экспериментальных значений q_α , $\alpha\%$ и $T_{1/2}$. Впервые предложены схемы α -распада и предложено объяснение причин аномалии значений w для нечетных изотопов $^{189-201}\text{Bi}$.

6. Изучены спектры γ -лучей, γ - γ -совпадений и электронов внутренней конверсии при распаде $^{204}\text{Po} \rightarrow ^{204}\text{Bi}$.

Погрешности E_γ для большинства переходов составляют 10-80 эВ, что меньше полученных ранее в 4-20 раз. Нуклиду ^{204}Po приписаны 39 гамма-переходов, из которых 17 обнаружены впервые. Определены мультипольности 29 гамма-переходов, 19 из них впервые. Впервые при распаде ^{204}Po получены количественные данные об интенсивности γ - γ -совпадений.

7. Разработана схема распада $^{204}\text{Po} \rightarrow ^{204}\text{Bi}$, которая существенно отличается от известных ранее. Получены сведения о квантовых характеристиках 17 уровней ^{204}Bi . Обнаружена полоса уровней отрицательной четности в ^{204}Bi при энергии возбуждения больше 1 МэВ. Установлено интенсивное заселение уровней с $J^\pi = 1^-$ при электронном захвате ^{204}Po . Показано, что такие состояния могут возникать при однократно запрещенных β -переходах вследствие возбуждения дырочных состояний в оболочке $Z = 82$.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Вахтель В.М., Зинов В.Г., Орманджиев С.И. Электроника многокитяной пропорциональной камеры альфа-спектрографа. - Сообщение ОИЯИ, Дубна, 1975. 13-8704. - 17 с.
2. Вахтель В.М., Орманджиев С.И. Авторское свидетельство СССР №501400, Устройство деления двух импульсных сигналов. Бюлл. ОИПОТЗ, 1976, №4, от 30.I.1976 г., с.137.
3. Вахтель В.М., Винель Г.В., Вылов Ц., Громова И.И., Новгородов А.Ф., Норсеев Ю.В., Халкин В.А., Чумин В.Г. Газотермохроматографический метод выделения астата. Относительный выход изотопов астата из урана. Радиохимия, 1976, т.18, № 6, с. 886-893.
4. Вахтель В.М., Винель Г.В., Вылов Ц., Головков Н.А. Громова И.И., Кузнецова М.Я., Норсеев Ю.В., Приходцева В.П., Чумин В.Г. Распад ^{202}Po . Возбужденные состояния ^{202}Bi . Тезисы докладов XXVII Сессии по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. - М., - Л.: Наука, 1977, с. III.
5. Чумин В.Г., Вахтель В.М., Кадменский С.Г., Кургалин С.Д. Факторы запрета облегченных альфа-переходов в нечетно-нечетных ядрах с $Z \geq 85$. XV Сессия по ядерной спектроскопии и теории ядра. - Дубна, 1978, ОИЯИ, Д6-11574, с. 47-48.
6. Громов К.Я., Фурман В.И., Чумин В.Г., Вахтель В.М., Кадменский С.Г., Кургалин С.Д. Вероятности формирования альфа-частиц в кластерной области для ядер $107 \leq A \leq 226$ в случае облегченных α -переходов. XV Сессия по ядерной спектроскопии и теории ядра. - Дубна, 1978, ОИЯИ, Д6-11574, с. 53-54.

7. Вахтель В.М., Кадменский С.Г., Мартынов А.А., Фурман В.И.
Об α -распаде нейтронодефицитных изотопов ^{211}Po . Ядерная физика, 1978, т.28, № 5, с.1241-1248.
8. Вахтель В.М., Вилков Ц., Головкин Н.А., Джелепов Б.С., Драйер Р., Кузнецова М.Я., Норсеев Ю.В., Попова Т.И., Приходцева В.П., Чумин В.Г. Распад ^{204}Po . Сообщение ОИЯИ, - Дубна, 1978, Р6-11683, - 20 с.; Спектры γ -лучей, конверсионных электронов и γ - γ -совпадений ^{204}Po . Изв. АН СССР, сер. физ., 1979, т.43, № 1, с.63-70.
9. Вахтель В.М., Кадменский С.Г. Об альфа-распаде нейтронодефицитных изотопов ^{211}Po и ^{212}Po . - Тезисы докладов XXIX Собрания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. - М.-Л.; Наука, 1979, с.246.
10. Вахтель В.М., Головкин Н.А., Иванов Р.Б., Михайлова М.А., Новгородов А.Ф., Норсеев Ю.В., Чумин В.Г., Шкевич Ю.В., Альфа-распад $^{210,208,206,204}\text{At}$ и ^{212}Fr . - Сообщение ОИЯИ, Дубна, 1980, Р6-80-840. - 9 с.
11. Вахтель В.М., Головкин Н.А., Иванов Р.Б., Михайлова М.А., Чумин В.Г. Схема альфа-распада $^{210,208,206,204}\text{At}$ и ^{212}Fr . - Сообщение ОИЯИ, Дубна, 1980, Р6-80-877. - 15 с.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 июля 1981 года.