

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



28/2-77

P1 - 10222

B-191

788/2-77

В.А.Васильев, В.И.Петрухин, В.Е.Рисин,
В.М.Суворов, Д.Хорват

О Z -ЗАВИСИМОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ
АТОМНОГО ЗАХВАТА МЕЗОНОВ
В ВЕЩЕСТВЕ

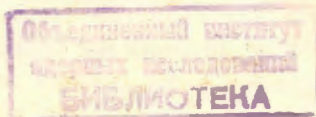
1976

P1 - 10222

В.А.Васильев, В.И.Петрухин, В.Е.Рисин,*
В.М.Суворов, Д.Хорват

О Z -ЗАВИСИМОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ
АТОМНОГО ЗАХВАТА МЕЗОНОВ
В ВЕЩЕСТВЕ

Направлено в "Nuclear Physics"



* Воронежский государственный университет.

Васильев В.А. и др.

P1 - 10222

О Z-зависимости вероятности атомного захвата мезонов
в веществе

Проведен анализ имеющихся данных по атомному захвату мезонов. Показано, что полученная ранее в газовых смесях $H_2 + Z$ $Z^{1/3}$ -зависимость атомного захвата мезонов удовлетворительно согласуется с большей частью экспериментальных данных.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

Vasilyev, V.A. et al.

P1 - 10222

On the Z-Dependence of the Atomic Capture
Rate of Mesons in Matter

All experimental data available on the atomic capture of negative muons and pions are analyzed using an empirical relation for the capture rate to the atomic number Z : $A(Z/H) = (7.1 \pm 0.1) \times (Z^{1/3} - 1)$ obtained for the case of the atomic capture of pions in mixtures $H_2 + Z$. For comparison the Z-law and the formula $A(Z) \sim Z^{1/3} \ln(0.57Z)$ given by H. Daniel have been also used. It is shown that the Z-law, as a rule, does not hold. Our relation approximates the experimental data better than that proposed by H. Daniel.

The investigation has been performed at the
Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research

Dubna 1976

Обычно при описании атомного захвата мезонов на уровне грубого приближения используют Z-закон ^{/1/}, согласно которому вероятности атомного захвата мезонов пропорциональны зарядам ядер атомов Z (полному числу электронов в атоме). И хотя во многих работах давно было установлено существенное расхождение результатов эксперимента с предсказаниями Z-закона, из-за отсутствия какого-либо альтернативного закона атомного захвата Z-закон используется при анализе экспериментальных данных до настоящего времени.

Недавно была предложена ^{/2/} новая формула для зависимости вероятности атомного захвата мезонов от атомного номера Z, согласно которой отношение вероятностей захвата атомами Z₁ и Z₂ равно:

$$A(Z_1/Z_2) = \frac{Z_1^{1/3} \ln(0.57Z_1)}{Z_2^{1/3} \ln(0.57Z_2)} \quad (I)$$

Формула (I) была получена на основе классической модели, предложенной в работе Ферми и Теллера ^{/1/}.

В работе ^{/3/} экспериментально показано, что атомный захват π^- -мезонов в газовых смесях $H_2 + Z$, где Z - благородные газы и азот, хорошо описывается $Z^{1/3}$ -зависимостью. Отношение вероятностей захвата пионов атомами Z и водорода равно

$$A(Z/H) = (7.1 \pm 0.1) \cdot (Z^{1/3} - 1). \quad (2)$$

В общем случае для бинарных систем

$$A(Z_1/Z_2) = \frac{Z_1^{1/3} - 1}{Z_2^{1/3} - 1} \quad (3)$$

$Z^{1/3}$ -зависимость, по-видимому, отражает неэквивалентность электронов различных атомных оболочек по отношению к замещению их заряженными мезонами при атомном захвате. Эта неэквивалентность может быть связана, например, с экранированием электронов внутренних атомных оболочек внешними электронами. Полученное на опыте ^{13/} значение вероятности захвата $A(Z/N)$ пиона атомами Z в смеси $H_2 + Z$, нормированное на вероятность атомного захвата водородом, близко по величине к числу электронов n во внешней оболочке атома Z :

Атом	He	Ne	Ar	Kr	Xe
$A(Z/H)/n$	$0,92 \pm 0,05$	$0,96 \pm 0,04$	$1,45 \pm 0,05$	$0,91 \pm 0,03$	$1,13 \pm 0,04$

В настоящей работе мы предприняли попытку описать с помощью формул (2)-(3) захват мезонов атомами, входящими в состав химических соединений и смесей, в сравнении с Z -законом и зависимостью (1). Все известные нам данные по атомному захвату мезонов в бинарных соединениях и смесях, а также водород-содержащих соединениях типа $Z_m H_n X_k$ представлены в таблицах I - УП. Следует заметить, что формула (1) не описывает захват в системах, содержащих водород.

В качестве критерия согласия между экспериментом и рассматриваемыми зависимостями использовалась величина χ^2 . Однако, поскольку имеющиеся на сегодня экспериментальные данные получены в разное время, с помощью различных методик и разными авторами и, как показывает анализ, не свободны от значительных систематических ошибок*), получаемые нами значения χ^2 часто настолько

*) Укажем для примера несколько противоречивых результатов: Ti_2O_2 и Cr_2O_3 (табл. II), PbF_2 и LiJ (табл. IV).

велики, что исключают возможность использования стандартного статистического анализа. По этой причине в каждом конкретном случае мы будем считать предпочтительной ту закономерность, для которой χ^2 имеет наименьшую величину.

Для удобства анализа все имеющиеся данные сгруппированы в семи таблицах.

В таблице I приведены данные по атомному захвату мезонов в смесях газов, содержащих водород, и в газовых и механических смесях без водорода. В обоих случаях, как это видно из таблицы, формулы (2)-(3) хорошо описывают экспериментальные данные.

Данные по атомному захвату мюонов в окислах приведены на рис. I и в таблице II. Как видно из рисунка, рост зависимости относительной вероятности атомного захвата $A(Z/O)$ с увеличением Z лучше описывается формулой (3), чем Z -законом или зависимостью (1). Предсказания Z -закона в большинстве случаев резко расходятся с экспериментом. Что касается зависимости (1), то она занимает среднее положение между Z -законом и зависимостью (3) и лучше согласуется с экспериментом, чем Z -закон, но дает вероятности $A(Z/O)$ в среднем выше их экспериментальных значений (см. рис. I). Суммарное значение χ^2 для этой зависимости примерно вдвое больше значения χ^2 для формулы (3).

Значительные отклонения от предсказаний формулы (3) наблюдаются для элементов II и III периодов, металлов с $Z > 80$ (Pb, Bi) и некоторых окислов IV и V периодов. Возможно, что в последних двух случаях расхождению не следует придавать большого значения, поскольку последующая проверка некоторых из более ранних измерений дала результаты, более близкие к кривой (3) (см. рисунок)

или попадающие на нее (TiO_2, CdO, G_2O_2). Что касается окислов элементов II и III периодов, то экспериментальные значения вероятностей $A(Z/O)$ систематически меньше значений, даваемых всеми тремя зависимостями, то есть в этих окислах атомный захват на кислород доминирует. Наблюдаемый в этих соединениях эффект может носить объективный характер, поскольку в отличие от более тяжелых элементов в атомах элементов II и III периодов электроны внешней оболочки, перестройка которой происходит при образовании химической связи $Z-O$, составляют заметную долю всех электронов атома и могут играть значительную роль в атомном захвате мезонов. Влияние химической связи на атомный захват, по-видимому, имеет место также в соединениях с различной степенью окисления металла (см., например, Mg, V, Sb, Ba). Однако это влияние незначительно и не проявляется систематически. Следует заметить, что распределение экспериментальных точек относительно кривой (3), как нам кажется, делает не столь очевидной наблюдавшуюся ранее^{16/} периодичность в атомном захвате мезонов.

В таблице III представлены данные по атомному захвату мезонов в галогензамещенных соединениях типа $Z_m H_n X_k$. Отношение вероятностей захвата мезонов группой $Z_m H_n$ и остатком X_k молекулы рассчитывалось по формуле

$$A(Z_m H_n / X_k) = \frac{1 + A(Z/H)^{m/n}}{A(X/H)^{k/n}}, \quad (4)$$

где $A(Z/H)$ и $A(X/H)$ даются формулой (2). Как можно видеть из таблицы III, значения вероятностей захвата $A(Z_m H_n / X_k)$ предсказываются формулой (4) значительно лучше, чем Z-законом.

Следует отметить, что при использовании зависимости (4) основной вклад в χ^2 вносится тремя экспериментальными точками для соединений C_6H_5Br, NH_4Cl и NH_4Br .

Большое число работ посвящено изучению атомного захвата мезонов в галогенидах металлов и углерода (см. табл. IV^{*)}). Все имеющиеся данные находятся в явном противоречии с Z-законом. Формула (I) несколько лучше описывает экспериментальные данные, чем формула (3). Однако следует отметить, что $\sim 50\%$ различия в χ^2 между предсказаниями зависимостей (I) и (3) обязано вкладу от значения $A(Li/I)^{18/}$, которое находится в противоречии с двумя другими измерениями $A(Li/I)^{16,19/}$.

Данные по атомному захвату в соединениях серы и ее аналогов представлены в таблице V. Все три зависимости примерно одинаково описывают результаты эксперимента. Мы не учитывали вклад в χ^2 от CaS , поскольку он примерно равен суммарному значению χ^2 от всех других соединений, приведенных в таблице для зависимостей (I) и (3). Заметим, что большие вклады в χ^2 для формул (I) и (3) дают одни и те же соединения. То же самое относится и к сплавам металлов, вероятности атомного захвата в которых даны в таблице VI. После исключения из вклада, обусловленного вероятностью $A(Cu/Ag)^{11/}$ (он намного превышает суммарный вклад всех остальных значений для трех гипотез), величины χ^2 для всех трех зависимостей получаются примерно одинаковыми.

Экспериментальные вероятности атомного захвата мезонов в основаниях, представленные в таблице VII, показывают систематическое отклонение от предсказаний Z-закона и зависимости (3). Преимущественный захват мезонов группами $OH^{8,12/}$ может

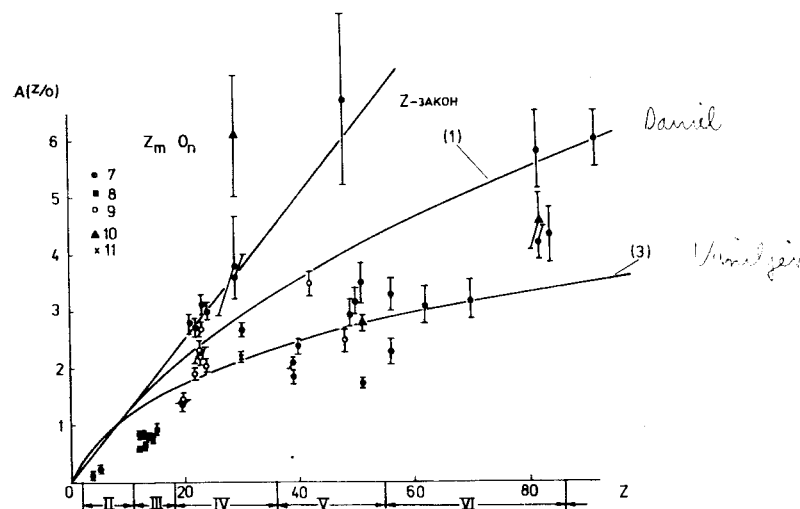
*) Приведенные в таблице IV значения относительных вероятностей атомного захвата в иодидах металлов^{19/} получены нормировкой по величине $A(K/I)^{7/}$.

быть обусловлен химическими эффектами. Ситуация с основаниями в настоящее время запутана, поскольку захват π^- -мезонов водородом OH в основаниях $M(OH)_n$ подавлен в n раз ^{/20/}. Ввиду этого значения χ^2 таблицы VII не учитывались при выборе наилучшей гипотезы.

В таблице VIII приведены значения χ^2 и χ^2_{ν} (нормированное на число степеней свободы χ^2_{ν}) для данных, представленных в таблицах I-VI. Судя по значению χ^2_{ν} , Z-закон описывает вероятность атомного захвата мезонов заметно хуже зависимостей (I) и (3). Для групп I-III формула (3), а для остальных формула (I) дают лучшее согласие с экспериментом, в целом лучшее описание экспериментальных данных дает эмпирическая формула (3) - см. последнюю строку таблицы VIII.

В заключение отметим еще раз противоречивость, мозаичность и невысокую точность имеющихся экспериментальных данных по атомному захвату мезонов. Другая трудность при поисках адекватного закона атомного захвата мезонов связана с влиянием на вероятность атомного захвата ряда эффектов, таких, как: 1) влияние особенностей химических связей, например, уменьшение вероятности захвата π^- -мезонов группой CH_3 в молекулах CH_3X в зависимости от индукционной константы заместителя χ ^{/21/}; 2) влияние взаимного экранирования атомов в молекулах, например, уменьшение вероятности захвата μ^- -мезонов атомами серы в SF_6 ^{/22/}; 3) влияние твердотельных эффектов, например, обобществления электронов в металлах и сплавах.

Тем не менее проведенный нами анализ показывает, что обе $Z^{1/3}$ -зависимости дают значительно более хорошее описание результатов опыта, чем Z-закон, и могут использоваться при расчетах вероятностей атомного захвата мезонов. Предложенная нами формула (3) несколько лучше описывает результаты опыта по сравнению с формулой (I) и применима к любым соединениям, тогда как формула (I) неприменима к водородсодержащим соединениям.



Относительные вероятности атомного захвата мезонов в окислах. Сплошные кривые проведены согласно Z-закону, зависимостям (I) и (3).

Таблица I

mZ+nZ'	ССЫЛКА	A(Z/Z') _{exp}	Z - закон		формула (1)		формулы(2) и(3)	
			A(Z/Z')	χ ²	A(Z/Z')	χ ²	A(Z/Z')	χ ²
He/H ₂	3	1,84 # 0,09	2,00	3,2			1,85	0,0
Ne/H ₂	3	7,65 # 0,35	10,00	45,1			8,20	2,4
Ar/H ₂	3	11,60 # 0,40	18,00	256,0			11,51	0,1
Kr/H ₂	3	16,40 # 0,60	36,00	1067			16,34	0,0
Xe/H ₂	3	20,40 # 0,70	54,00	2304			19,74	0,9
N ₂ /H ₂	3	6,60 # 0,30	7,00	1,8			6,48	0,2
N ₂ /He	4	3,53 # 0,23	3,50	0,0	16,03	2956	3,51	0,0
He/Ar	5	0,15 # 0,01	0,11	15,1	0,03	151,2	0,16	1,1
Ne/Ar	5	0,61 # 0,03	0,56	3,3	0,61	0,0	0,71	11,6
N ₂ /Ar	5	0,51 # 0,02	0,39	36,7	0,43	14,5	0,56	7,1
Fe/S	6	1,22 # 0,15	1,62	7,3	1,43	2,0	1,29	0,2
Fe/S	6	1,40 # 0,15	1,62	2,2	1,43	0,1	1,29	0,5
Zn/S	6	1,35 # 0,15	1,88	12,3	1,58	2,4	1,39	0,1
Zn/Se	6	0,74 # 0,09	0,88	2,5	0,92	3,9	0,94	5,0
Cd/Te	6	0,82 # 0,09	0,92	1,3	0,95	2,1	0,96	2,6
Cd/Te	6	0,74 # 0,10	0,92	3,4	0,95	4,4	0,96	5,0
In/Sb	6	1,04 # 0,10	0,96	0,6	0,98	0,4	0,98	0,3
In/Sb	6	0,91 # 0,14	0,96	0,1	0,98	0,2	0,98	0,3
Σχ ²				3762		3137		37,3

Таблица II

Z _m O _n	ССЫЛКА	A(Z/O) _{exp}	Z - закон		формула (1)		формула (3)	
			A(Z/O)	χ ²	A(Z/O)	χ ²	A(Z/O)	χ ²
BeO	7	0,12 # 0,04	0,50	90,2	0,43	60,5	0,59	136,5
B ₂ O ₃	7	0,22 # 0,05	0,63	65,6	0,59	54,8	0,71	96,0
MgO	7	0,83 # 0,07	1,50	91,6	1,45	78,6	1,29	43,1
MgO ₂	7	0,58 # 0,03	1,50	940,4	1,45	842,2	1,29	559,2
Al ₂ O ₃	7	0,85 # 0,06	1,62	166,8	1,55	136,8	1,35	69,8
Al ₂ O ₃	8	0,65 # 0,06	1,62	264,1	1,55	225,9	1,35	136,6
SiO ₂	7	0,79 # 0,07	1,75	188,1	1,65	150,8	1,41	78,5
SiO ₂	8	0,57 # 0,05	1,75	557,0	1,65	466,1	1,41	282,3
P ₂ O ₅	8	0,93 # 0,11	1,88	73,8	1,74	54,8	1,47	23,8
CaO	7	1,36 # 0,10	2,50	130,0	2,18	66,7	1,71	12,6
CaO	9	1,45 # 0,09	2,50	136,1	2,18	65,2	1,71	8,6
Sc ₂ O ₃	7	2,78 # 0,20	2,62	0,6	2,26	6,8	1,76	26,1
TiO ₂	7	2,70 # 0,20	2,75	0,1	2,34	3,3	1,80	20,2
TiO ₂	9	1,90 # 0,10	2,75	72,2	2,34	18,9	1,80	1,0
V ₂ O ₃	9	2,19 # 0,18	2,88	14,5	2,41	1,5	1,84	3,7
V ₂ O ₄	9	2,28 # 0,23	2,88	6,7	2,41	0,3	1,84	3,6
V ₂ O ₅	9	2,68 # 0,14	2,88	1,9	2,41	3,7	1,84	35,7
V ₂ O ₅	7	3,10 # 0,20	2,88	1,3	2,41	11,8	1,84	39,4
Cr ₂ O ₃	7	3,00 # 0,17	3,00	0,0	2,49	9,1	1,88	43,1
Cr ₂ O ₃	9	2,04 # 0,11	3,00	76,2	2,49	16,5	1,88	2,9
Cu ₂ O	7	3,80 # 0,90	3,63	0,0	2,84	1,1	2,07	3,7
CuO	7	3,60 # 0,40	3,63	0,0	2,84	3,6	2,07	14,6
CuO	10	6,14 # 0,85	3,63	8,8	2,84	15,1	2,07	22,9
ZnO	7	2,66 # 0,32	3,75	11,6	2,91	0,6	2,11	3,0
ZnO	11	2,22 # 0,07	3,75	477,7	2,91	96,3	2,11	21,6
Y ₂ O ₃	7	1,83 # 0,12	4,88	643,9	3,47	185,8	2,39	21,9
Y ₂ O ₃	9	2,07 # 0,13	4,88	465,6	3,47	115,3	2,39	6,1
ZrO ₂	7	2,38 # 0,16	5,00	268,1	3,52	51,1	2,42	0,1
MoO ₃	7	3,48 # 0,23	5,25	59,2	3,64	0,5	2,48	19,1
CdO	7	6,70 # 1,50	6,00	0,2	3,96	3,3	2,63	7,3
CdO	9	2,47 # 0,22	6,00	257,5	3,96	46,0	2,63	0,6
In ₂ O ₃	7	2,94 # 0,28	6,12	129,4	4,02	14,7	2,66	1,0
SnO ₂	7	3,17 # 0,24	6,25	164,7	4,07	14,0	2,68	4,1
Sb ₂ O ₃	7	3,48 # 0,35	6,38	68,4	4,12	3,3	2,71	4,9
Sb ₂ O ₃	10	2,79 # 0,14	6,38	655,7	4,12	90,0	2,71	0,3
Sb ₂ O ₅	7	1,73 # 0,09	6,38	266,4	4,12	703,9	2,71	118,2
BaO	7	2,27 # 0,22	7,00	462,2	4,37	90,8	2,83	6,4
BaO ₂	7	3,28 # 0,30	7,00	153,8	4,37	13,1	2,83	2,3
Sm ₂ O ₃	7	3,09 # 0,34	7,75	187,9	4,65	21,0	2,96	0,2
Yb ₂ O ₃	7	3,18 # 0,34	8,75	268,4	5,01	28,9	3,12	0,0
PbO ₂	7	4,17 # 0,30	10,25	410,7	5,50	19,8	3,34	7,6
PbO	7	5,80 # 0,70	10,25	40,4	5,50	0,2	3,34	12,3
PbO	10	4,56 # 0,53	10,25	115,3	5,50	3,2	3,34	5,3
Bi ₂ O ₃	7	4,30 # 0,50	10,37	147,6	5,54	6,2	3,36	3,5
UO ₃	7	6,00 # 0,50	11,50	121,0	5,89	0,0	3,51	24,7
Σχ ²				10659		3802,4		1914,1

Таблица IV

Z _m X _n	ССЫЛКА	A(Z/X) _{exp}		Z-закон		формула (1)		формула (3)	
		A	χ ²	A(Z/X)	χ ²	A(Z/X)	χ ²	A(Z/X)	χ ²
LiF	7	0,28	0,03	0,33	3,2	0,23	3,1	0,41	18,6
C ₆ F ₆	12	0,70	0,03	0,67	1,2	0,66	2,1	0,76	3,6
NaF	7	1,56	0,12	1,22	7,9	1,20	9,0	1,13	12,6
AlF ₃	13	0,90	0,30	1,44	3,3	1,38	2,6	1,25	1,4
CdF ₂	13	3,98	0,54	5,33	6,3	3,54	0,7	2,44	8,1
SbF ₃	13	3,69	0,42	5,67	22,1	3,67	0,0	2,51	7,9
PbF ₂	7	4,70	0,40	9,11	121,6	4,91	0,3	3,10	16,1
PbF ₂	14	9,60	1,40	9,11	0,1	4,91	11,2	3,10	21,6
BiF ₃	15	4,74	0,45	9,22	99,2	4,95	0,2	3,11	13,1
UF ₆	15	6,08	0,60	10,22	47,7	5,26	1,9	3,25	22,2
UF ₆	16	2,80	1,20	10,22	38,3	5,26	4,2	3,25	0,1
LiCl	11	0,14	0,02	0,18	3,3	0,13	0,1	0,28	50,0
CCl ₄	8	0,98	0,19	0,35	10,9	0,38	9,9	0,52	5,9
C ₆ Cl ₆	12	0,46	0,02	0,35	28,7	0,38	15,0	0,52	9,0
NaCl	7	1,05	0,08	0,65	25,4	0,70	19,2	0,78	11,5
NaCl	9	0,79	0,03	0,65	21,8	0,70	8,6	0,78	0,1
NaCl	17	0,68	0,04	0,65	0,7	0,70	0,2	0,78	6,1
AlCl ₃	13	0,63	0,21	0,76	0,4	0,81	0,7	0,86	1,2
KCl	6	1,13	0,11	1,12	0,0	1,09	0,1	1,06	0,4
KCl	9	1,15	0,05	1,12	0,4	1,09	1,5	1,06	3,1
KCl	13	1,16	0,11	1,12	0,1	1,09	0,4	1,06	0,8
KCl	17	1,16	0,03	1,12	2,0	1,09	5,7	1,06	10,7
CaCl ₂	6	1,15	0,12	1,18	0,0	1,13	0,0	1,09	0,2
CaCl ₂	7	1,56	0,17	1,18	5,1	1,13	6,4	1,09	7,6
RbCl	9	1,78	0,11	2,18	13,0	1,74	0,1	1,48	7,2
AgCl	16	0,80	0,20	2,76	96,5	2,03	37,9	1,66	18,5
CdCl ₂	13	2,26	0,26	2,82	4,7	2,06	0,6	1,68	5,0
SnCl ₂	13	1,98	0,22	2,94	19,1	2,11	0,4	1,71	1,5
SnCl ₄	13	2,36	0,40	2,94	2,1	2,11	0,4	1,71	2,7
SbCl ₃	13	2,55	0,39	3,00	1,3	2,14	1,1	1,72	4,5
SbCl ₅	13	2,30	0,45	3,00	2,4	2,14	0,1	1,72	1,6
CsCl	6	1,85	0,20	3,24	48,0	2,24	3,9	1,78	0,1
CsCl	6	1,65	0,15	3,24	111,7	2,24	15,7	1,78	0,8
CsCl	11	1,75	0,09	3,24	272,4	2,24	30,1	1,78	0,1
PbCl ₂	7	3,16	0,24	4,82	48,0	2,86	1,6	2,13	18,5
KBr	13	0,42	0,07	0,54	3,1	0,65	10,7	0,73	20,2
CdBr ₂	13	0,95	0,12	1,37	12,3	1,23	5,4	1,16	3,1
LiI	16	0,77	0,30	0,06	5,7	0,06	5,6	0,16	4,1
LiI	18	0,06	0,01	0,06	0,1	0,06	0,0	0,16	100,9
LiI	19	0,32	0,13	0,06	4,1	0,06	4,0	0,16	1,5
NaI	7	0,29	0,04	0,21	4,2	0,32	0,5	0,44	14,8
NaI	19	0,47	0,14	0,21	3,5	0,32	1,2	0,44	0,0
AlI ₃	13	0,48	0,18	0,25	1,7	0,37	0,4	0,49	0,0
KI	7	0,50	0,05	0,36	8,0	0,50	0,0	0,61	4,4
KI	13	0,50	0,08	0,36	3,1	0,50	0,0	0,61	1,7
RbI	19	0,95	0,29	0,70	0,8	0,79	0,3	0,85	0,1
AgI	7	1,45	0,26	0,89	4,7	0,93	4,0	0,95	3,8
CdI ₂	7	1,00	0,20	0,91	0,2	0,94	0,1	0,96	0,0
CdI ₂	13	1,00	0,12	0,91	0,6	0,94	0,3	0,96	0,1
CsI	19	1,31	0,40	1,04	0,5	1,02	0,5	1,02	0,5
PbI ₂	7	1,22	0,11	1,55	8,8	1,30	0,6	1,21	0,0
Σχ ²									
						1130,5	228,8		448,1

Таблица III

Z _m H _n X _k	ССЫЛКА	A(Z _m H _n /X _k) _{exp}		Z-закон		формула (4)	
		A	χ ²	A	χ ²		
C ₃ H ₇ Cl	12	2,03	0,06	1,47	86,9	2,19	6,9
C ₆ H ₅ Cl	12	2,74	0,09	1,94	78,8	2,89	2,7
C(CH ₃) ₃ Cl	12	2,88	0,10	1,94	88,1	2,89	0,0
C ₆ H ₁₃ Cl	12	4,72	0,22	2,88	69,8	4,29	3,9
C ₉ H ₁₉ Cl	12	6,77	0,22	4,29	126,7	6,38	3,1
C ₆ H ₅ F	12	3,73	0,40	4,56	4,3	5,19	13,3
C ₆ H ₅ Cl	12	3,50	0,31	2,41	12,3	3,57	0,0
C ₆ H ₅ Br	12	1,84	0,10	1,17	44,7	2,47	39,5
C ₆ H ₄ Cl ₂	8	2,30	0,20	1,18	31,6	1,74	7,9
C ₆ H ₄ Cl ₂	8	2,10	0,20	1,18	21,3	1,74	3,3
NH ₄ F	12	2,05	0,26	1,22	10,1	1,37	6,9
NH ₄ Cl	12	1,12	0,03	0,65	248,5	0,94	36,2
NH ₄ Cl	12	1,06	0,03	0,65	189,5	0,94	16,1
NH ₄ Br	12	0,48	0,03	0,31	30,5	0,65	32,1
HF ₂ K	8	1,70	0,40	1,00	3,1	1,38	0,6
Σχ ²					1046,1		172,6

Таблица V

Z _m Z' _n	ССЫЛКА	A(Z/Z') _{exp}	Z-закон		формула (1)		формула (3)	
			A(Z/Z')	χ ²	A(Z/Z')	χ ²	A(Z/Z')	χ ²
FeS	6	2,75 # 0,30	1,62	14,1	1,43	19,2	1,29	23,6
FeS ₂	6	2,15 # 0,25	1,62	4,4	1,43	8,2	1,29	11,8
CuS	10	1,89 # 0,18	1,81	0,2	1,55	3,6	1,36	8,6
ZnS	6	2,55 # 0,30	1,88	5,1	1,58	10,4	1,39	15,0
ZnS ₂	11	1,82 # 0,37	1,88	0,0	1,58	0,4	1,39	1,4
Sb ₂ S ₃	10	2,46 # 0,15	3,19	23,5	2,24	2,1	1,78	20,4
PbS	10	2,87 # 0,35	5,12	41,5	3,00	0,1	2,20	3,7
ZnSe	6	4,10 # 0,50	0,88	41,4	0,92	40,5	0,94	39,9
CdTe	6	0,90 # 0,10	0,92	0,1	0,95	0,3	0,96	0,4
CdTe	6	0,85 # 0,11	0,92	0,4	0,95	0,8	0,96	1,1
Σχ ²				130,7		85,7		125,9

CaS	17	1,57 # 0,04	1,25	64,0	1,19	92,2	1,13	122,1
-----	----	-------------	------	------	------	------	------	-------

Таблица VI

Z _m Z' _n	ССЫЛКА	A(Z/Z') _{exp}	Z-закон		формула (1)		формула (3)	
			A(Z/Z')	χ ²	A(Z/Z')	χ ²	A(Z/Z')	χ ²
AgZn	18	2,20 # 0,70	1,57	0,8	1,35	1,5	1,24	1,9
Au _{0,18} Cu	10	1,87 # 0,19	2,72	20,2	1,90	0,0	1,59	2,2
Ag _{0,58} Li	10	20,00 # 5,90	15,67	0,5	15,34	0,6	5,90	5,7
CuAl ₂	15	3,50 # 0,36	2,23	12,4	1,83	21,5	1,53	29,8
CuAl ₂	15	4,16 # 0,50	2,23	14,9	1,83	21,7	1,53	27,6
InSb	6	0,91 # 0,12	0,96	0,2	0,98	0,3	0,98	0,4
InSb	6	1,07 # 0,11	0,96	1,0	0,98	0,7	0,98	0,6
Σχ ²				50,0		46,4		68,2

Cu _{0,47} Al	11	10,30 # 0,43	2,23	352,1	1,83	388,0	1,53	415,6
-----------------------	----	--------------	------	-------	------	-------	------	-------

Таблица VII

M(OH) _n	ССЫЛКА	A ^{(OH)_n} _(M) _{exp}	Z-закон		формула (4)	
			A	χ ²	A	χ ²
NaOH	12	4,81 # 0,61	0,82	42,8	0,93	40,4
KOH	8	2,20 # 0,40	0,47	18,6	0,68	14,4
Ca(OH) ₂	12	6,93 # 0,38	0,90	251,8	1,33	217,1
Al(OH) ₃	12	7,00 # 0,50	2,08	96,9	2,53	79,8
Σχ ²				410,2		351,7

Таблица VIII

№ Таблицы	Z-закон			формула (1)			формула (2) - (4)		
	n	χ ²	χ ² _γ	n	χ ²	χ ² _γ	n	χ ²	χ ² _γ
I	18	3762	209,0	12	3137	261,4	18	37	2,1
II	45	10659	236,9	45	3802	84,5	45	1914	42,5
III	15	1046	69,7				15	173	11,5
IV	51	1131	22,2	51	229	+ 4,5	51	448	8,8
V	10	131	13,1	10	86	+ 8,6	10	126	12,6
VI	7	352	50,3	7	388	+ 55,4	7	416	59,4
Σ I-VI	146	17081	117,0	125	7642	61,1	146	3114	21,3

ЛИТЕРАТУРА

1. E.Fermi, E.Teller. Phys.Rev., **72**, 399 (1947).
2. H.Daniel. Phys.Rev.Letters, **35**, 1649 (1975).
3. В.И.Петрухин, В.М.Суворов. ЭТФ, **70**, 1145 (1976).
4. В.И.Петрухин, М.Д.Прокошкин, А.И.Жилипов. ИФ, **6**, 1008 (1967).
5. В.Г.Будяшов, В.Г.Зинов, А.Д.Кочин, А.И.Мухин. ИФ, **5**, 830 (1967).
6. G.Grin, R.Kunselman. Phys.Letters, **31B**, 116 (1970).
7. В.Г.Зинов, А.Д.Кочин, А.И.Мухин. ИФ, **2**, 859 (1965).
8. J.C.Sens, R.A.Swanson, V.L.Teleghi, D.D.Yovanovitch. Nuovo Cimento, **7**, 536 (1958).
9. J.D.Knight, C.J.Orth, M.E.Schillaci, R.A.Naumann, H.Daniel, K.Springer, H.V.Knowles. Phys.Rev., **13A**, 43 (1976).
10. J.S.Baijal, J.A.Diaz, S.N.Kaplan, R.V.Pyle. Nuovo Cimento, **30**, 711 (1963).
11. В.Д.Бобров, В.Г.Варламов, М.М.Грашин, В.А.Долгошеин, В.Г.Кириллов-Угрюмов, В.С.Роганов, А.В.Самойлов, С.В.Сомов. ЭТФ, **48**, 1197 (1965).

12. Л.К.Гольданский, А.А.Джураев, В.С.Евсеев, В.Д.Обухов,
В.С.Роганов, М.И.Фронтасьева, Н.Н.Холодов.
ДАН, 211, 316 (1973).
13. A.Brandão d'Oliviera, H.Daniel, T.von Egidy.
Phys.Rev., 13A, 1772 (1976).
14. A.Astbury, P.M.Hattersley, M.Hussain, M.A.R.Kemp,
H.Muirhead. Nuovo Cimento, 18, 1267 (1960).
15. M.Eckhause, T.A.Fillipas, R.B.Sutton, R.E.Welsh,
T.A.Romanowski. Nuovo Cimento, 24, 666 (1962).
16. G.Backenstoss, B.Block, B.Chidley, R.Reiter,
T.Romanowski, R.Siegel, R.Sutton.
Bull.Am.Phys.Soc., II. 4, 273 (1959).
17. L.F.Mausner, R.A.Naumann, J.A.Monard, S.N.Kaplan.
Phys. Letters, 56B, 145 (1975).
18. J.F.Lathrop, R.A.Lundy, R.A.Swanson, V.L.Telegdi,
D.D.Yovanovitch. Nuovo Cimento, 15, 831 (1960).
19. V.S.Butsev, D.Chultem, Yu.K.Gavrilov, Dz.Ganzorig,
Yu.V.Norseev, P.V.Presperin. JINR, E15-9658, Dubna,
1976.
20. З.В.Крумштейн, В.И.Петрухин, В.Л.Рисин, Л.М.Смирнова,
С.М.Суворов, И.А.Атлантов.
ЭТФ, 65, 455 (1973).
21. И.Вильгельмова, П.Зимрот, В.И.Петрухин, В.Л.Рисин,
Л.М.Смирнова, С.М.Суворов, И.А.Атлантов.
ЭТФ, 65, 24 (1973).
22. H.Daniel, H.J.Pfeiffer, K.Springer.
Phys.Letters, 44A, 447 (1973).

Рукопись поступила в издательский отдел
12 ноября 1976 года.