

С. 341.16

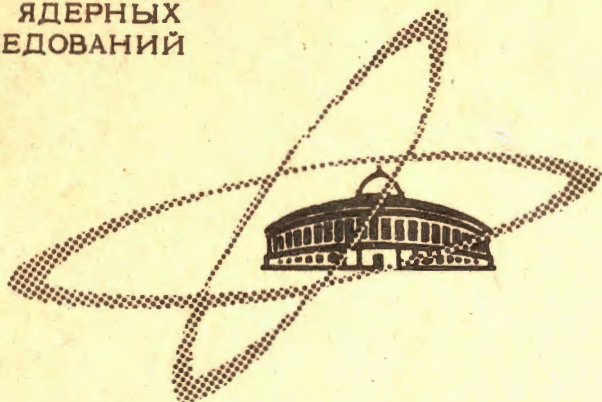
3/х

В-651

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Р6 - 2979



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Н. Воинова, Я. Врзал, Б. Джелепов, Я. Липтак,
Я. Урбанец

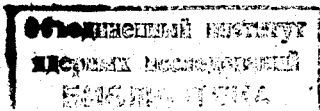
ИССЛЕДОВАНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ Ta^{182}
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ СПЕКТРОМЕТРЕ

1966

P6 - 2979

Н. Воинова, Я. Врзал, Б. Джелепов, Я. Липтак,
Я. Урбанец

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ Ta^{182}
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ СПЕКТРОМЕТРЕ



Различные участки гамма-спектра Ta^{182} изучались неоднократно: наиболее тщательно область малых энергий от 40 до 270 кэв была исследована при помощи кристалл-дифракционных спектрометров ^{/1-3/}, область больших энергий от 850 до 1500 кэв — при помощи магнитных комптоновских спектрометров ^{/4/}. Гамма-спектр Ta^{182} от 100 до 1300 кэв исследован только в одной работе Рюде и др. ^{/5/} по фотоэлектронам. Германнево-литиевые детекторы позволяют получить гамма-спектр Ta^{182} сразу в интервале 30–1500 кэв. Мы выполнили эти измерения с детектором Пражского института ядерной физики. Объем детектора $\approx 5 \text{ см}^3$, толщина чувствительного слоя $\approx 8 \text{ мм}$, полуширина линии $\approx 4 \text{ кэв}$. Регистрация спектра производилась анализатором на 2048 каналов.

1. Измерения гамма-спектра

Препарат Ta^{182} был получен из реакции (n, γ) на реакторе ФТИ в 1964 г.; в нем обнаружена небольшая примесь Co^{60} ($T_{1/2} = 5 \text{ лет}$) и Zn^{65} (245 дн.).

Было снято 3 серии; на рис. 1–8 представлены различные участки гамма-спектра. Для иллюстрации выбрана лучшая серия. Относительные интенсивности линий определялись во всех сериях; в пределах погрешностей они совпали и поэтому были усреднены. Результаты приведены в таблице 1.

К рисункам мы хотели бы сделать следующие примечания.

Рис. 1. E_γ от 50 до 105 кэв. Относительные интенсивности согласуются с прежними данными.

Рис. 2. E_γ от 105 до 180 кэв. На этом участке гамма-спектра должна находиться линия 146,2 кэв — переход с такой энергией был обнаружен при исследовании конверсионного спектра в работе Башанди и др. ^{/6/}. Мы не наблюдали линии с такой энергией с интенсивностью больше 0,1% от интенсивности линии 1122 кэв.

Рис. 3. E_γ от 180 до 270 кэВ. На этом участке спектра проявились известные ранее γ -линии.

Рис. 4. E_γ от 270 кэВ до 800 кэВ.

На этом участке заметна только одна слабая гамма-линия в районе 510 кэВ. В прежних измерениях Ta^{182} такая линия никогда не наблюдалась. Поэтому это может быть либо новая линия, либо линия аннигиляционного излучения (аннигиляция позитронов внутренней парной конверсии). Интенсивность аннигиляционной линии можно подсчитать, используя гамма-спектр, мультипольности переходов и предполагая, что все позитроны парной конверсии аннигилируют в источнике. Расчет дает: $J_{ан.} = 1,5 \cdot 10^{-3} \% J_\gamma(1122)$, что приблизительно на 3 порядка меньше, чем наблюдается на опыте: $(1,2 \pm 0,2) \% J_\gamma(1122)$. Далее указано, что в спектре наблюдалась гамма-линия $h\nu = 1115$ кэВ, принадлежащая, по-видимому, Zn^{65} ; при распаде Zn^{65} возникают также позитроны - 1,2% позитрона на распад. Эти позитроны при полной аннигиляции в источнике должны были бы давать линию $J_{ан.} = 1,1 \% J_\gamma(1122)$, т.е. приблизительно такую, какая наблюдается на опыте.

На этом же участке спектра должны быть расположены гамма-линии 296,2; 329,5; 335,2, наблюдавшиеся в работе Фаулера и др.^{/7/} по фотоэлектронам, и гамма-линия 351 кэВ, наблюдавшаяся в конверсионном и фотоспектрах Башанди и др.^{/8/}. Если эти гамма-линии есть, то их интенсивность меньше 0,1% интенсивности линии 1122 кэВ. В гамма-спектре Ta^{182} должен наблюдаться переход $h\nu = 763$ кэВ между уровнями 1443,4 кэВ (4^+) и 880,4 кэВ (6^+), для обоих уровней значение квантового числа $K=0$. Мы не наблюдали такого перехода; если он и есть, его интенсивность меньше 0,1% интенсивности гамма-линии 1122 кэВ. В области энергий 800-850 кэВ нет гамма-линий с интенсивностью больше 0,2% интенсивности гамма-линии 1122 кэВ.

Рис. 5. E_γ от 850 до 1060 кэВ. Гамма-линия $h\nu = 892$ кэВ в спектре не проявилась; верхний предел $J_\gamma(892) < 0,4 \% J_\gamma(1121,6)$. Исходя из интенсивности конверсионной линии K892 и мультипольности перехода $E2(2^+ \rightarrow 4^+)$, можно найти, что ее интенсивность должна быть $(0,14 \pm 0,03) \% J_\gamma(1122)$, поэтому она и не должна быть видна. Недавно Хенк, Стаб, Зифферт и Кох^{/8/} отметили в гамма-спектре Ta^{182} небольшой максимум, который приписали $h\nu = 892$ кэВ с интенсивностью 1% $J_\gamma(1122)$; это значение нам кажется завышенным. В области $h\nu$ от 1050 до 1080 кэВ не обнаружено гамма-линий с интенсивностью больше 0,15% $J_\gamma(1122)$. (Нет линии 1081 кэВ).

Рис. 6. E_γ от 1080 до 1240 кэВ. На этом участке спектра проявилась линия 1115 кэВ, которая несомненно принадлежит примеси, так как линия Ta^{182} 1113,6 кэВ должна быть гораздо слабее. По-видимому, эта примесь - Zn^{65} , у которого известны γ 1114 (44% распадов) и β^+ (1,5% распадов); соответствующая аннигиляционная линия, как указывалось, также наблюдалась.

На том же участке спектра проявилась линия 1173 кэВ. В более жесткой части спектра проявилась линия 1332 кэВ (рис. 8). По-видимому, обе они принадлежат Co^{60} , присутствовавшему в источнике Ta^{182} в виде небольшой примеси. Других примесей не обнаружено. Поскольку гамма-спектры Co^{60} и Zn^{65} имеют только по 2 гамма-линии, мы не стали производить очистку и проводить новые измерения.

На рис. 7 и 8 изображены участки спектра от 1240 до 1500 кэВ, на которых проявились только известные из прежних работ гамма-линии Ta^{182} и 1332 кэВ Co^{60} . Значения интенсивностей этих линий, определенные нами, не противоречат опубликованным в предыдущих работах результатам.

2. Относительные интенсивности гамма-линий

Для определения относительных интенсивностей гамма-линий нужно иметь кривую эффективности детектора. Мы располагали только кривой, полученной по гамма-лучам Yb^{169} и RaC . Погрешности, вносимые этой кривой при сравнении интенсивностей линий, составляют около 10%. При исследовании γ -спектра Ta^{182} области энергий 40-300 и 890-1460 кэВ измерялись в разных условиях, это вносило дополнительную ошибку в относительные интенсивности линий. Поэтому мы приводим отдельное сравнение для участков 40-300 кэВ и 890-1460 кэВ. Для связывания шкал относительных интенсивностей в двух областях энергий было принято, что переходы $h\nu = 100$ и 1222 кэВ чистого типа $E2$; экспериментальное отношение интенсивностей их K -конверсионных линий $L_{II} 100/K1122 = 133 \pm 5$ (таблица 2). Воспользовавшись им и теоретическими коэффициентами конверсии, мы получаем $\gamma 100,1 / \gamma 1122 = 0,36 \pm 0,02$.

В таблице 1 приведены наши результаты (усредненные по всем сериям) и результаты других авторов, нормированные к $\gamma 100,1 = 36$. Видно, что результаты работ хорошо согласуются друг с другом. Погрешности измерений интенсивностей с германиевым детектором в области до 300 кэВ приблизительно в 2 раза больше, чем в кристалл-дифракционном методе. В области выше 800 кэВ, где германиевый метод в основном конкурирует с методом комптоновских электронов, их погрешности в среднем одинаковы. Результаты в пределах суммы авторских погрешностей согласуются всюду, кроме последней линии ($h\nu = 1454$ кэВ); однако интенсивность этой линии получалась неодинаковой в разных сериях, и мы этот результат дальше не учитываем.

3. Мультипольности гамма-переходов

В последнем столбце таблицы 1 даны принятые значения относительных интенсивностей гамма-переходов J_γ , которые определялись как средне-взвешенное по данным

всех работ. В таблице 2 приведены результаты последних исследований конверсионного спектра Ta^{182} . Данные более ранних работ менее полные и менее точные, поэтому они в таблице 2 не приводятся. Мультипольности гамма-переходов Ta^{182} определялись путем сравнения экспериментальных отношений $K: L_I : L_{II} : L_{III}$, а также коэффициентов конверсии с теоретическими (таблицы 3 и 4). Для переходов с энергией больше $2mc^2$ мультипольность может быть определена также из a_{π}/a_K - отношения коэффициентов внутренней парной конверсии и конверсии на К-оболочке (табл. 4). Эту величину в принципе можно определять, не вынимая источника из β -спектрометра, и тогда точность измерений была бы наибольшей; однако имеющиеся данные содержат отдельно в разных условиях измеренные интенсивности J_K и J_{π} (J_{π} из работы Василенко и др. /11/, J_K по табл. 2); шкалы можно свести, полагая, что переход $1222 \text{ кэВ} (2^+ \rightarrow 0^+)$ W^{182} - чистый E2-переход. Отношения a_{π}/a_K приведены в таблице 5. Дополнительные трудности возникают при сравнении с теорией. Теоретические значения a_{π} рассчитаны в шредингеровском приближении для $Z = 84$. Так как значения a_{π} для $Z = 0$ и $Z = 84$ отличаются не сильно, расчеты для $Z = 84$ могут быть использованы при определении a_{π} переходов в ядре с $Z = 74$. В таблице 5 приведены теоретические значения a_{π}/a_K только для мультиполей E1, E2, и M1, для M2-переходов такие расчеты отсутствуют. Известно, однако, что при $Z = 0$ для переходов с $h\nu \approx 1,5 \text{ МэВ}$ значения a_{π} при мультипольности перехода M2 и M1 отличаются приблизительно в 3 раза.

Отношение a_{π}/a_K резко зависит от мультипольности, поэтому в ряде случаев оно позволяет однозначно определять состав смеси. Например, для переходов 1189 и 1274 кэВ по величине a_{π}/a_K исключается смесь E2+M1. Большая погрешность при измерении интенсивности позитронов внутренней парной конверсии (в лучшем случае для сильных линий $\approx 20\%$) не позволяет, однако, определять количественно примеси с достаточной точностью.

Мультипольность переходов 87,7; 152; 179; 264; 1121 и 1231 кэВ определялась при измерении угловой гамма-гамма-корреляции из одиннадцати гамма-каскадов (таблица 6).

Во всех случаях для переходов определялись только двойные смеси. Сравнивая данные таблиц 3-6, мы определили наиболее вероятные значения мультипольностей гамма-переходов (таблица 7). Для двух жестких переходов 1045 и 1189 кэВ с учетом анализа приведенных вероятностей переходов в работе Витмана и др. /4/ определены тройные смеси мультиполей.

4. Абсолютные интенсивности β - и электромагнитных переходов

при распаде Ta^{182}

При определении баланса интенсивностей по возбужденным уровням W^{182} , возникающим при распаде Ta^{182} , нужно знать интенсивности β - и γ - переходов. Однако по существу нет ни одной работы, в которой бы детально исследовался весь гамма-спектр Ta^{182} , были бы определены его энергии, интенсивности с достаточной степенью точности. В схеме W^{182} много близко расположенных уровней, поэтому β -спектр Ta^{182} сложен и его разложение на компоненты не может дать надежных результатов. Более надежные результаты для интенсивностей β -компонент можно получить, определяя баланс интенсивностей переходов между уровнями W^{182} . При определении баланса можно принять за 100% сумму интенсивностей переходов, идущих на основное состояние W^{182} , т.е. $\sum J_n (100,1; 1221,8; 1257,8; 1289,5; 1374,2; 1411$ и $1437,2 \text{ кэВ}) = 100^x$. Из этого равенства можно определять коэффициент, при помощи которого относительные интенсивности гамма-переходов пересчитываются на абсолютные (в % на распад): $A_{\text{осн}} = 0,359 \pm 0,011$, а также коэффициент для перевода относительных интенсивностей конверсионных линий в абсолютные: $B_{\text{осн}} = (0,105 \pm 0,007) 10^{-2}$. Для получения интенсивности любой гамма-линии в % на распад достаточно значение относительной интенсивности (табл. 1) умножить на коэффициент $A_{\text{осн}} = 0,359$; для получения интенсивности любой конверсионной линии в % на распад нужно значение относительной интенсивности линии (табл. 2) умножить на коэффициент $B_{\text{осн}} = 0,105 \cdot 10^{-2}$.

Те же самые коэффициенты A и B в случае W^{182} могут быть получены другим путем. β -распад на основную ротационную полосу W^{182} практически не идет ($\leq 0,15\%$ распадов). Поэтому при составлении баланса интенсивностей можно принять за 100% сумму интенсивностей всех переходов, идущих на основную ротационную полосу - на уровни $0^+, 2^+, 4^+, 6^+$; их энергия $h\nu$ 890 кэВ; 892,4; 928,4; 980,1; 1002,4; 1044,8; 1113,8; 1121,8; 1157,8; 1189,3; 1221,8; 1231,4; 1257,8; 1274,1; 1289,5; 1342,7; 1387,8; 1411; 1437,2; 1453,5 кэВ. В этом случае коэффициенты пересчета относительных интенсивностей гамма- и конверсионных линий соответственно равны:

$$A_{\text{рот}} = 0,388 \pm 0,011 \quad \text{и} \quad B_{\text{рот}} = (0,108 \pm 0,007) 10^{-2}.$$

На первый взгляд, оба метода дают одинаковые результаты с одинаковыми погрешностями. Однако следует учесть, что в первом способе участвуют и мягкие и жесткие переходы, во втором - только жесткие. Интенсивности гамма-лучей с $h\nu$ 300 и $h\nu$ 890 кэВ, как правило, определялись разными авторами, только в одной работе Суйковского и др. /5/ и нашей есть общая шкала интенсивностей, но погрешности в

x) Здесь и дальше J_n - интенсивность перехода ($J_{\gamma} + J_{\beta}$).

определении относительных интенсивностей велики - 15 и 10% соответственно. Поэтому сшивание шкал интенсивностей мягких переходов $h\nu < 300$ кэв с интенсивностями жестких переходов $h\nu > 800$ кэв производилось следующим образом: принималось, что переход 100,1 кэв - чистого типа $E2$, $J_\gamma(100,1)$ определялось так, чтобы коэффициенты внутренней конверсии a_1 были наиболее близки к теоретическим для $E2$ -перехода^{x)}. Дополнительная ошибка, возникающая за счет такого пересчета, при определении относительных интенсивностей мягких переходов составляет ~ 6%. Истинная погрешность $A_{осн}$ и $B_{осн}$ на самом деле больше: $A_{осн} = 0,36 \pm 0,02$ и $B_{осн} = (0,105 \pm 0,010) \cdot 10^{-2}$. Поэтому мы отдаем предпочтение балансу интенсивностей по второму способу. В таблице 8 даны значения абсолютных интенсивностей переходов $Ta^{182} \rightarrow W^{182}$. Погрешность в интенсивностях определена в предположении, что это $E2$ -переход.

5. Баланс интенсивностей по уровням W^{182} при распаде Ta^{182} .

Анализ β -переходов

Используя полученные нами значения интенсивностей переходов в % на распад, мы составили баланс интенсивностей приведенный в таблице 9. Погрешность суммы интенсивностей переходов, приходящих на любой уровень и уходящих с него, определена с учетом погрешностей участвующих переходов и погрешностей множителей пересчета $A_{рот}$ и $B_{рот}$.

На основании проведенного баланса определены энергии и интенсивности β -компонент (табл. 10). Для сравнения даны экспериментальные значения "Балансовые" и экспериментальные значения удовлетворительно согласуются для двух наиболее интенсивных β -компонент ($E_{гр} = 524$ и 439 кэв). Для жестких компонент точнее прямые β -измерения. Для мягких компонент точнее данные, полученные по балансу: непосредственное разложение β -спектра на компоненты неоднозначно, так как неизвестна форма компонент (разложение на фермиевские компоненты производили Демюнк и др.^{/12/} и Даниэль и др.^{/11/}), а измерения β -спектров в совпадении с гамма-лучами (работы^{/13/} и ^{/11/}) позволяют установить наличие β -компонент, но дают неоднозначные данные об интенсивностях, так как выделение гамма-перехода не означает выделения β -компоненты, идущей именно на тот уровень, с которого идет гамма-переход, и спектр опять приходится раскладывать на компоненты. β -компонента $E_{гр} = 591$ кэв выявлена только по совпадениям (β) (γ 1100-1200) в работе Хансена и др.^{/13/}; указанная интенсивность получена при выделении фермиевской компоненты по трем точкам в области 520-585 кэв. β -компонента $E_{гр} = 555$ кэв

$$x) J_\gamma(100) = \frac{Je(100) \cdot 2,92 \cdot 10^{-3}}{a}$$

наблюдалась только Даниэлем и др.^{/11/} при разложении суммарного β -спектра; его не видели Хансен и др. в совпадениях (β) (γ 1100-1200); вероятно, ее интенсивность завышена и, в частности, она включает в себя интенсивность β -компоненты $E_{гр} = 591$ кэв. β -компонента $E_{гр} = 524$ кэв наиболее интенсивна. Ее наблюдали все экспериментаторы, но интенсивности указали только Даниэль и др. - по суммарному β -спектру $48 \pm 8\%$ распадов и Хансен и др. - по β - γ -совпадениям $60 \pm 9\%$ распадов (градуировка по интенсивностям производилась по К-линиям и указанные результаты приведены к современным значениям интенсивностей конверсионных линий, что не сильно их изменило). Существование β -компоненты $E_{гр} = 482$ кэв требует дополнительных доказательств. β -компонента $E_{гр} = 439$ кэв наблюдалась Демюнком и др. и Даниэлем и др. с такой же интенсивностью, как этого требует баланс. В более мягких компонентах, суммарная интенсивность которых должна составлять $(16 \pm 8)\%$ - $(27 \pm 2)\%$, согласия нет. По Демюнку основная часть этой интенсивности принадлежит компоненте $E_{гр} = 363$ кэв, по балансу - компоненте $E_{гр} = 259$ кэв. Решение дали бы наблюдения совпадений (β) (γ 179,6). Пока мы считаем данные, полученные по балансу, более достоверными. Значения граничных энергий β -компонент из баланса интенсивностей также определены точнее, чем на опыте, т.е. с точностью ± 3 кэв. (Разность масс $Ta^{182} \rightarrow W^{182}$ по работе Балалаева и др.^{/14/} известна с точностью ± 3 кэв, а энергии уровней - с точностью $\pm 0,2$ кэв).

В последнем столбце таблицы 10 даны значения $\log ft$. Для всех мягких компонент значения $\log ft > 7$, т.е. все переходы являются запрещенными. Для жестких компонент значения $\log ft > 12$.

На рис. 9 изображена схема уровней W^{182} , возбуждаемых при распаде Ta^{182} . Около каждого перехода указаны значения его мультипольности и интенсивности в % на распад.

Выражаем искреннюю признательность А.Г. Сергееву за участие в обсуждениях и обработке результатов.

Л и т е р а т у р а

1. H. Daniel, J. Huefner, Th. Lorenz, O.W.B. Schult, U. Gruber. Nucl. Phys. 56, 147 (1964).
2. W.F. Edwards, F. Boehm, I. Rogers, E.J. Seppi. Nucl. Phys., 63, 97 (1965).
3. O.W.B. Schult, U. Gruber. Preprint Laboratory for Technical Physics, Munich (1965).
4. В.Д. Витман, Н.А. Воинова, Б.С. Дзюленов. Ядерная физика, 2, 3, 39, 3 (1965).
5. H. Ryde, Z. Sujkowski. Arkiv Fys. 20, 289 (1961).

6. E. Bashandy, A. H. El - Farrash, M. S. El - Nesar. Nucl. Phys., 52, 61, (1963)..

7. C. Fowler, H. Kruse, V. Keshishian, R. Plotz, G. Mellor. Phys. Rev., 94, 1082 (1954).

8. R. Henck, L. Stab, P. Siffert, A. Coche. Compt. Rend., 260, 19, Юнал, 4991 (1965).

9. Е.П. Григорьев, А.В. Золотовин, В.О. Сергеев, В.С. Бекренев. Доклад на XV ежегодном совещании по ядерной спектроскопии и структуре ядра, Минск, 1965.

10. В.А. Балалаев, Н.А. Войнова, Б.С. Джелепов, С.А. Шестопалова. Изв. АН СССР, сер. физ. 1704 (1964).

11. С.С. Василенко, М.Г. Каганский, Д.Л. Каминский, С.Ф. Кокшарова. Изв. АН СССР, сер. физ., 25, 01 (1961).

12. J. Gemyck, J. Ver haeghe, H. Van der Velde Compt. Rend., 244, 3050 (1957).

13. R. G. Hansen, H. L. Nielsen, K. Wilsky. Nucl. Phys., 54, 4, 657 (1964).

14. В.А. Балалаев, Н.А. Войнова, Б.С. Джелепов, Л.Н. Москвин, С.А. Шестопалова. Изв. АН СССР, сер. физ. № 1, (1966).

15. U. Gruber, R. Koch, B. P. Meier, O. W. B. Schult. Zeitschr. fur Naturforsch. 929, (1965).

Рукопись поступила в издательский отдел
14 октября 1966 г.

Таблица I.

Относительные интенсивности гамма-переходов Та182

№ п/п	Энергия перехода кэВ	Данная и др. /I/	Эвардс и др. /2/	Шуст и др. /3/	Ватман и др. /4/	Риде и др. /5/	Наши данные	Принятые значения
I.	42,7	-	-	-	-	-	-	0,62 ± 0,03
2.	65,7	7,2 ± 0,4	7,2 ± 0,4	7,2 ± 0,4	-	-	-	7,2 ± 0,4
3.	67,7	107 ± 5	106 ± 5	55 ± 3	-	-	-	106 ± 7
4.	84,7	7,5 ± 0,5	6,8 ± 0,3	7,5 ± 0,5	-	-	6,4 ± 0,6	7,0 ± 0,3
5.	100,1	36 ± 2,5*	36*	36 ± 2*	-	36 ± 2*	36 ± 4*	36 ± 2,5*
6.	113,7	4,7 ± 0,3	4,9 ± 0,3	4,7 ± 0,2	-	-	4,6 ± 0,8	4,75 ± 0,22
7.	116,4	1,18 ± 0,10	1,14 ± 0,07	1,19 ± 0,09	-	-	1,0 ± 0,2	1,16 ± 0,07
8.	146,2	-	-	-	-	-	< 0,1	< 0,1
9.	152,4	16,2 ± 0,7	18,5 ± 0,7	16,2 ± 0,6	-	17,9 ± 1,4	18,2 ± 2,0	19,8 ± 0,5***
10.	156,4	6,1 ± 0,3	7,2 ± 0,3	6,1 ± 0,3	-	7,4 ± 1,9	6,9 ± 0,8	6,5 ± 0,4
11.	179,4	8,4 ± 0,4	8,3 ± 0,4	8,4 ± 0,4	-	10,5 ± 2,0	8,0 ± 0,9	8,2 ± 0,4
12.	198,3	3,8 ± 0,3	3,9 ± 0,2	3,8 ± 0,2	-	4,2 ± 0,7	3,7 ± 0,4	3,8 ± 0,2
13.	222,1	19,8 ± 0,6	20,4 ± 0,8	19,6 ± 0,6	-	15,7 ± 0,7	19,2 ± 2,2	19,5 ± 0,7
14.	229,3	8,6 ± 0,4	10,0 ± 0,4	8,7 ± 0,3	-	7,7 ± 0,5	9,3 ± 1,1	8,7 ± 0,3
15.	264,1	8,8 ± 0,6	9,8 ± 0,4	8,9 ± 0,5	-	7,2 ± 2,2	8,9 ± 1,0	9,1 ± 0,6
16.	351,0	-	-	-	-	-	< 0,1	< 0,1
17.	891,0	-	-	-	0,3	-	< 0,4	0,14 ± 0,03
18.	928,0	-	-	-	1,74 ± 0,26	-	1,8 ± 0,4	1,74 ± 0,26
19.	960,0	-	-	-	0,95 ± 0,24	-	0,8 ± 0,5	0,95 ± 0,24
20.	1002	-	-	-	5,4 ± 0,3	-	4,9 ± 0,7	5,3 ± 0,3
21.	1045	-	-	-	1,2 ± 0,2	-	0,7 ± 0,5	1,2 ± 0,2
22.	1122	-	-	-	100	100	100	100

I	2	3	4	5	6	7	8	9
23.	I158	-	-	-	4,1 ± 1,2	4,2 ± 0,9	2,8 ± 0,4	3,0 ± 0,6
24.	I189	-	-	-	44,3 ± 1,5	47,5 ± 1,9	46 ± 5	44,3 ± 1,5
25.	I222	-	-	-	77 ± 6	81,0 ± 4,7	76 ± 5	77 ± 6
26.	I231	-	-	-	26 ± 5	29,1 ± 1,2	33 ± 3	29 ± 5
27.	I258	-	-	-	3,8 ± 0,3	5,1 ± 0,9	4,1 ± 0,6	3,9 ± 0,3
28.	I274	-	-	-	1,5 ± 0,3	-	2,0 ± 0,3	1,8 ± 0,3
29.	I289	-	-	-	3,7 ± 0,2	2,9	4,4 ± 0,6	3,7 ± 0,2
30.	I374	-	-	-	0,60 ± 0,09	-	0,70 ± 0,10	0,65 ± 0,10
31.	I388	-	-	-	0,52 ± 0,09	-	0,72 ± 0,10	0,62 ± 0,10
32.	I412	-	-	-	0,25 ± 0,06	-	0,28 ± 0,04	0,28 ± 0,04
33.	I412	-	-	-	0,115 ± 0,017	-	0,11 ± 0,02	0,115 ± 0,017
34.	I437	-	-	-	< 0,02	-	< 0,02	< 0,02
35.	I454	-	-	-	0,094 ± 0,012	-	0,19 ± 0,05	0,094 ± 0,012

ПРИМЕЧАНИЕ: * - Относительные интенсивности гамма-лучей с $h\nu = 42 + 264$ кэВ пересчитаны так, чтобы кэВ E2-перехода 100 кэВ были равны теоретическим; принято, что $I_{100}/I_{122} = 133 \pm 5$.

** - Приведена только статистическая погрешность, истинная погрешность больше на ~15%.

*** - Учтена разброс σ_{Σ}

Интенсивности конверсионных электронов Та 182

Таблица 2.

№ п/п	Энергия перехода кэВ	Наблюдаемая линия	Даниэль и др. /I/	Григорьев и др. /9/	Балалаев и др. /10/	Принятые значения
1	2	3	4	5	6	7
1.	31,7	<u>L_I</u>	-	300 ± 40	-	300 ± 40
		<u>L_{II}</u>	-	250 ± 40	-	250 ± 40
		<u>L_{III}</u>	-	340 ± 40	-	340 ± 40
2.	42,7	<u>L_I</u>	-	53 ± 7	-	53 ± 7
		<u>L_{II}</u>	-	74 ± 10	-	74 ± 10
3.	65,7	<u>L_I</u>	8130 ± 1800	4700 ± 300	-	4700 ± 300
		<u>L_{II}</u>		490 ± 50	-	490 ± 50
4.	67,7	<u>L_I</u>	7800 ± 1160	3800 ± 200	-	3800 ± 200
		<u>L_{II}</u>		1280 ± 60	-	1280 ± 60
		<u>L_{III}</u>		1560 ± 80	-	1585 ± 180
5.	84,7	<u>K</u>	-	15400 ± 2000	-	15400 ± 2000
		<u>L_I</u>	3220 ± 480	1900 ± 120	-	1900 ± 120
		<u>L_{II}</u>		750 ± 50	-	750 ± 50
		<u>L_{III}</u>	680 ± 90	540 ± 40	-	560 ± 70
6.	100,1	<u>K</u>	-	10300 ± 600	-	10300 ± 600
		<u>L_I</u>	15200 ± 2000	1300 ± 200	-	1300 ± 200
		<u>L_{II}</u>		13300 ± 500	-	13300 ± 500
		<u>L_{III}</u>	13250 ± 1550	12600 ± 500	-	12660 ± 1150
7.	113,7	<u>K</u>	3370 ± 1100	3200 ± 20	-	3200 ± 200
		<u>L_I</u>	715 ± 70	760 ± 60	-	760 ± 60
		<u>L_{II}</u>		290 ± 40	-	290 ± 40
		<u>L_{III}</u>	65 ± 13	150 ± 40	-	140 ± 30
8.	116,4	<u>K</u>	240 ± 88	100	-	240 ± 88
		<u>L_I+L_{II}</u>	15	~ 20	-	~ 20
9.	146,2	<u>K</u>	-	< 5	-	< 5
10.	152,4	<u>K</u>	630 ± 9	700 ± 40	-	685 ± 70
		<u>L_I</u>	98 ± 10	82 ± 5	-	85 ± 8
		<u>L_{II}</u>			-	
		<u>L_{III}</u>	13,0 ± 4,4	-	-	-

I	2	3	4	5	6	7
II.	156,4	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$ $\frac{L_{II}}{L_{III}}$	- 30 ± 4 -	335 ± 30 31 ± 3 -	-	339 ± 30 31 ± 3 -
I2.	179,4	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$ $\frac{L_{II}}{L_{III}}$	1720 ± 130 715 ± 4 82 ± 10	1720 ± 90 309 ± 20 75 ± 5	-	1720 ± 110 215 ± 10 76 ± 8
I3.	198,3	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$ $\frac{L_{II}}{L_{III}}$	228 ± 18 102 ± 16 54 ± 7	233 ± 15 85 ± 3 45 ± 3	-	232 ± 16 85 ± 12 48 ± 6
I4.	222,1	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$ $\frac{L_{II}}{L_{III}}$	269 ± 18 46 ± 5 6,5 ± 2,2	244 ± 15 35 ± 4 -	-	254 ± 16 38 ± 4 6,5 ± 2,2
I5.	229,3	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$ $\frac{L_{II}}{L_{III}}$	363 ± 28 144 ± 13 61 ± 7	341 ± 20 38 ± 4 83 ± 5 71 ± 5	-	348 ± 24 38 ± 4 83 ± 5 68 ± 6
I6.	264,1	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$ $\frac{L_{II}}{L_{III}}$	268 ± 15 94 ± 7 26 ± 4	218 ± 10 81 ± 6 33 ± 3	-	233 ± 13 86 ± 6 30 ± 3
I7.	351,0	$\frac{K}{L_I}$	-	< 2	-	< 2
I8.	892	$\frac{K}{L_I}$	0,28 ± 0,09	-	0,23 ± 0,06	0,23 ± 0,06
I9.	928	$\frac{K}{L_I}$	3,05 ± 0,65	-	2,60 ± 0,15	2,60 ± 0,15
20.	960	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$	3,2 ± 0,7 0,9 ± 0,2	-	3,00 ± 0,18 -	3,00 ± 0,18 0,9 ± 0,2
21.	I002	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$	7,0 ± 0,6 0,9 ± 0,2	-	6,8 ± 0,4 -	6,8 ± 0,4 0,9 ± 0,2

I	2	3	4	5	6	7
22.	I045	$\frac{K}{L_I}$	0,9 ± 0,2	-	0,98 ± 0,15	0,98 ± 0,15
23.	III4	$\frac{K}{L_I}$	0,09 ± 0,04	0,20 ± 0,07	-	0,12 ± 0,06
24.	II22	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$	100 15,9 ± 0,9	100 12 ± 2	100 15,1 ± 1,0	100 15,1 ± 1,0
25.	II58	$\frac{K}{L_I}$	5,4 ± 0,7	4,2 ± 0,8	4,9 ± 0,4	4,9 ± 0,4
26.	II89	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$	66,5 ± 2,6 9,8 ± 0,6	66 ± 3 8,4 ± 0,5	54 ± 5 -	56 ± 5 9,1 ± 0,5
27.	I222	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$	65,6 ± 2,2	63 ± 3 9,6 ± 1,0	66 ± 4 10,3 ± 0,8	66 ± 4 10,3 ± 0,8
28.	I231	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$	26,1 ± 1,3 -	25,4 ± 1,0 3,6 ± 0,4	26 ± 2 3,7	26 ± 2 3,6 ± 0,4
29.	I258	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$	3,5 ± 1,5 -	3,4 ± 0,4 -	3,0 ± 0,6 0,5 ± 0,1	3,1 ± 1,1 0,5 ± 0,1
30.	I274	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$	0,22 ± 0,09 -	- -	1,4 ± 0,1 0,27 ± 0,10	1,4 ± 0,1 0,27 ± 0,10
31.	I289	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$	10,9 ± 2,2 -	11,9 ± 1,0 -	13,8 ± 1,4 2,0 ± 0,2	13,8 ± 1,4 2,0 ± 0,2
32.	I342	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$	0,67 ± 0,11 0,06 ± 0,04	- -	0,4 ± 0,2 0,07 ± 0,04	0,4 ± 0,2 0,07 ± 0,04
33.	I374	$\frac{K}{L_I}$ $\frac{L_I}{L_{II}}$	0,6 ± 0,2 0,06 ± 0,02	- -	0,8 ± 0,1 0,12	0,8 ± 0,1 0,06 ± 0,02
34.	I388	$\frac{K}{L_I}$	0,11 ± 0,07	-	0,28 ± 0,03	0,28 ± 0,03
35.	I411	$\frac{K}{L_I}$	-	-	0,07 ± 0,04	0,07 ± 0,04
36.	I437	$\frac{K}{L_I}$	-	-	0,07 ± 0,04	0,07 ± 0,04
37.	I454	$\frac{K}{L_I}$	-	-	0,12 ± 0,04	0,12 ± 0,04

Таблица 3.

Сравнение экспериментальных относительных коэффициентов конверсии с теоретическими для переходов в W_{182} .

№ п/п	Энергия: перехода: кэВ	Определенная величина	Эксперимент	Теория				Мультипольность переходов
				E1	E2	M1	M2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	37,1	L_I	I	I	I	I	I	E1 + (0 ± 0,02)% M2 или M1 + (5 + 6)% E2
		L_{II}	0,83 ± 0,17	0,80	0,069	0,097	75,3	
		L_{III}	1,13 - 0,20	1,11	0,52	0,014	92,1	
2.	42,7	L_{II}	I	I	I	I	I	E1 + (0,01)% M2
		L_{III}	1,39 ± 0,26	1,31	5,33	0,127	1,01	
3.	65,7	L_I	I	I	I	I	I	M1 + (0 + 0,7)% E2 или M2 + (0 + 97,4)% E1
		L_{II}	0,104 - 0,012	0,098	39,6	0,43	0,10	
		L_{III}	0,073	0,012	36,8	0,51	0,32	
4.	67,7	L_I	I	I	I	I	I	E1 + 0,1% M2
		L_{II}	0,337 - 0,024	0,42	0,10	0,097	35,2	
		L_{III}	0,42 - 0,05	0,50	0,31	0,012	33,9	
5.	84,7	K	8,1 ± 1,2	6,8				M1 + (10,6 ± 1,8)% E2 или E1 + (0,3 ± 0,8)% M2
		L_I	I	I	I	I		
		L_{II}	0,39 ± 0,04	0,095	19,6	0,36	0,11	
		L_{III}	0,29 ± 0,04	0,011	18,2	0,40	0,26	
6.	100,1	K	7,9 ± 1,3	9,06	6,70	3,95	9,28	E2 + (0 + 6)% M1
		L_I	I	I	I	I		
		L_{II}	10,2 ± 1,6	12,2	0,096	0,118	0,31	
		L_{III}	9,8 ± 1,7	11,4	0,011	0,230	0,34	
7.	113,7	K	4,2 ± 0,4	6,70	9,10	9,17	4,19	M1 + 10% E2
		L_I	I	I	I	I		
		L_{II}	0,38 ± 0,06	0,095	9,10	0,285	0,123	
		L_{III}	0,18 ± 0,04	0,011	7,35	0,308	0,206	
8.	116,4	K	9,6 ± 35	6,70	9,11	9,14	4,25	E1 + (0 + 0,7)% M2 или M1 + (8 + 16)% E2
		L_I	I	I	I	I		
		$L_{II} + L_{III}$	0,62 ± 0,05	0,104	1,65	0,58	0,34	
9.	152,4	K	53 ± 19	39,2	28,9	637	2,62	E1 + (0 + 12)% M2 или M1 + (10 + 21)% E2
		$L_I + L_{II}$	6,5 ± 2,3	5,40	7,15	103	1,58	
		L_{III}	I	I	I	I	I	
10.	156,4	K	10,8 ± 1,5	7,23	4,08	6,33	1,73	E1
		$L_I + L_{III}$	I	I	I	I	I	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
II.	179,4	K	8,0 ± 0,6	6,79	8,75	8,60	4,87	M1 + (36 + 40)% E2
		L_I	I	I	I	I	I	
		L_{II}	0,45 ± 0,03	0,093	3,35	0,205	0,131	
I2.	198,3	L_{III}	0,35 ± 0,04	0,010	2,26	0,202	0,123	E2 + (0 + 6)% M1
		K	4,85 ± 0,7	671	4,65	46,5	44	
		$L_I + L_{II}$	1,8 ± 0,3	105,5	1,94	6,38	10,05	
I3.	222,1	L_{III}	I	I	I	I	I	E2 ± (0 + 2,3)% M1
		K	6,7 ± 0,8	7,28	4,54	6,46	2,68	
		$L_I + L_{II}$	0,17 ± 0,06	0,151	0,086	0,95	0,465	
I4.	229,3	K	9,15 ± 1,2	8,66	70	5,14	8,40	E2 ± (0 + 2,3)% M1
		L_I	I	I	I	I	I	
		L_{II}	2,2 ± 0,3	2,14	0,091	0,134	0,173	
		L_{III}	1,8 ± 0,2	1,36	0,010	0,086	0,181	
I5.	264,1	K	7,8 ± 0,9	8,10	696	71,4	55,4	E2 + (0 + 2,3)% M1
		$L_I + L_{II}$	2,9 ± 0,4	2,56	109	14,7	7,75	
		L_{III}	I	I	I	I	I	

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МУЛЬТИПЛИЦИТЕТА ПЕРЕХОДОВ, СПИРОВЫДАЮЩИХ РАСПАД $T_{1/2} \rightarrow W$ ПО ВЕЛИЧИНЕ α_{β} .
 а) Область энергий меньше 300 кэВ

№ № п/п	Энергия перехода (кэВ)	Наблю- демая линия	Эксперимен- тальных значения	Теоретические коэффициенты конверсии по Спизу и Бэку										Мультиплицитность переходов, вытекающая из α_{β} .	
				E1	E2	E3	M1	M2	I0						
				5	6	7	8	9							
I		3	4												
I.	42,7	L_{II} L_{III}	$0,25 \pm 0,10$ $0,35 \pm 0,12$	0,114 0,189	68 69	430 450	0,70 0,089	22,7 1,27				$E1 + < 0,1\% M2$			
2.	65,7	L_I L_{II}	$1,91 \pm 0,15$ $0,20 \pm 0,03$	0,089 0,0375	0,223 8,4	6,5 38,2	1,96 0,192	42,2 4,34				$E1 + (4,0 \pm 0,8)\% M2$ или $M1 + \leq 0,5\% E2$			
3.	67,7	L_I L_{II} L_{III}	$0,104 \pm 0,010$ $0,035 \pm 0,004$ $0,044 \pm 0,005$	0,0835 0,0343 0,040	0,210 7,22 7,30	5,6 31,6 264	1,81 0,176 0,0207	37,3 3,86 11,6				$E1 + (0,04 \pm 0,06)\% M2$			
4.	84,7	K L_I L_{II} L_{III}	$6,4 \pm 1,1$ $0,76 \pm 0,10$ $0,31 \pm 0,04$ $0,23 \pm 0,03$	0,465 0,049 0,0172 0,0194	0,99 0,129 2,52 2,38	- 1,85 91 71	6,6 0,96 0,0905 0,0107	56 14,9 1,67 3,96				$M1 + (11 \pm 2)\% E2$			
5.	100,1	K L_I L_{II} L_{III}	$0,83 \pm 0,10$ $0,105 \pm 0,02$ $1,08 \pm 0,10$ $1,03 \pm 0,10$	0,300 0,0324 0,0102 0,0112	0,845 0,093 1,2 1,03	1,83 0,90 35,5 25,6	3,90 0,59 0,055 0,00554	30,2 7,6 0,89 1,74				E 2			

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0					
										6	7	8	9	MI + (7 ± 5)% E2
6.	113,7	K L_I L_{II} L_{III}	$2,0 \pm 0,3$ $0,46 \pm 0,05$ $0,18 \pm 0,03$ $0,086 \pm 0,021$	0,216 0,024 0,0070 0,0074	0,660 0,071 0,68 0,58	1,70 0,54 17,1 12,6	2,70 0,42 0,038 0,0045	19,2 4,4 0,56 0,98						
7.	116,4	K L_I	$0,60 \pm 0,25$ $0,06 \pm 0,01$	0,206 0,0227	0,635 0,068	1,65 0,51	2,53 0,39	17,5 4,1						
8.	152,4	K $L_I + L_{II}$ L_{III}	$0,12 \pm 0,01$ $0,015 \pm 0,002$ $0,0023 \pm 0,0008$	0,106 0,0146 0,00271	0,359 0,216 0,137	0,99 3,8 2,35	1,19 0,193 0,00187	6,60 1,63 0,228						
9.	156,4	K $L_I + L_{II}$ L_{III}	$0,15 \pm 0,02$ $0,014 \pm 0,002$ $0,0045 \pm 0,0006$	0,0995 0,0138 0,00246	0,336 0,194 0,119	0,93 3,34 1,98	1,12 0,177 0,00169	6,05 1,48 0,199						
10.	179,4	K L_I L_{II} L_{III}	$0,62 \pm 0,07$ $0,077 \pm 0,008$ $0,024 \pm 0,004$ $0,027 \pm 0,004$	0,0702 0,0080 0,00165 0,00159	0,230 0,0245 0,087 0,062	0,67 0,119 1,53 0,89	0,772 0,108 0,0102 0,00113	3,77 0,77 0,104 0,101						
II.	198,4	K $L_I + L_{II}$ L_{III}	$0,18 \pm 0,03$ $0,065 \pm 0,009$ $0,037 \pm 0,007$	0,054 0,00074 0,00116	0,177 0,074 0,0382	0,51 1,017 0,495	0,578 0,0907 0,00086	2,68 0,614 0,0610						

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12.	222, I	$\frac{K}{LI+LI}$ $\frac{LIII}{LIII}$	$0,038 \pm 0,004$ $0,0057 \pm 0,0006$ $0,0008 \pm 0,0003$	0,040 0,0055 0,00083	0,127 0,0475 0,022	0,370 0,57 0,256	0,422 0,0654 0,00062	1,83 0,403 0,0346	EI + < 0,1% M2
13.	229, 3	$\frac{K}{LI}$ $\frac{LII}{LII}$ $\frac{LIII}{LIII}$	$0,117 \pm 0,015$ $0,013 \pm 0,002$ $0,028 \pm 0,003$ $0,023 \pm 0,003$	0,037 0,0044 0,00076 0,000798	0,117 0,0135 0,029 0,0184	0,34 0,055 0,44 0,212	0,385 0,055 0,00502 0,000558	1,64 0,32 0,043 0,0275	E2 + < 4% MI
14.	264, I	$\frac{K}{LI+LI}$ $\frac{LIII}{LIII}$	$0,075 \pm 0,009$ $0,028 \pm 0,004$ $0,0096 \pm 0,0014$	0,026 0,00364 0,00047	0,0808 0,026 0,0100	0,226 0,247 0,097	0,261 0,041 0,000374	1,04 0,216 0,0146	E2 + (0 + 2)% MI

8

д) Область энергии выше 850 кэВ

Таблица 4.

№ п/п	Энергия перехода в кэВ	Экспериментальное значение $\alpha_k = \frac{LII}{LIII} \cdot 2,92 \cdot 10^{-3}$	Коэффициенты конверсии $\alpha_k \cdot 10^3$									Мультипlicitность перехода, вытекающая из α_k
			Теоретические значения по Силу и Бан									
			EI	E2	E3	E3	MI	MI	M2	M2		
I	2	3	4	5	6	7	8	9				
15.	892,4	(2,3)	1,92	4,70	10,1	11,0	27	(E2), (E1 + E3)				
16.	928,4	$4,4 \pm 0,7$	1,76	4,20	9,10	9,80	24	E2 + (0 + 16)% MI или E1 + (12 + 3)% M2				
17.	960	$9,2 \pm 2,4$	1,61	4,00	8,42	9,02	22	E3 + (0 + 23)% M2 или E1 + (37 + 11)% M2 или E3 + (0 + 50)% E2 или E3 + (0 + 24)% E1				
18.	1002	$3,7 \pm 0,4$	1,53	3,68	7,60	8,20	19,7	E2 + (0 + 8)% MI или E1 + (14 + 2)% M2				
19.	1045	$2,4 \pm 0,6$	1,42	3,40	6,92	7,30	17,8	E1 + (6 + 4)% M2 или E1 + (18 + 11)% E3				
20.	1122	$2,9 \pm 0,3$	1,23	2,91	6,00	6,15	14,4	E2 + (0 + 2)% MI или E1 + (13 + 2)% M2				
21.	1158	$4,8 \pm 1,0$	1,17	2,75	5,60	5,70	13,2	MI + (30 + 34)% E2 или E1 + (30 + 8)% M2 или E2 + E0				
22.	1189	$3,6 \pm 0,4$	1,10	2,61	5,30	5,30	12,3	E1 + (22 + 4)% M2 или E2 + (37 + 15)% MI				
23.	1222	2,50	-	2,50	-	-	-	E 2				
24.	1231	$2,6 \pm 0,6$	1,04	2,45	5,00	4,95	11,3	E2 + (7 + 2)% MI или E1 + (15 + 8)% M2				
25.	1258	$2,3 \pm 0,9^*$	1,00	2,34	4,77	4,65	10,6	E2 + (0 + 40)% MI или E1 + (13 + 9)% M2				

21

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
26.	I274		2,3 ± 0,6	0,98	2,29	4,65	4,5I	10,2	$EI + \begin{pmatrix} 35 \pm 16 \\ 14 \pm 6 \end{pmatrix} \frac{\%}{M2}$ или $E2$
27.	I289		10,9 ± 1,4	0,96	2,25	4,55	4,38	10,0	$M2 + (10 \pm 16) \% EI$
28.	I343		1,8 ± 0,9	0,90	2,04	4,20	3,98	9,0	$E2 + \begin{pmatrix} 0 \pm 34 \\ 11 \pm 11 \end{pmatrix} \frac{\%}{M2}$ или $E1$
29.	I374		3,8 ± 0,8	0,87	2,01	4,05	3,80	8,6	$E3 + \begin{pmatrix} 0 \pm 20 \\ 38 \pm 10 \\ 0 \pm 40 \end{pmatrix} \frac{\%}{M2}$ или $E1$ или $E2$
30.	I388		2,9 ± 1,2	0,85	2,00	4,00	3,72	8,5	$E3$ или $E2 + (48 \pm 55) \% M1$
31.	I412		1,8 ± 1,1	0,82	1,90	3,80	3,50	7,90	$E2 + \begin{pmatrix} 0 \pm 75 \\ 14 \pm 16 \end{pmatrix} \frac{\%}{M2}$ или $E1$
32.	I437		(4,4)	0,79	1,64	3,78	3,33	7,5	(M2)
33.	I454		3,7 ± 1,3	0,77	1,80	3,61	3,20	7,3	$E3 + \begin{pmatrix} 2 \pm 35 \\ 0 \pm 93 \end{pmatrix} \frac{\%}{M2}$ или $M1$

ПРИМЕЧАНИЕ: ж - коэффициент конверсии $\alpha_{ж}/\alpha_{к}$ (1257,8 кэв) определен по работе Витмана и др. /4/.

Таблица 5.

Определение мультипличности переходов по величине $\alpha_{ж}/\alpha_{к}$.

№ п/д	Энергия перехода кэв	Отношение коэффициентов $\alpha_{ж}/\alpha_{к} \cdot 10^3$	Экспериментальное ж/	Теоретическое						Мультипличность, вытекающая из $\alpha_{ж}/\alpha_{к}$
				Мультипличность, вытекающая из $\alpha_{ж}/\alpha_{к}$						
				E1	E2	M1	E1	E2	M1	
1	2	3	4	5	6	7				
I.1.	I121,6	0,30	2,90	0,38	0,11	E2, EI + M2				
2.	I189,3	2,6	11,4	1,60	0,45	EI + 25% M2				
3.	I221,8	2,80 (принято)	-	2,80	-	E2				
4.	I231,4	2,6	23,0	3,10	0,94	E2, EI + M2				
5.	I257,8	8,6	32,0	4,25	1,40	E2, EI + M2				
6.	I274,1	17	41,0	6,2	2,15	EI + 20% M2				
7.	I289,5	0,74	49,5	7,9	2,40	M2				
8.	I310	~ 240	59,8	11,1	2,73	(EI)? E0 + E2				
9.	I342,7	17	77,8	17,6	3,27	E2 или EI + 30% M2				
10.	I411	61	127	21,0	8,0	EI + 10% M2, (E2)?				

ПРИМЕЧАНИЕ: ж/ - наименьшая погрешность в определении интенсивности позитронов внутренней парной конверсии, в значении $\alpha_{ж}/\alpha_{к}$ около 20%, в случае слабых линий $M > 1250$ кэв она может достигать от 50 до 100%.

Определение мультипольности переходов, сопровождающих распад Та¹⁸² → W¹⁸², из измерений угловой гамма-гамма-корреляции

Энергия ис- следуемого перехода, кэВ	Исследуемый каскад	Уровни, между ко- торыми происходят н- переходы, кэВ	Предпола- гаемые спины	Мультипольность перехода, вытекающая из угловой корреляции
67,7	(γ _{67,7}) (γ _{I222})	I289-I222-0	2-2-0	Д + < 0,1% 0
I52	(γ _{I52}) (γ _{I222})	I375-I222-0	3-2-0	Д + < 1% 0
I79	(γ _{I79}) (γ _{I51})	I554-I375-I222	4-3-2 3-3-2	Д + 45% 0 или Д + (10±50)% 0
264	(γ ₂₆₄) (γ _{I222})	I554-I289-I222-0	4-2-2 3-2-2	0 + 23% Д 0 + 10% 0? или
264	(γ ₂₆₄) (γ _{67,7})	I554-I289-I222	4-2-2 3-2-2	0 + 14% Д
II22	(γ _{67,7}) (γ _{II22})	I289-I222-I00	2-2-2	0 + < 2% Д
II22	(γ _{I52}) (γ _{II22})	I375-I222-I00	3-2-2	0 + (1±7)% Д
II22	(γ _{II22}) (γ _{I00})	I222-I00-0	2-2-0	0 + < 4% Д
I231	(γ _{I231}) (γ _{I00})	I331-I00-0	3-2-0	Д + (2±0,5)% 0
I231	(γ ₂₂₂) (γ _{I231})	I554-I331-I00	4-3-2	0

Таблица 7.

Принятые значения мультипольности
гамма-переходов Та¹⁸²

№ № п/п	Энергия пе- рехода, кэВ	Мультипольность
1.	31,7	E1 + (0 + 0,02)% M2
2.	42,7	E1 + < 0,01% M2
3.	65,7	M1 + < 0,5% E2
4.	67,7	E1 + (0,04 ± 0,06 / - 0,04)% M2
5.	84,7	M1 + (10,7 ± 1,7)% E2
6.	100,1	E2
7.	113,7	M1 + 10% E2
8.	116,4	E1 + (0,6 ± 0,7)% M2
9.	152,4	E1 + < 0,1% M2
10.	156,4	E1 + < 0,1% M2
11.	179,4	M1 + 36% E2
12.	198,3	E2 + (0 ± 6)% M1
13.	222,1	E1 + < 0,1% M2
14.	229,3	E2 + (0 ± 2,3)% M1
15.	264,1	E2 + (0 ± 2)% M1
16.	892	E2
17.	928	E2 + (0 ± 16)% M1
18.	960	E3 + (0 ± 23)% M2
19.	1002	E2 + (0 ± 8)% M1
20.	1045	(85 ± 4)% E1 + (1,3 ± 3,6 / - 1,3) + + (14 ± 4)% E3

I	2	3
21.	II22	$E2 + (0 \pm 2)\% MI$
22.	II58	$MI + (30 \pm \frac{34}{34})\% E2 ; E2 + E0$
23.	II89	$(70 \pm 6)\% E1 + (8,0 \pm 0,5)\% M2 +$ $+ (22 \pm 6)\% E3$
24.	I222	E2
25.	I23I	$E2 + (7 \pm \frac{23}{7})\% MI$
26.	I258	E2
27.	I274	$E1 + (I4 \pm 6)\% M2$
28.	I289	M2
29.	I342	E2
30.	I374	E3
31.	I388	E3
32.	I4I2	$E2 + (0 \pm 75)\% MI$
33.	I437	(M2)
34.	I454	$E3 + (2 \pm 35)\% M2$

Таблица 8.

Абсолютные интенсивности переходов в W I82, сопровождающих распад Та I82
а) Область энергий меньше 300 кэВ

№ п/п	Энергия перехода кэВ	Абсолютные интенсивности, % распадов					
		J _I	J _K	J _{L+M+...}	J _{перехода}	6	
I							
I.	31,7	0,7 ± 0,1	-	1,26 ± 0,09	2,0 ± 0,3		
2.	42,7	0,228 ± 0,013	-	0,28 ± 0,01	0,51 ± 0,02		
3.	65,7	2,6 ± 0,2	-	8,2 ± 0,4	10,8 ± 0,5		
4.	67,7	39 ± 3	-	9,1 ± 0,4	41,1 ± 3,0		
5.	84,7	2,57 ± 0,13	16,3 ± 2,1	4,5 ± 0,3	23,4 ± 2,1		
6.	100,1	13,2 ± 1,9	10,9 ± 0,6	40,9 ± 1,5	65,0 ± 2,6		
7.	113,7	1,74 ± 0,09	3,40 ± 0,21	2,16 ± 0,09	7,3 ± 0,2		
8.	116,4	0,43 ± 0,03	0,25 ± 0,09	0,043 ± 0,002	0,72 ± 0,09		
9.	I46	-	< 0,005	-	< 0,005		
10.	152,4	6,5 ± 0,2	0,72 ± 0,07	0,125 ± 0,012	7,4 ± 0,2		
11.	156,4	2,38 ± 0,17	0,36 ± 0,03	0,048 ± 0,004	2,8 ± 0,2		
12.	179,4	3,00 ± 0,17	1,82 ± 0,12	0,58 ± 0,02	5,4 ± 0,2		
13.	198,4	1,40 ± 0,08	0,246 ± 0,017	0,185 ± 0,015	1,8 ± 0,1		
14.	222,1	7,2 ± 0,3	0,269 ± 0,017	0,054 ± 0,006	7,5 ± 0,3		
15.	229,3	3,20 ± 0,13	0,369 ± 0,025	0,277 ± 0,013	3,9 ± 0,1		
16.	264,1	3,34 ± 0,25	0,247 ± 0,014	0,167 ± 0,008	3,7 ± 0,2		
17.	351,0	-	< 0,002	-	< 0,002		

Баланс интенсивностей переходов, сопровождающих распад Ta^{182} ,
между уровнями W^{182}

б) Область энергий больше 850 кэВ

№ п/п	Энергия перехода кэВ	Абсолютные интенсивности, %		
		J_{β}^{\pm}	$J_{\alpha+\beta}$	J перехода
1	2	3	4	5
18.	892,4	0,1	$0,00024 \pm 0,00006$	$\sim 0,1$
19.	928,4	$0,64 \pm 0,10$	$0,0028 \pm 0,0002$	$0,64 \pm 0,10$
20.	960,1	$0,35 \pm 0,09$	$0,0032 \pm 0,0002$	$0,35 \pm 0,09$
21.	1002,4	$2,0 \pm 0,1$	$0,0082 \pm 0,0004$	$2,0 \pm 0,1$
22.	1044,8	$0,44 \pm 0,07$	$0,0010 \pm 0,0002$	$0,44 \pm 0,07$
23.	1113,6	$0,04 \pm 0,02$	$0,00012 \pm 0,00006$	$0,04 \pm 0,02$
24.	1121,6	$36,7 \pm 2,4$	$0,122 \pm 0,007$	$36,8 \pm 2,4$
25.	1157,8	$1,1 \pm 0,4$	$0,0052 \pm 0,0004$	$1,1 \pm 0,4$
26.	1189,3	$16,25 \pm 0,55$	$0,070 \pm 0,005$	$16,3 \pm 0,6$
27.	1221,2	$28,3 \pm 2,2$	$0,080 \pm 0,004$	$28,4 \pm 2,2$
28.	1231,4	$10,6 \pm 1,9$	$0,032 \pm 0,002$	$10,6 \pm 1,9$
29.	1257,8	$1,40 \pm 0,11$	$0,0038 \pm 0,0007$	$1,40 \pm 0,11$
30.	1274,1	$0,66 \pm 0,11$	$0,0018 \pm 0,0001$	$0,66 \pm 0,11$
31.	1289,5	$1,35 \pm 0,07$	$0,017 \pm 0,002$	$1,37 \pm 0,07$
32.	1342,7	$0,24 \pm 0,03$	$0,00050 \pm 0,00002$	$0,24 \pm 0,03$
33.	1374,2	$0,22 \pm 0,03$	$0,00091 \pm 0,00001$	$0,22 \pm 0,03$
34.	1387,8	$0,102 \pm 0,022$	$0,00030 \pm 0,00003$	$0,102 \pm 0,022$
35.	1411	$0,044 \pm 0,007$	$0,00007 \pm 0,00004$	$0,044 \pm 0,007$
36.	1437,2	$< 0,007$	$0,00007 \pm 0,00004$	$< 0,007$
37.	1453,5	$0,033 \pm 0,003$	$0,00013 \pm 0,00004$	$0,033 \pm 0,003$
38.	1608,5	$< 0,003$	-	$< 0,003$

Уровень	Приходит на уровень		Уходит с уровня
	1	2	
Основное состояние	100,1 с уровня 100,09 кэВ 65,0%		0%
	1221,8 с уровня 1221,8 кэВ 28,4%		
	1257,8 -" 1257,8 " 1,4%		
	1289,5 -" 1289,5 " 1,4%		
	1374,2 -" 1374,2 " 0,2%		
	1411,0 -" 1411,0 " 0,04%		
	1437 -" 1435 " 0,01%		
	И Т О Г О: (96,4 \pm 3,6)%		0%
100,1 кэВ	229,3 с уровня 329,4 кэВ 3,9%		100,1 на основное состояние 65,0%
	1121,5 -" 1221,8 " 36,8%		
	1157,8 -" 1257,8 " 1,1%		
	1189,3 -" 1289,5 " 16,3%		
	1231,4 -" 1331,5 " 10,6%		
	1274,1 -" 1374,2 " 0,66%		
	1342,7 -" 1443 " 0,24%		
	1387,8 -" 1487,9 " 0,10%		
	1453,5 -" 1553,6 " 0,03%		
	И Т О Г О: (69,7 \pm 3,1)%		(65,0 \pm 2,6)%
	329,4 кэВ	892,4 с уровня 1221,6 кэВ $\sim 0,1\%$	
928,4 -" 1257,8 " 0,64%			
960,1 -" 1289,5 " 0,35%			
1002,1 -" 1331,5 " 2,0%			
1044,8 -" 1374,2 " 0,44%			
И Т О Г О: (3,5 \pm 0,2)%		(3,9 \pm 0,1)%	
1221,8 кэВ	67,7 с уровня 1289,5 кэВ 48,1%		892,4 на уровень 329,36 кэВ 0,1%
	152,4 -" 1374,2 " 7,4%		1121,5 -" 100,09 кэВ 36,8%
			1221,8 на основное состояние 28,4%
И Т О Г О: (56 \pm 3)%		(65,3 \pm 3,2)%	
1257,8 кэВ	31,7 с уровня 1289,5 кэВ 2,0%		928,4 на уровень 329,36 кэВ 0,64%
	116,4 -" 1374,2 " 0,7%		1157,8 -" 100,09 кэВ 1,1%
			1257,8 на основное состояние 1,40%
И Т О Г О: (2,7 \pm 0,3)%		(3,1 \pm 0,4)%	

I	2	3
1289,5 кэВ 84,7 с уровня 1374,2 кэВ 23,4% 198,4 " " 1487,9 " 1,8% 264,1 " " 1553,6 " 3,7%		31,7 на уровень 1257,8 кэВ 2,0% 67,7 " " 1221,8 " 48,1% 960,1 " " 329,4 " 0,35% 1189,3 " " 100,1 " 16,3% 1289,5 на-основное состояние 1,37%
И Т О Г О: (29±2)%		(68±3)%
1331,5 кэВ 42,7 с уровня 1374,2 кэВ 0,51% 156,4 " " 1487,9 " 2,8% 222,1 " " 1553,6 " 7,5%		1002,4 на уровень 329,4 кэВ 2,0% 1231,4 " " 100,1 " 10,6%
И Т О Г О: (10,8±0,3)%		(12,6±1,9)%
1374,2 кэВ 113,7 с уровня 1487,9 кэВ 7,3% 179,4 " " 1553,6 " 5,4%		42,7 на уровень 1331,5 кэВ 0,51% 84,7 " " 1289,5 " 23,4% 116,4 " " 1257,8 " 0,72% 152,4 " " 1221,8 " 7,4% 1044,8 " " 329,4 " 0,44% 1274,1 " " 100,1 " 0,66% 1374,2 на основное состояние 0,22%
И Т О Г О: (12,7±0,3)%		(33,3±2,1)%
1411 кэВ	-	1411 на основное состояние (0,044±0,007)%
1443,4 кэВ	-	1113,7 на уровень 329,4 кэВ 0,04% 1342,7 " " 100,1 " 0,24%
И Т О Г О:		(0,28±0,04)%
1487,9 кэВ	65,7 с уровня 1553,6 кэВ 10,8%	113,7 на уровень 1374,2 кэВ 7,3% 156,4 " " 1331,5 " 2,8% 198,3 " " 1289,5 " 1,8% 1387,8 " " 100,09 " 0,10%
И Т О Г О: (10,8±0,5)%		(12,0±0,3)%
1553,6 кэВ	-	65,7 на уровень 1487,9 кэВ 10,8% 179,4 " " 1374,2 " 5,4% 222,1 " " 1331,5 " 7,5% 264,1 " " 1289,5 " 3,7% 1453,5 " " 100,09 " 0,03%
И Т О Г О:		(27,4±2,0)%

Таблица 10.

Энергии, интенсивности и $\log ft$ β -переходов Та 182

№ п/п	E _{гр} кэВ энергетиче- ский баланс	Интенсивность β -компонент, %		Энергия уровня (кэВ), на котором идёт β -переход	Квантов. характе- ристики уровня K, I, π	Значение $\log ft$	Тип β -перехода (по ΔI и $\Delta \pi$)
		J_{β} - эксперимен- ментальное	J_{β} из баланса интенсивностей переходов				
I.	1813 ± 3	< 0,001	3,6 ± 3,6	0	0,0 ⁺	> 14,8	Трижды запрещённый
2.	1713 ± 3	0,058 ± 0,006	4,7 ± 4,7	100,1	0,2 ⁺	12,98 ± 0,05 12,98 ± 0,04	Дважды запрещённый
3.	1494 ± 3	0,096 ± 0,010	0,4 ± 0,2 (9 ± 5)	329,4	0,4 ⁺	12,51 ± 0,05 12,51 ± 0,04	Дважды запрещённый
4.	591 ± 3	0,8 ± 0,5	39 ± 4	1221,8	2,2 ⁺	10,2 ± 0,2	Дважды запрещённый
5.	524 ± 3	60±9 48±8 } 54 ± 8	39 ± 4	1289,5	2,2 ⁻	8,31 ± 0,04	Однократно запрещённый, уникальн.
6.	555 ± 3	5,0 ± 2,6	0,4 ± 0,4	1257,8	0,2 ⁺	10,4 ± 0,3	Дважды запрещённый
7.	482 ± 3	-	1,8 ± 1,9	1331,5	2,3 ⁺	9,5 ± 0,3	Дважды запрещённый
8.	439±3	24 ± 3	21 ± 2	1374,2	(2),3 ⁻	8,32 ± 0,04	Уникальный однократно запрещённый
9.	402 ± 4	16%	0,044 ± 0,007	1411	(1),2 ⁺	10,9 ± 0,1	Дважды запрещённый
10.	370 ± 4		0,28 ± 0,03	1443	0,4 ⁺	10,0 ± 0,1	Дважды запрещённый
11.	325 ± 3		1,2 ± 0,6	1487,9	2,4 ⁻	9,2 ± 0,2	Однократно запрещённый
12.	259 ± 3		27 ± 2	1553,9	4,4 ⁻	7,46 ± 0,03	Однократно запрещённый

эспл.: первые три значения по /14/

 J_{β} (591 кэВ) / 13/ J_{β} (555 кэВ) / 1/ J_{β} (524 кэВ) среднее по /13,1/ J_{β} (439 кэВ) среднее по /1,12/.

Поскольку форма β -спектров компонент не известна, распределение очень сложное, мы даём только суммарную интенсивность компонент $E_{гр} \leq 400$ кэВ $\sim 16\%$, исходя из того, что сумма всех интенсивностей $\sim 100\%$.

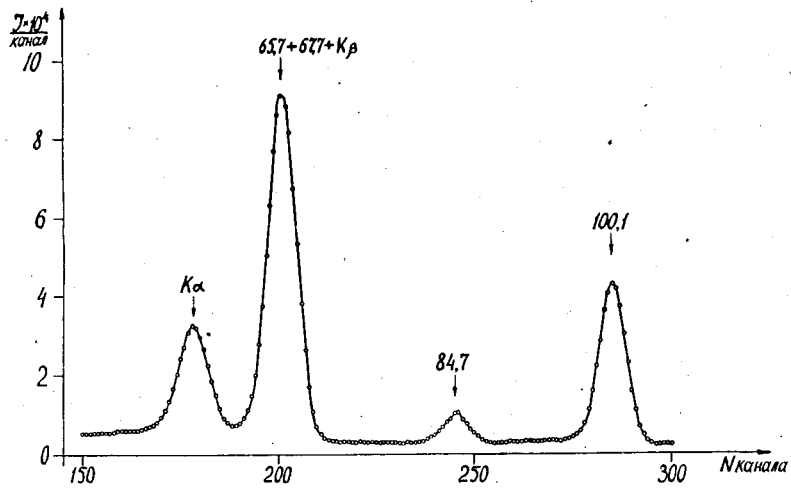


Рис. 1. Гамма-спектр Ta^{182} в области энергий 50 - 105 кэв.

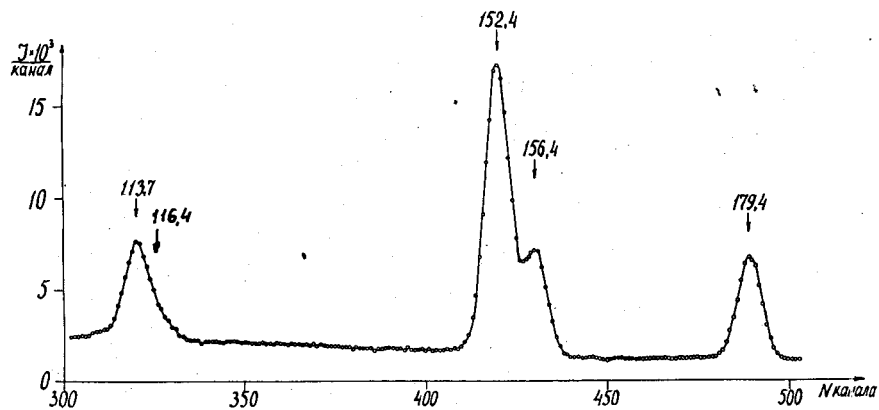


Рис. 2. Гамма-спектр Ta^{182} в области энергий 105 - 190 кэв.

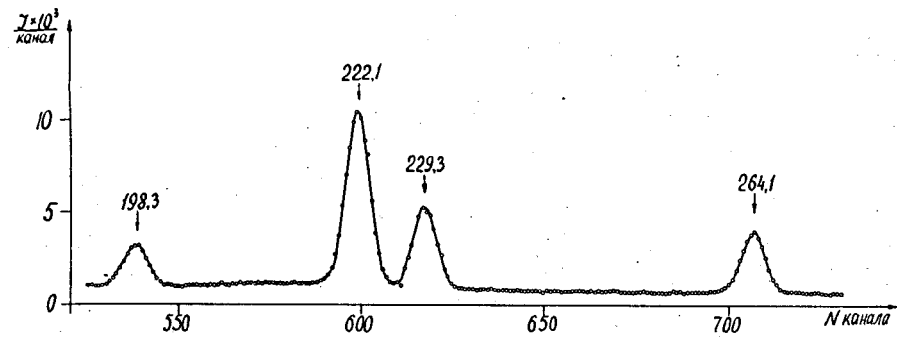


Рис. 3. Гамма-спектр Ta^{182} в области энергий 180 - 270 кэв.

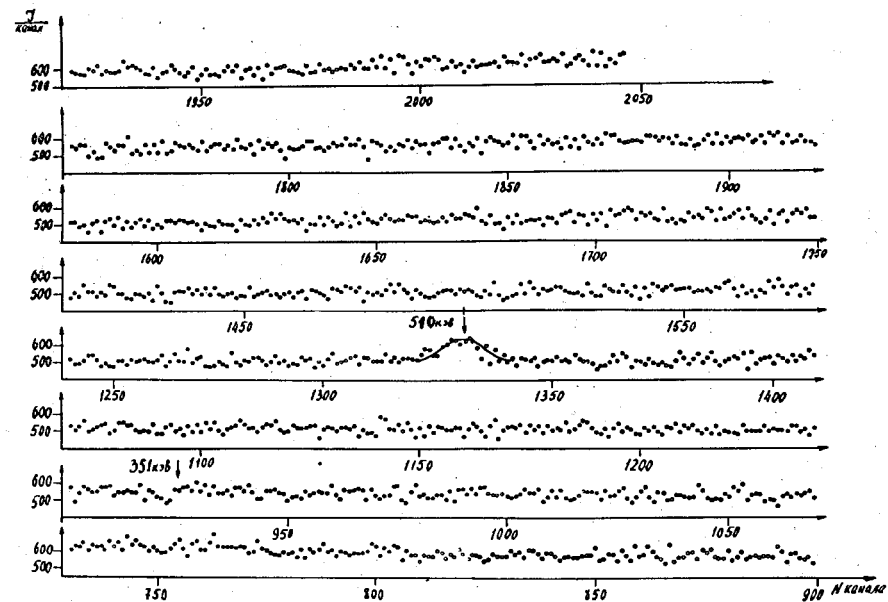


Рис. 4. Гамма-спектр Ta^{182} в области энергий 270 - 800 кэв.

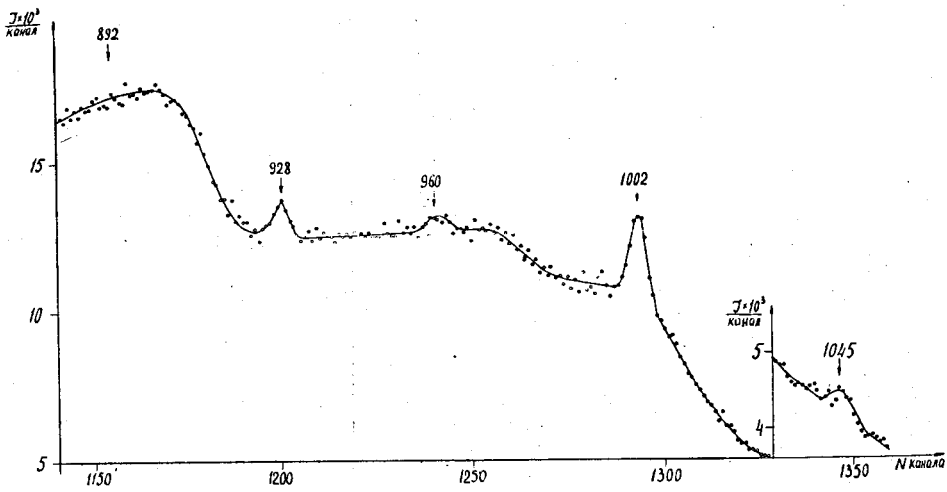


Рис. 5. Гамма-спектр Ta^{182} в области энергий 850-1080 кэВ.

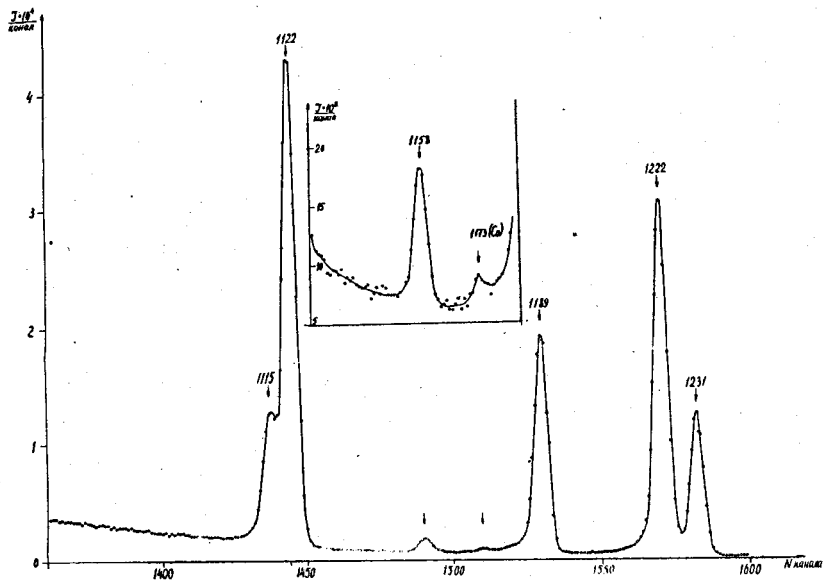


Рис. 6. Гамма-спектр Ta^{182} в области энергий 1090-1240 кэВ.

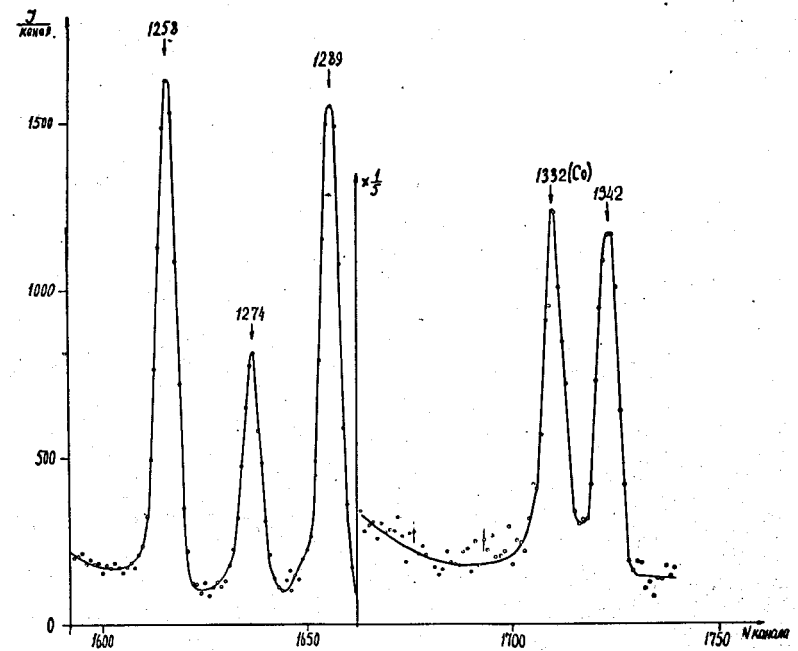


рис. 7. Гамма-спектр Ta^{182} в области энергий 1240 - кэВ.

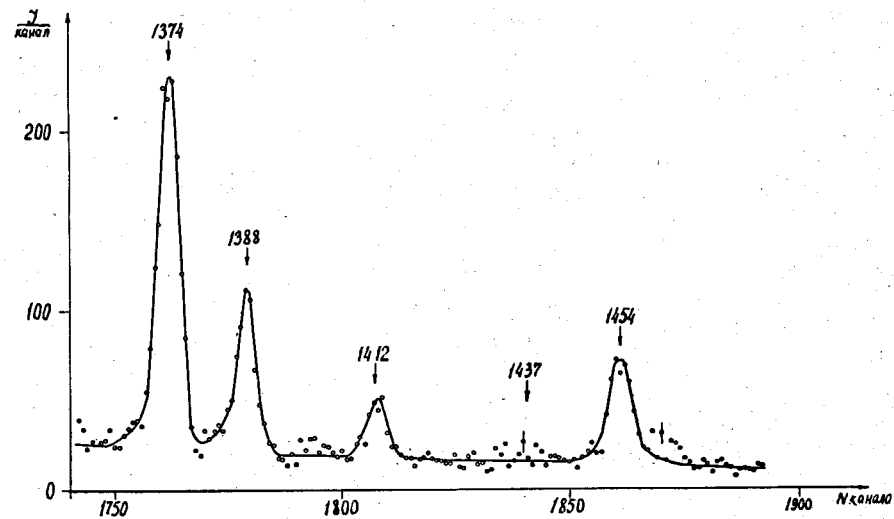
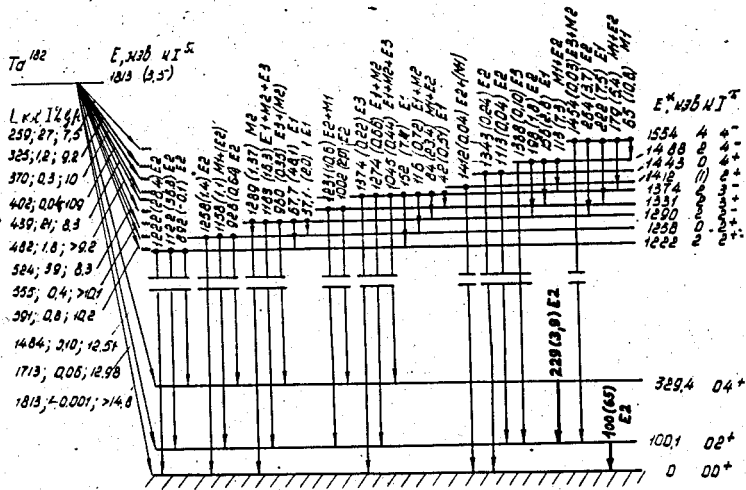


Рис. 8. Гамма-спектр Ta^{182} в области энергий 1240-1500 кэВ.



W 182

Рис. 9. Схема распада W 182.