

2920

Экз. чит. зал

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Г. Музиоль

6-2920

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ РАСПАДА РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

^{145}Eu , ^{147}Eu , ^{147}Gd , ^{161}Ho , ^{167}Yb

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук

Научный руководитель -
кандидат физико-математических наук

К.Я. Громов

Дубна 1966

Г. Музюль

6-2920

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМ РАСПАДА РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

^{145}Eu , ^{147}Eu , ^{147}Gd , ^{161}Ho , ^{167}Yb

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук

Научный руководитель -
кандидат физико-математических наук

К.Я. Громов

Дубна 1968

Экспериментальные исследования свойств атомных ядер являются базой, на основании которой построены современные модельные представления об атомном ядре и в будущем будет создана единая теория атомного ядра. Важная роль принадлежит здесь ядерной спектроскопии. Для проверки и дальнейшего развития, а также для оценки границ применимости ядерных моделей необходимы все новые и более точные экспериментальные данные о системах энергетических уровней ядер и о переходах между ними. Большой интерес для развития теории представляют исследования нейтрондефицитных деформированных ядер, а также ядер переходной области от сферических к деформированным ядрам. Исследованные в наших работах ядра относятся как к первой (распады ^{167}Yb и ^{161}Ho), так и ко второй группе (распады ^{145}Eu , ^{147}Eu , ^{147}Gd).

Методами γ -спектроскопии, примененными в наших работах, можно определить такие основные характеристики ядер, как энергии распада, периоды полураспада, энергии и интенсивности γ -переходов и β -переходов посредством исследования аннигиляционного излучения — некоторые характеристики позитронного распада. Эти результаты являются ценной информацией, позволяющей сделать заключение о природе и о характеристиках возбужденных и основных состояний ядер и о свойствах переходов между ними.

1. Аппаратура

Для исследования бета- и гамма-излучения радиоактивных ядер был создан комплекс измерительной аппаратуры на базе сцинтилляционных счетчиков в качестве детекторов. Аппаратура позволяет определить энергии и интенсивности излучения и измерение быстрых двойных и тройных совпадений. Особое внимание уделялось возможности исследования позитронного распада по аннигиляционному излучению. Блок-схема аппаратуры для измерения тройных и двойных "суммарных" совпадений изображена на рис. 1 и 2. Были разработаны такие электронные блоки, как высокостабильный неперегружающийся линейный усилитель, два варианта одноканальных дискриминаторов, схема быстрых двойных и тройных совпадений для работы с импульсами от детекторов с "медленными" сцинтилляторами и приборы для автоматического анализа и записи спектров и отсчетов ^{1,2/}. Ряд схем построен для работы с биполярно сформированными детекторными импульсами, что повышает неперегружаемость этих блоков и позволяет отбор

совпадений в момент пересечения нулевой линии, мало зависящий от энергии регистрируемых излучений. Таким образом была достигнута 100-процентная эффективность регистрации совпадений с разрешающим временем схемы совпадений $\tau = 20$ нсек в амплитудном интервале от 1 до 150 вольт. Усилитель с собственным временем нарастания 0,15 мксек используется одновременно как для амплитудного анализа, так и для измерения в 10 раз меньших времен. Возможность использования созданного комплекса аппаратуры в физическом эксперименте была показана путем электронной проверки, а также в измерениях со стандартными радиоактивными препаратами.

2. П р е п а р а т ы

Исследуемые в этой работе радиоактивные изотопы были получены при облучении танталовой мишени протонами с энергией 880 Мэв на синхротроне Объединенного института ядерных исследований с последующим разделением фракций редкоземельных элементов хроматографическим методом. В некоторых исследованиях удалось получить исследуемый изотоп в чистом виде.

3. Распад $^{145}\text{Eu} - ^{145}\text{Sm}$ /3,4/ (рис. 3)

Измерением тройных совпадений между γ - и аннигиляционными квантами, возникающими при распаде ^{145}Eu , было установлено, что мягкая компонента позитронного спектра с граничной энергией (800+40) кэв идет на первый возбужденный уровень с энергией 894,3 кэв и жесткая - с граничной энергией (1740+40) кэв в основное состояние ^{145}Sm . Энергия распада $^{145}\text{Eu} - ^{145}\text{Sm}$ составляет (2780+40) кэв. Интенсивности компонент позитронного распада составляют 0,55 и 1,65 процента на распад, соответственно. Для проведения баланса интенсивностей и независимого определения числа распадов в основное состояние ^{145}Sm было определено число γ - переходов с энергией 894,3 кэв при использовании известных соотношений γ -линий распада изотопа ^{145}Sm ; оно составляет (68+14)% на распад.

4. Распад $^{147}\text{Eu} - ^{147}\text{Sm}$ /5/ (рис. 4)

Измерением тройных совпадений между γ - и аннигиляционными квантами распада ^{147}Eu было установлено, что β^+ -распад происходит в основное состояние ^{147}Sm и на первые два возбужденные уровня с энергиями 121 и 198 кэв. Определены интенсивности заселения этих состояний β^+ -распадом, составляющие 0,15; 0,10 и 0,13% на распад. Используя известную граничную энергию самой жесткой компоненты

β^+ -спектра, равную (630+15) кэв, удалось определить энергию распада $^{147}\text{Eu} - ^{147}\text{Sm}$: (1652+15) кэв. Эта информация позволила нам более точно подсчитать значения $\log(ft)$ для распада ^{147}Eu .

5. Распад $^{147}\text{Cd} - ^{147}\text{Eu}$ /6/ (рис. 5)

Измерением тройных совпадений между γ - и аннигиляционными квантами при распаде ^{147}Cd было установлено, что мягкая компонента β^+ -спектра с граничной энергией (970+15) кэв идет в первое возбужденное состояние ^{147}Eu с энергией 229 кэв, а жесткая с граничной энергией (1250+50) кэв - в основное состояние ^{147}Eu . Энергия распада $^{147}\text{Cd} - ^{147}\text{Eu}$ составляет (2220+15) кэв. Эта информация позволила более точно определить значения $\log(ft)$ для распада на уровни ^{147}Eu . Интенсивности заселения основного и первого возбужденного состояния β^+ -распадом равны 0,03 и 0,19% на распад.

6. Распад $^{161}\text{Ho} - ^{161}\text{Dy}$ /7/ (рис. 6)

При изучении γ -спектра распада ^{161}Ho был обнаружен γ -переход с энергией 760 кэв и, возможно, два других перехода в районе 340 и 410 кэв. Впервые определены интенсивности γ -переходов. Из отношения k/β^+ распада на уровень с энергией 25,6 кэв и введением уровня при 760 кэв, имеющего, вероятно, γ -вибрационную природу, можно было определить пределы энергии распада $^{161}\text{Ho} - ^{161}\text{Dy}$: $760 < E_{\text{эл.з.}} < 1200$ кэв. Период полураспада ^{161}Ho был определен и равнялся (2,48+0,05) час. На основании полученных данных был выполнен анализ интенсивностей и определено значение $\log(ft)$ для распада на уровень с энергией 25,6 кэв, равное 4,8+0,2.

7. Распад $^{167}\text{Yb} - ^{167}\text{Tm}$ /8/ (рис. 6)

При исследовании γ -спектра ^{167}Yb были обнаружены 12 новых γ -переходов в области энергий выше 500 кэв и аннигиляционный пик и определены их энергии и интенсивности. Граничная энергия позитронного спектра оказалась равной (650+30) кэв, а интенсивность позитронов (0,4+0,1)% на распад. Энергия распада $^{167}\text{Yb} - ^{167}\text{Tm}$ составляет (1980+30) кэв. Период полураспада изотопа ^{167}Yb составляет, по нашим измерениям, (17,3+0,3) мин. Наши данные о распаде ^{167}Yb позволили определить значение $\log(ft)$ для распада в состояние с энергией 292,7 кэв, равное 4,74^{+0,07}_{-0,03}.

8. Определение матричных элементов для переходов типа

$$7/2^- [523] \leftrightarrow 5/2^- [523]$$

Полученные значения величины $\log(ft)$ для сверхразрешенных переходов между состояниями $7/2^- [523] \leftrightarrow 5/2^- [523]$ при распаде деформированных ядер изотопов ^{161}Ho и ^{167}Yb представляют интерес с точки зрения теории сверхтекучести ядер ^{/9/}. Точность определения этих величин позволила показать, что поправки на сверхтекучесть не объясняют большой разброс этой величины от ядра к ядру, и таким образом получены новые примеры того, что рассматриваемые переходы, по-видимому, чувствительны к факторам, которые не учтены сверхтекучей моделью ^{/7-9/} (см. таблицу 1).

9. Определение отношения k/β^+ для переходов первого порядка запрещения

В связи с предположением о том, что теоретическое отношение k/β^+ , вычисленное для разрешенных переходов, не должно отличаться от значений k/β^+ для однократно запрещенных переходов, было интересно получить экспериментально эти данные, особенно для переходов типа ($\Delta I = 1$, да), для которых экспериментальных данных не было ^{/10/}. В таблице 2 сравниваются полученные в наших опытах значения с теоретическими. Оказалось, что теоретические и экспериментальные значения для распада в основное состояние ^{145}Sm и ^{147}Sm типа ($\Delta I = 1$, да) равны в пределах экспериментальных погрешностей. Для распада на возбужденные состояния этих же ядер типа ($\Delta I = 0, 1$; да) наблюдаются расхождения.

10. Определение энергий распада

Определяемые в этой работе 5 энергий распада ядер были сравнены с данными, вытекающими из систематики экспериментально определенных энергий β^- -распада и из полуэмпирических формул. Наилучшее согласие наблюдается с экстраполированными данными из систематик энергий β^- -распада ^{/11/}, наихудшее - с данными, полученными с помощью полуэмпирических формул, например ^{/12/}.

Большинство экспериментальных материалов, использованных в диссертации, было опубликовано в работах ^{/1-8/} и доложено на всесоюзных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра.

Л и т е р а т у р а

1. Г. Музиоль. Препринт ОИЯИ, Р-2017, Дубна, 1965.
2. Г. Музиоль, Хань Шу-жунь, А. Яниковский. Препринт ОИЯИ, Р-2048, Дубна, 1965.
3. К.Я. Громов, Ж.Т. Желев, В.В. Кузнецов, Ма Хо Ик, Г. Музиоль, Хань Шу-жунь. Препринт ОИЯИ, Р-1915, Дубна (1964), 28.
4. Ж.Т. Желев, Г. Музиоль. Препринт ОИЯИ, Р-2314, Дубна, 1965; Ядерная физика **4**, 3 (1966).
5. К.Я. Громов, Ж.Т. Желев, Кун Сян-цзин, Г. Музиоль, Хань Шу-жунь. Препринт ОИЯИ, Р-2166, Дубна, 1965; Изв. АН СССР, с.ф., **29**, 2239 (1965).
6. К.Я. Громов, Ж.Т. Желев, В.Г. Калинин, В.В. Кузнецов, Кунь Сян-цзин, Г. Музиоль, Хань Шу-жунь, В.А. Халкин. Препринт ОИЯИ, Р-2167, Дубна, 1965; Изв. АН СССР, с.ф., **29**, 2235 (1965).
7. А.А. Абдуразаков, К.Я. Громов, В.В. Кузнецов, Ма Хо Ик, Г. Музиоль, Ф. Мольнар, А. Мольнар, Ф. Мухтасимов, Хань Шу-жунь. Препринт ОИЯИ, Р-1883, Дубна, 1964; Ядерная физика, **1**, 951 (1965).
8. Ван Чуан Пэн, К.Я. Громов, Ж.Т. Желев, В.В. Кузнецов, Ма Хо Ик, Г. Музиоль, А.Ф. Новгородов, Хань Шу-жунь, В.А. Халкин. Препринт ОИЯИ, Р-1381, Дубна, 1963; Изв. АН СССР, с.ф., **28**, 252 (1964).
9. В.Г. Соловьев. Препринт ОИЯИ Р-801, Дубна, 1961.
10. D. Berenyi. Nucl. Phys., **48**, 121 (1963).
11. J.N.E. Mattauch, W. Thiele, A.N. Wapstra. Nucl. Phys., **67**, 1 (1965).
12. Г.Ф. Драницина. Препринт ОИЯИ, 959, Дубна, 1962, 88.
13. P.A. Seeger. Nucl. Phys., **25**, 1 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел
7 сентября 1966 г.

Таблица 1

Систематика значений величины $\log(t)$ для β -переходов типа $7/2^+ [523] \leftrightarrow 5/2^+ [523]$

β -переход типа $7/2^+ [523] \leftrightarrow 5/2^+ [523]$	X)	XX)	$\log(t)$ эксп	$\log(t)$ эксп · η	Примечание
$^{187}\text{Tm} \xrightarrow{\beta^-} ^{187}\text{Yb}$	0,58	1,0	$4,74^{+0,07}_{-0,03}$ /в/	$4,50^{+0,07}_{-0,03}$	X) η = поправочный множитель, учитывающий сверхтекучесть ядерной материи
$^{187}\text{Ho} \xrightarrow{\beta^-} ^{187}\text{Er}$	0,52	0,87	~ 4,8 /в/	4,4	
$^{188}\text{Ho} \xrightarrow{\beta^-} ^{188}\text{Er}$	0,42	1,0	$4,64 \pm 0,02$ /в/	$4,26 \pm 0,02$	XX) η = статистический фактор, квадрат коэффициента Клобля-Мордана.
$^{188}\text{Ho} \xrightarrow{\beta^-} ^{188}\text{Er}$	0,36	1,0	$4,81 \pm 0,01$ /в/	$4,37 \pm 0,01$	
$^{181}\text{Ho} \xrightarrow{\beta^-} ^{181}\text{Dy}$	0,31	0,87	$4,8 \pm 0,2$ /г/	$4,24 \pm 0,2$	
$^{181}\text{Tb} \xrightarrow{\beta^-} ^{181}\text{Cd}$	0,26	1,0	$4,9 \pm 0,1$ /в/	$4,32 \pm 0,1$	
$^{189}\text{Ho} \xrightarrow{\beta^-} ^{189}\text{Dy}$	0,39	0,87	$4,5 \pm 0,3$ /г/	$4,0 \pm 0,3$	

/в/ J.Zylicz, Z.Sujkowski, J.Jastrzebski, O.Wolczek, S.Cholnacki, I.Xutlandow. Nucl.Phys. 42, 330 (1963).

/в/ L.Persson. Phys.Lett. 6, 347 (1963).

/в/ L.C.Schmid, S.B.Burson, J.M.Cork, Phys.Rev., 115, 174 (1959).

Таблица 2.

Экспериментальные и теоретические значения отношения κ/β^+

Тип распада	$^{146}\text{Eu} \xrightarrow{\beta^+} ^{146}\text{Sm}$		$^{147}\text{Eu} \xrightarrow{\beta^+} ^{147}\text{Sm}$		$^{161}\text{Er} \xrightarrow{\beta^+} ^{161}\text{Ho}$
	$\frac{5^+}{2^-} \xrightarrow{\beta^+} \frac{3^-}{2^-}$ $\Delta I = I; \text{ да}$	$\frac{5^+}{2^-} \xrightarrow{\beta^+} \frac{7^-}{2^-}$ $\Delta I = I; \text{ да}$	$\frac{5^+}{2^-} \xrightarrow{\beta^+} \frac{3^-}{2^-}$ $\Delta I = I; \text{ да}$	$\frac{5^+}{2^-} \xrightarrow{\beta^+} \frac{7^-}{2^-}$ $\Delta I = 0; \text{ да}$	
% β^+ / распад	$0,55 \pm 0,06$	$1,65 \pm 0,20$	$0,13 \pm 0,04$	$0,10 \pm 0,03$	$0,035$
% κ / распад	$38,5 \pm 4,0$	$5,0 \pm 0,5$	$20 \pm 2,0$	$16,5 \pm 1,7$	I4
(κ/β^+) ⁺ / эксп	70 ± 9	$3,0 \pm 0,5$	155 ± 50	165 ± 55	400 ± 200
(κ/β^+) ⁺ / теор.	42 ± 5	$3,4 \pm 0,3$	410 ± 50	210 ± 30	67 ± 32
(κ/β^+) ⁺ / эксп.	$1,67 \pm 0,29$	$0,88 \pm 0,17$	$0,38 \pm 0,13$	$0,79 \pm 0,28$	6 ± 3
(κ/β^+) ⁺ / теор.					

/в/ К.Я. Грозов, Ж.Т. Желев, В. Звольска, В.Г. Калинин, Ядерная физика, 2, 278 (1965).

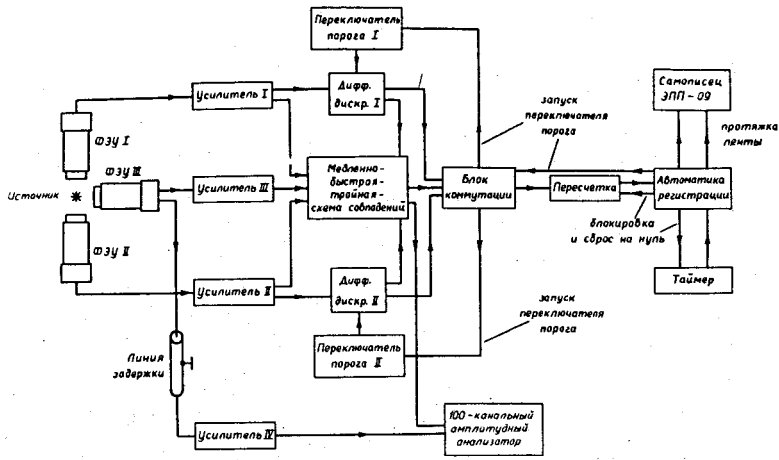


Рис. 1. Блок-схема сцинтиляционного γ -спектрометра тройных совпадений с автоматическими регистрацией и управлением.

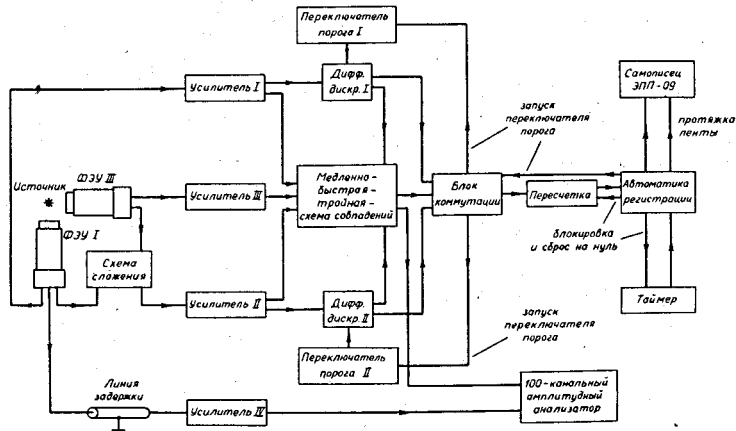


Рис. 2. Блок-схема сцинтиляционного γ -спектрометра для измерения "суммарных" совпадений с автоматическими регистрацией и управлением.

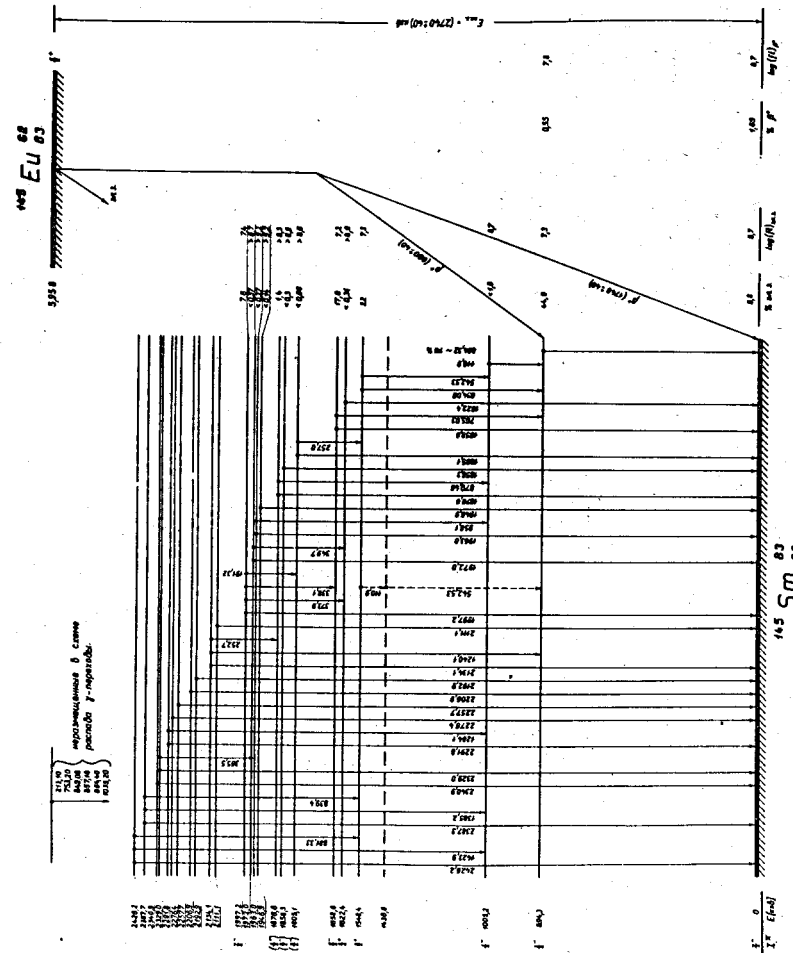


Рис. 3. Схема распада $^{145}\text{Eu} \rightarrow ^{145}\text{Sm}$.

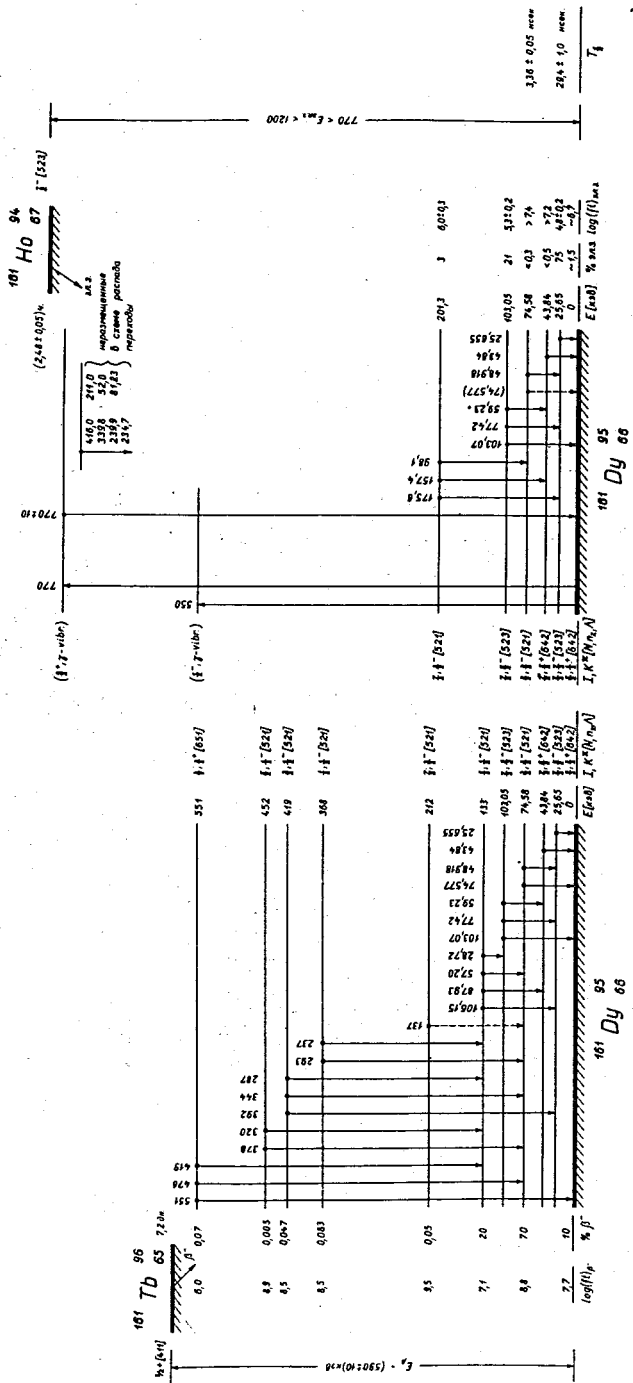


Рис. 6. Схема уровней 161 Ду.

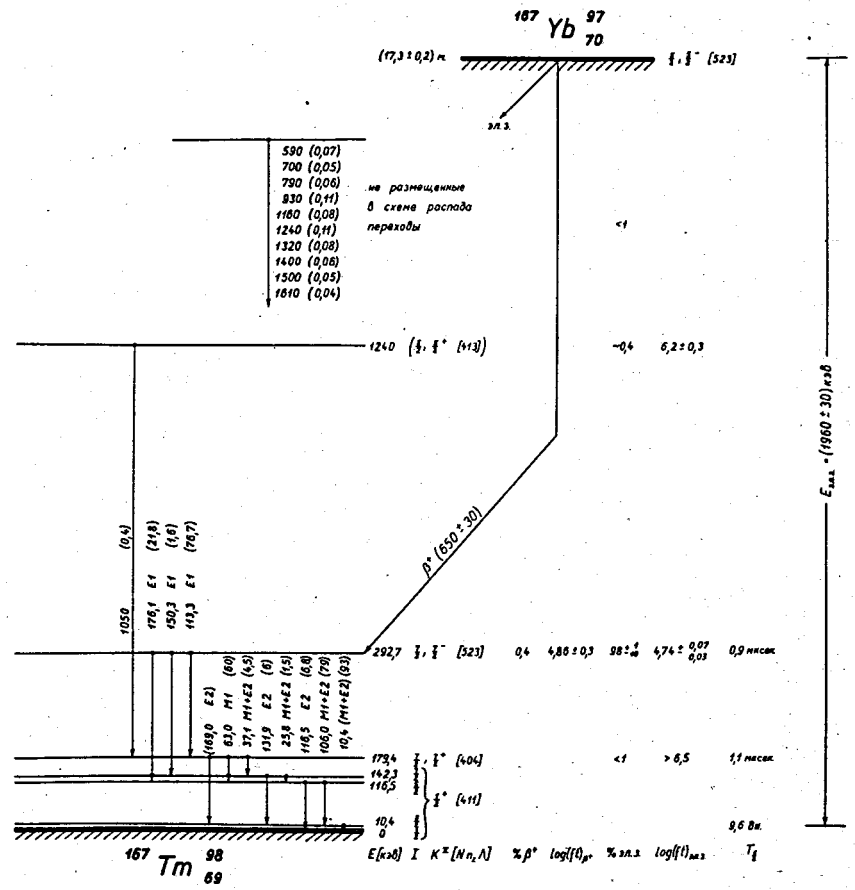


Рис. 7. Схема распада 167 Yb → 167 Tm.

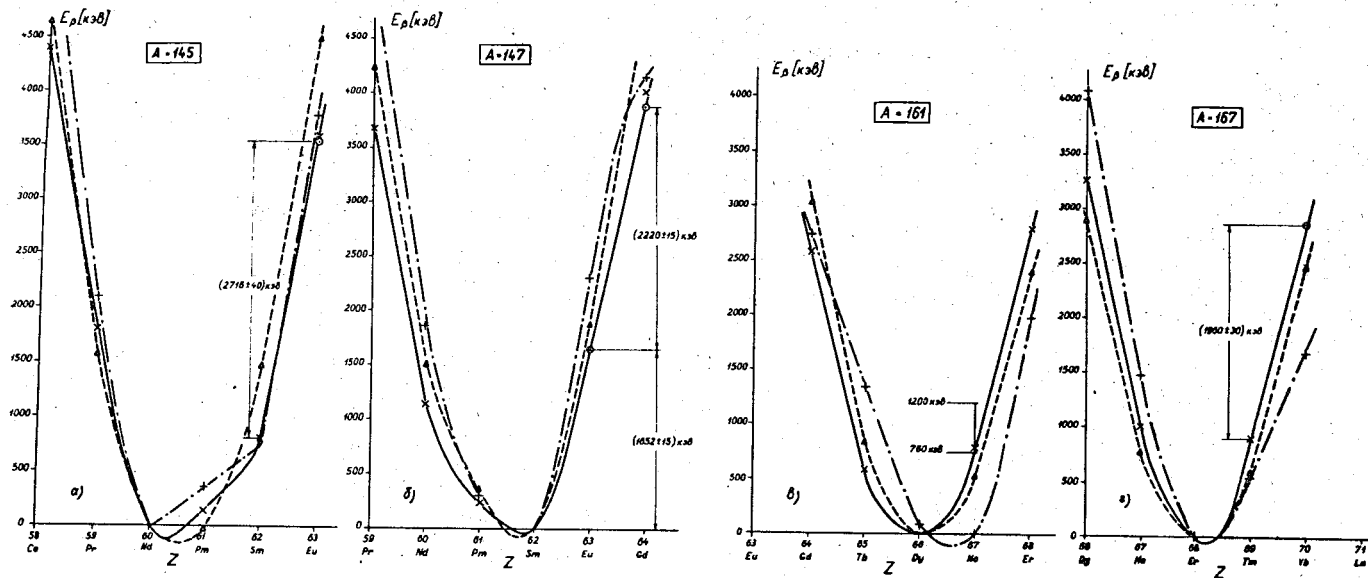


Рис. 8. Изобарные сечения поверхностей энергий β -распада для массовых чисел а) 145 б) 147 в) 161 г) 167. — \times — данные по таблицам/11/; — \circ — экспериментальные значения наших работ/ 3-8/. —+— данные по таблицам работы/12/. — Δ — данные по таблицам/13/.