

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗ41.28

A-828

4/VI-73

6 - 6966

1993/2-73

Р.Арльт, Б.Баяр, И.Воцилка, Ц.Вылов, Н.Г.Зайцева,
Б.Крацик, Я.Липтак, А.Ф.Новгородов, Ф.Севера,
М.Тошев

О СТРУКТУРЕ УРОВНЕЙ ^{88}Zr ,
ВОЗБУЖДАЕМЫХ ПРИ РАСПАДЕ $^{88\text{m}}\text{Nb}$

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

6 - 6966

Р.Арльт, Б.Баяр, И.Воцилка, Ц.Вылов, Н.Г.Зайцева,
Б.Крацик, Я.Липтак, А.Ф.Новгородов, Ф.Севера,
М.Тошев

О СТРУКТУРЕ УРОВНЕЙ ^{88}Zr ,
ВОЗБУЖДАЕМЫХ ПРИ РАСПАДЕ $^{88\text{m}}\text{Nb}$

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Арлт Р., Баяр Б., Воцилка И., Вылов Ц., Зайцева Н.Г.,
Крачик Б., Липтак Я., Новгородов А.Ф., Севера Ф.,
Тошев М. 6 - 6966

О структуре уровней ^{88}Zr , возбуждаемых при
распаде $^{88\text{m}}\text{Nb}$

Гамма-лучи, возникающие при распаде $^{88\text{m}}\text{Nb}$, изучались с по-
мощью Ge(Li) - детекторов. Обнаружено 95 гамма-переходов, уточнен
период полураспада: $T_{1/2} = 7,3 \pm 0,1$ мин.

Предлагается схема распада $^{88\text{m}}\text{Nb} \rightarrow ^{88}\text{Zr}$ и обсуждается структура
уровней ^{88}Zr .

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна, 1973

Arlt R., Bajar B., Vosilka J., Vylov Ts.,
Zaitseva N.G., Kracik B., Liptak J., 6 - 6966
Novgorodov A.F., Severa F., Toshev M.

On the Structure of ^{88}Zr Levels Excited
in the Decay of $^{88\text{m}}\text{Nb}$

Gamma-rays from the decay of $^{88\text{m}}\text{Nb}$ have been inves-
tigated with the help of the Ge(Li) - spectrometer.

95 γ - transitions were observed, more accurate
half-life was found: $T_{1/2} = (7.3 \pm 0.1)$ min.

The decay schema of $^{88\text{m}}\text{Nb} \rightarrow ^{88}\text{Zr}$ is proposed and
the structure levels are discussed.

Communications of the Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1973

1. Введение

В нашей лаборатории раньше изучался распад ^{90}Nb
на возбужденные уровни магического ядра $^{90}\text{Zr}_{50}$ /1/.

Представляет интерес проанализировать схему уровней
ядра $^{88}\text{Zr}_{48}$, которое отличается от ядра ^{90}Zr двумя
дырками в нейтронной системе, выявить сходства и от-
личия схем уровней этих ядер. С этой целью была пред-
принята попытка изучить распад ^{88}Nb .

Уровни ^{88}Zr раньше изучались в реакции $^{90}\text{Zr}(p,t)^{88}\text{Zr}$
и также из $\beta^+ - \epsilon$ -распада ^{88}Nb /5,6/. Так как су-
ществует два изомерных состояния ^{88}Nb ($^{88\text{g}}\text{Nb}$ с
 $I^\pi = 8^+$ и $^{88\text{m}}\text{Nb}$ с $I^\pi = 4^-$), в гамма-спектрах которых
имеется много общих гамма-линий, анализ их распадов
затруднен. Поэтому мы решили изучить тщательно в пер-
вую очередь распад $^{88\text{m}}\text{Nb}(4^-)$, который можно получить
в "чистом" виде как дочерний при распаде $^{88}\text{Mo}(0^+)$.

2. Экспериментальная часть

2.1. Источники

$^{88\text{m}}\text{Nb}$ выделялся из фракции изотопов молибдена,
образующихся в реакциях глубокого расщепления серебра

протонами с энергией 660 Мэв. Используемый в качестве материала мишени хлорид серебра доставлялся с помощью пневмопочты на выведенный пучок протонов синхроциклотрона ОИЯИ. После облучения, которое длилось около 10 минут, хлорид серебра быстро возвращался в радиохимическую лабораторию, где за 3-4 минуты при помощи метода газовой термохроматографии из него выделялась фракция изотопов молибдена. С учетом распада цепочки $^{88}\text{Mo} \xrightarrow{8'} ^{88\text{m}}\text{Nb} \xrightarrow{7,3'} ^{88}\text{Zr}$, а также вклада долгоживущих ^{89}Nb и ^{90}Nb время накопления $^{88\text{m}}\text{Nb}$ было выбрано равным 8 минутам, после чего накопившиеся изотопы ниобия отделялись соосаждением с MnO_2 из щелочной среды. В каждом из нескольких экспериментов проводилось около 15 облучений и выделений препаратов ниобия, обогащенных $^{88\text{m}}\text{Nb}$.

2.2. Условия и результаты измерений

Спектры гамма-лучей были измерены на спектрометрах с $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами коаксиального типа объемом 27 и 40 см³. Энергетическое разрешение спектрометров составляло соответственно 3,2 и 2,6 кэв на линии 1333 кэв ^{60}Co .

Спектр гамма-лучей в области малых энергий изучен с помощью малого $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектора с высоким разрешением (объемом 0,5 см³, разрешением 0,8 кэв на линии 122 кэв ^{56}Co). Амплитудный анализ осуществлялся 4096-канальным амплитудным анализатором.

Суммирование гамма-спектров и обработка данных проводились с помощью полуавтоматической системы при использовании осциллографа со световым карандашом и ЭВМ "Минск-2", а также на ЭВМ CDC-160 4A по программе "Гамма-Д1"/7/. Калибровка по энергиям и интенсивностям выполнялась с помощью известных гамма-линий ^{89}Nb и ^{90}Nb , присутствовавших в радиоактивных препаратах.

Принадлежность гамма-переходов к каждому из изотопов определялась по периоду полураспада. К распаду $^{88\text{m}}\text{Nb}(4^-)$ отнесено 95 гамма-переходов. Энергии и интенсивности гамма-переходов приведены в табл. 2. Для сравнения в четвертой колонке таблицы показаны данные работы /6/. Согласно работам /5,6/ значение периода полураспада $^{88\text{m}}\text{Nb}$ (5±2) мин и (7,8±0,2) мин соответственно. По спаду интенсивностей наиболее сильных гамма-переходов нами уточнен период полураспада $^{88\text{m}}\text{Nb}$ (см. рис. 1).

Полученные экспериментальные результаты представлены в таблице 1. Средневзвешенное значение периода полураспада получилось равным $T_{1/2} = (7,30 \pm 0,11)$ мин.

3. Схема распада $^{88\text{m}}\text{Nb} \rightarrow ^{88}\text{Zr}$

3.1. Построение схемы распада

На рис. 2 представлена предложенная нами схема распада $^{88\text{m}}\text{Nb}$, построенная на основе баланса энергий и

Таблица I

Определение периода полураспада ^{88m}Nb

E_γ (кэВ)	$T_{1/2}$ (мин)
262,4	$7,21 \pm 0,38$
399,4	$7,36 \pm 0,21$
450,8	$6,53 \pm 0,34$
533,7	$(8,68 \pm 0,6)$
638,0	$7,11 \pm 0,49$
760,5	$7,50 \pm 1,01$
1057,06	$7,26 \pm 0,25$
1082,8	$7,86 \pm 0,26$
1399,1	$6,83 \pm 0,64$
1817,8	$6,51 \pm 0,48$
1975,8	$6,74 \pm 1,32$
$T_{1/2}$ (ср.взв.) = $(7,30 \pm 0,11)$ мин	

интенсивностей гамма-переходов с учетом сведений, полученных при изучении реакции $^{90}\text{Zr}(p,t)^{88}\text{Zr}^{1/2-4/}$, гамма-гамма-совпадений $^{6/}$, а также результатов работ $^{5,8/}$ и данных о структуре возбужденных состояний соседних ядер (см. рис. 3).

В схеме удалось разместить 70 наиболее интенсивных гамма-переходов. Разность интенсивностей приходящих

на каждый уровень и уходящих с него гамма-переходов отнесена к позитронному распаду и электронному захвату. Доля β^+ -распада на отдельные уровни вычислена из теоретических отношений ϵ/β^+ для разрешенных бета-переходов. Полная энергия распада принята равной 7,5 Мэв $^{9/}$. Можно предположить, что погрешность этой оценки не превышает $\pm 0,5$ Мэв. Используя это значение вместе с балансом интенсивностей при распаде ^{88m}Nb , мы определили значения $\log ft$ для бета-переходов на уровни ^{88}Zr (см. рис. 2).

Приведенные погрешности включают в себя как неопределенность в полной энергии распада, так и погрешность в определении интенсивностей соответствующих гамма-переходов.

Способы разрядки и значения $\log ft$ уровней с энергией 2539, 2801, 2889, 3032, 3363, 3374, 3609, 3885, 4277, 4335, 4368, 4409 кэВ не противоречат приписанию данным уровням квантовых характеристик (5^-) , $(4^-, 5^-)$, $(4^-, 5^-)$, 3^- , (3^+) , 4^+ , $(4^-, 5^-)$, $(4^+, 5^+)$, $(2^+, 3^+, 4^+)$, $(3^\pm, 4^\pm)$, $(3^-, 4^+)$, $(3^-, 4^-, 5^-)$ и $(3^\pm, 4^\pm)$ соответственно.

3.2. Обсуждение результатов

В $^{90}\text{Zr}_{50}$ наблюдаются $^{1/}$ уровни 5^- и 4^- с конфигурациями $\pi[(p_{1/2})^1(g_{9/2})^1]_{5^-4^-}$. При распаде $^{88m}\text{Nb}_{47}$, который имеет конфигурацию $\pi[(p_{1/2})^{-1}(g_{9/2})^2]_{\nu}(g_{9/2})^{-3}$ могут вследствие перехода $\pi(g_{9/2}) \rightarrow \nu(g_{9/2})$ возникнуть ана-

логичные уровни с конфигурацией $\pi[(p_{1/2})^{-1}(g_{9/2})^1]\nu(g_{9/2})^{-2}$. Кандидатами для таких уровней являются 2539 кэВ (5^-), 2801 кэВ ($4^-, 5^-$) и 2989 кэВ ($4^-, 5^-$) состояния.

Так же, как в ядре ${}_{38}^{86}\text{Sr}_{48}$, в ядре ${}_{40}^{88}\text{Zr}_{48}$ наблюдаются два уровня с $I^\pi = 3^-$ (2456 и 3032 кэВ). Состояние 3_1^- разряжается преимущественно на уровень 2_2^+ (1817 кэВ) и значительно меньше - на уровень 2_1^+ (1057 кэВ). В то же время у состояния 3_2^- , как раз наоборот, разрядка происходит преимущественно на уровень 2_1^+ . Переход на уровень 2_2^+ нами не наблюдался. Это говорит о том, что состояния 3_1^- и 3_2^- различной структуры, одно из них, по-видимому, октупольно-вибрационное. По соображениям, приводимым ниже для структуры уровней 2^+ , вибрационным состоянием будет, по-видимому, нижний уровень 3_1^- (2456 кэВ). Уровень 3_2^- (3032 кэВ) может быть двухчастичным.

Уровни 2_1^+ и 2_2^+ также различной структуры. В ядре ${}_{90}^{90}\text{Zr}$ в соответствующем интервале энергий наблюдается только один уровень 2^+ , в то время как в ядре ${}_{88}^{88}\text{Zr}$ имеются в нижней части схемы два таких уровня. Можно было бы предположить, что один из них является протонным состоянием $\pi(g_{9/2})_{2+}^2$, а другой - нейтронным $\nu(g_{9/2})_{2+}^{-2}$. Однако веских аргументов для такого утверждения нет. Если бы это было так, то нужно предполагать существование двух систем уровней 2^+ , 4^+ , 6^+ , 8^+ . Реально наблюдается лишь одна полоса.

Два уровня 2^+ наблюдаются почти во всех сферических

ядрах. Они обычно интерпретируются как вибрационные одно- и двухфононные. Способ разрядки состояния 2_2^+ этому не противоречит. В действительности рассматриваемые уровни 2^+ будут не чистыми, а смешанными. По крайней мере вряд ли можно использовать для описания состояния 2_1^+ простую вибрационную модель. Возможно, это будет смесь однофононного вибрационного состояния, двухчастичного нейтронного состояния и двухчастичного протонного состояния.

Так же можно попытаться объяснить уровни ядра ${}_{40}^{88}\text{Zr}_{48}$ в рамках квазиротационного представления. К сожалению, в спектре уровней ${}_{88}^{88}\text{Zr}$ состояния 3^+ и 4_2^+ четко не выявлены.

Сравним экспериментальный спектр уровней ${}_{88}^{88}\text{Zr}$ со спектром, предсказанным по модели Давыдова-Чабана^{/10/} (см. рис. 4). Параметры $\mu = 0,7$ и $\gamma = 30^\circ$ выбраны на основании энергий первых трех возбужденных состояний. Для расчетов применялась таблица^{/11/} Сопоставление на рис. 4 показывает, что предсказанные энергии не совпадают с экспериментально установленными. Единственный уровень, который подходит по энергии (2456 кэВ) для размещения в спектре уровней Давыдова-Чабана, исключается из-за его отрицательной четности. О структуре более высоких уровней что-либо определенное сказать трудно.

В заключение авторы выражают благодарность проф. К.Я.Громову за поддержку и интерес к работе, доктору

физико-математических наук Л.К.Пекеру за ценные об-
суждения и В.В.Гопанчук за помощь в обработке экспери-
ментальных данных.

Литература

1. Н.Г.Зайцева, Б.Крацик, Г.Музиоль, Л.К.Пекер, В.И.Фо-
миных, Чан Тхань Минь. Изв. АН СССР, сер. физ.,
т. 35, №1, 35 (1971).
2. H. Taketani, M. Adachi, Y. Yoshida, M. Ogawa
and A. Ashibe. J. Phys. Soc. Jap., 26, 204 (1969).
3. J. B. Ball, R. L. Aubl, R. M. Drisko and
R. C. Roos. Phys. Rev., 177, 1699 (1969).
4. J. B. Ball and R. Z. Auble. Phys. Rev., C4, 196
(1971).
5. J. A. Doron and M. Blann. Nucl. Phys. A161,
12 (1971).
6. R. Jafiglida, R. Turcotte, R. B. Moore and
J. K. R. Lee Nucl. Phys. A182, 400 (1972).
7. Р.Арльт, Г.Винтер, С.В.Медведь, Г.Музиоль, А.Н.Си-
наев, З.А.Усманова, Д.Фромм, Н.А.Чистов, Х.Штрусный.
Препринт ОИЯИ, Р6-6227, Дубна, 1972.
8. C. D. Goodman, T. A. Nuges, M. W. Johs and K. Way.
Nucl. Data Tables, A8, 345 (1970).
9. Nucl. Data Tables, 9, 265-468 (1971).
10. A. S. Dawydow and A. A. Chaban. Nucl. Phys., 20,
499 (1966).
11. P. P. Day, E. D. Klema and C. A. Mallman. Argonne
National Laboratory. Report ANL-6290, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 февраля 1973 года.

Таблица 2

Энергии и относительные интенсивности гамма-лучей,
возникающих при распаде ^{88m}Nb

Настоящая работа			Работа /6/
Е-γ кэВ	I _γ	% на распад	I _γ
1	2	3	4
262,41±0,16	9,8±0,8	8,67±0,7	11,0±0,5
316,0±0,6	1,7±0,3	1,50±0,27	-
399,38±0,09	48,4±3,2	42,8±2,8	43,7±3,0
450,78±0,12	29,3±1,8	25,9±1,6	26,9±1,1
465,7±0,6	1,8±0,4	1,60±0,35	-
533,71±0,13	14,5±1,0	12,83±0,89	14,7±0,7
551,8±0,7	0,46±0,22	0,41±0,19	-
573,0±0,5	4,1±0,6	3,63±0,50	-
576,3±0,5	1,2±0,4	1,06±0,35	-
597,8±0,5	0,50±0,15	0,44±0,13	-
605,1±0,5	0,85±0,30	0,75±0,27	-
608,9±0,5	0,86±0,26	0,76±0,23	-
625,2±0,5	1,4±0,3	1,24±0,27	-
637,96±0,12	29,6±2,1	26,2±1,9	27,8±1,2
658,0±0,6	0,55±0,30	0,49±0,27	-
661,3±0,4	2,6±0,6	2,30±0,53	4,6±0,6
687,5±0,6	0,45±0,20	0,40±0,18	-
697,9±0,4	1,4±0,3	1,24±0,27	-
744,2±0,6	0,43±0,23	0,38±0,20	-
760,67±0,12	19,1±1,7	16,9±1,5	18,2±0,8
821,4±0,5	1,0±0,4	0,90±0,35	-
834,7±0,7	0,63±0,38	0,56±0,34	-
846,2±0,4	0,74±0,24	0,65±0,21	-

1	2	3	4
1481,9±0,6	1,0±0,5	0,89±0,44	-
1519,9±0,4	1,3±0,3	1,15±0,27	-
1533,9±1,2	0,25±0,21	0,22±0,19	-
1548,4±0,4	1,4±0,4	1,24±0,35	-
1567,5±0,5	0,97±0,31	0,86±0,27	-
1592,2±0,6	0,66±0,31	0,58±0,27	-
1652,5±0,5	0,40±0,14	0,35±0,12	-
1716,7±0,6	0,44±0,19	0,39±0,17	-
1754,2±0,5	2,42±0,44	2,14±0,39	-
(1744,1±0,9)	0,35±0,23	0,31±0,20	-
1804,0±0,5	0,36±0,12	0,320±0,106	-
1817,81±0,12	12,8±1,1	11,33±0,97	11,0±0,8
1871,0±0,5	0,52±0,18	0,46±0,16	-
1886,2±0,4	0,26±0,13	0,23±0,12	-
1906,2±0,7	0,28±0,15	0,25±0,13	-
1913,4±0,5	0,65±0,24	0,58±0,21	-
1938,4±0,4	1,0±0,3	0,89±0,27	-
1965,8±0,6	0,32±0,14	0,28±0,12	-
1975,8±0,3	6,3±0,8	5,6±0,7	6,4±0,8
2001,6±0,4	0,70±0,28	0,62±0,25	-
(2004,8±0,5)	0,61±0,27	0,54±0,242	-
2030,0±0,5	0,24±0,12	0,210±0,106	-
2034,0±0,6	0,2±0,1	0,18±0,09	-
2063,5±0,7	0,71±0,47	0,63±0,42	-
2068,0±0,5	0,77±0,40	0,68±0,35	-
2125,6±0,7	0,71±0,19	0,63±0,17	-
2128,9±0,5	0,67±0,22	0,59±0,19	-

1	2	3	4
850,0±0,4	3,1±0,5	2,74±0,44	-
867,5±0,5	0,58±0,29	0,51±0,26	-
891,5±0,5	0,87±0,31	0,77±0,27	-
909,8±0,4	1,6±0,3	1,42±0,27	-
918,7±0,3	7,8±0,9	6,9±0,8	12,2±1,0
931,1±0,4	1,4±0,3	1,24±0,27	-
953,9±0,5	0,70±0,27	0,62±0,24	-
961,1±0,6	0,61±0,33	0,54±0,29	-
1025,5±0,5	0,58±0,25	0,51±0,22	-
1057,06±0,12	100±6	88,5±5,3	100±5
1069,9±0,5	0,84±0,33	0,74±0,29	-
1082,80±0,13	61,4±4,4	54,3±3,9	63,7±5,2
1094,7±0,4	1,1±0,3	0,97±0,27	-
1174,9±0,5	0,36±0,14	0,32±0,12	-
1207,9±0,6	0,29±0,14	0,26±0,12	-
1223,7±0,5	0,8±0,3	0,71±0,27	-
1243,0±0,7	0,51±0,27	0,45±0,24	-
1270,5±0,5	0,47±0,18	0,42±0,16	-
1287,7±0,6	0,52±0,25	0,46±0,22	-
1303,1±0,9	0,36±0,32	0,32±0,28	-
1336,3±0,4	1,2±0,4	1,06±0,35	-
1355,8±0,6	0,42±0,25	0,37±0,22	-
1377,6±0,5	0,52±0,18	0,46±0,16	-
1399,1±0,4	7,1±2,1	6,3±1,9	6,3±1,0
1419,3±0,4	1,1±0,3	0,97±0,27	-
1429,3±0,4	0,94±0,23	0,83±0,20	-
1479,2±0,5	1,4±0,6	1,24±0,53	-

1	2	3	4
2138,8±0,5	0,73±0,24	0,65±0,21	-
2203,9±0,6	0,26±0,10	0,23±0,09	-
2306,8±0,7	0,48±0,33	0,42±0,29	-
2382,0±0,7	0,24±0,10	0,21±0,09	-
2456,8±0,9	0,2±0,1	0,18±0,09	-
2511,5±0,5	1,1±0,2	0,97±0,18	-
2578,4±0,6	1,3±0,3	1,20±0,27	-
(2634,5±0,9)	0,23±0,15	0,20±0,13	-
2678,1±1,0	0,18±0,10	0,16±0,09	-
2700,5±0,9	0,24±0,15	0,21±0,13	-
2993,0±0,7	0,51±0,13	0,45±0,12	-
3023,0±0,8	0,18±0,08	0,16±0,08	-
(3032,5±0,7)	0,10±0,06	0,08±0,05	-
3080,0±0,5	0,19±0,10	0,17±0,09	-
3160,3±0,6	0,10±0,06	0,089±0,050	-
3186,6±0,6	0,2±0,1	0,18±0,09	-
3278,7±0,8	0,41±0,13	0,36±0,12	-
3473,0±0,9	0,13±0,06	0,12±0,05	-

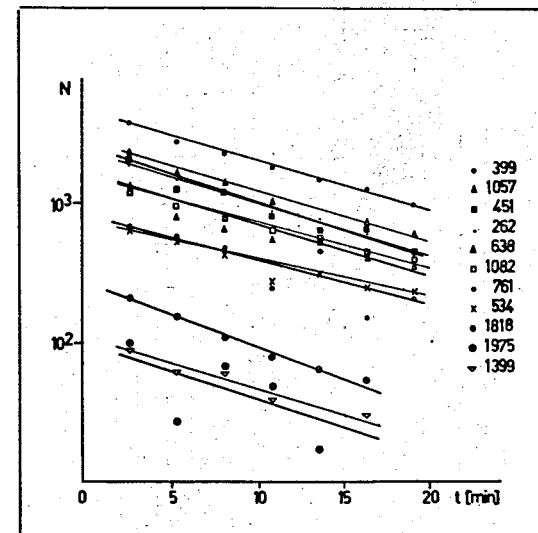


Рис. 1. Определение периода полураспада ^{88m}Nb .

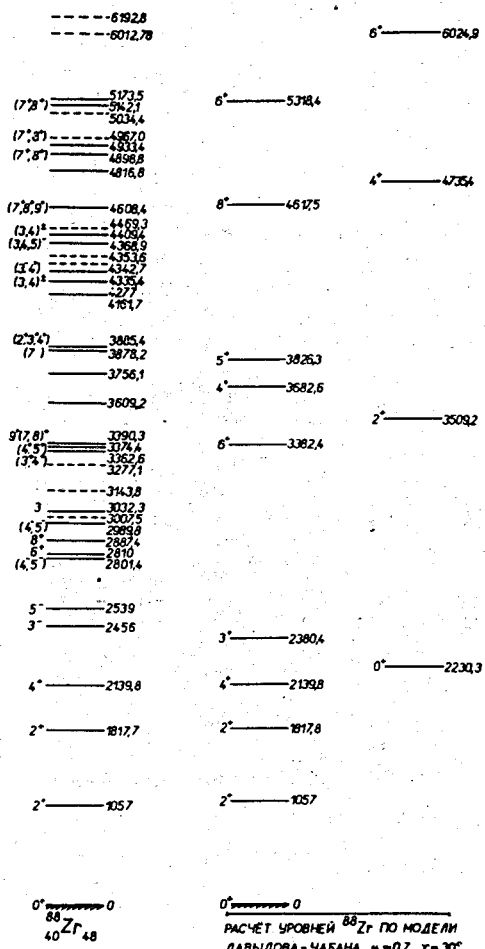


Рис. 4. Сравнение возбужденных состояний 88_{40}Zr_{48} с теоретическими расчетами по модели Давыдова-Чабана.