

Вестник МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 1 — 1971

УДК 535.212+537.56

В. В. БАЛАШОВ, С. С. ЛИПОВЕЦКИЙ, А. В. ПАВЛИЧЕНКОВ,
А. Н. ПОЛЮДОВ, В. С. СЕНАШЕНКО

АВТОИОНИЗАЦИОННЫЕ СОСТОЯНИЯ В ГЕЛИЕПОДОБНЫХ ИОНАХ

В диагонализационном приближении рассчитаны положения и ширины нескольких низших синглетных и триплетных $S^{(+)}$, $P^{(-)}$ и $D^{(+)}$ резонансов для всей последовательности гелиеподобных ионов от Li^+ до четырехзарядного иона углерода. Полученные результаты сравниваются с имеющимися экспериментальными и теоретическими данными.

В настоящей работе на основе результатов, полученных в [1], проведены расчет и классификация автоионизационных состояний в гелиеподобных ионах, сходящихся к порогу $n=2$ иона — остатка. Изучение свойств этих состояний представляет интерес для понимания ряда плазменных и астрофизических явлений [2]. Некоторые из них будут рассмотрены нами позднее.

Состояния $1,3S^{(+)}$

Расчет $1,3S^{(+)}$ -состояний выполнен с использованием базиса, включающего конфигурации $2sns$, $2pnp$, $3sns$, $3pnp$, $3dnd$; $n \leq 5$. Результаты представлены в табл. 1а и 2.

Возможность сравнения полученных результатов с расчетами других авторов имеется только для атома гелия. Положение и ширины нижайших $1S^{(+)}$ -состояний, полученные в настоящей работе, неплохо согласуются с результатами расчетов по методу сильной связи [3] и близки к результатам работы Липского и Рашека [4], полученным диагонализацией матрицы значительно более высокого порядка. Вариационные расчеты положений и ширин двух низших $1S^{(+)}$ -состояний для изоэлектронной последовательности от He до B^{3+} из работы Перрота и Стюарта также хорошо согласуются с нашими результатами.

Расчеты $3S^{(+)}$ -состояний в гелии были выполнены ранее по методу сильной связи [3]. Ширины $3S^{(+)}$ -состояний оказываются значительно меньше, чем для $1S^{(+)}$. Наши расчеты хорошо согласуются с данными этой работы для автоионизационных состояний с большими ширинами, однако заметное различие в ширинах имеется для очень узких

резонансов. Для гелиеподобных ионов расчеты характеристик ${}^3S(+)$ автоионизационных состояний нам неизвестны.

Анализ структуры волновых функций ${}^{1,3}S(+)$ -состояний указывает на возможность введения (\pm) классификации этих состояний [5] на базе комбинаций типа $\frac{1}{\sqrt{2}} [2sns \pm 2pnp]$ (см. табл. 1). Сравнение с результатами Липского и Рашека [4] показывает, что такая классификация оказывается более строгой, чем предложенная ранее классификация по признаку максимальной суммы квадратов весовых коэффициентов (ss) или (pp) конфигураций, включаемых в базис.

Таблица 1а

Характеристики ${}^{1,3}S(+)$ автоионизационных состояний в гелие

Номер состояния и (\pm) классификация	Характеристики состояний: энергии $E(\text{эВ})$ и ширины $\Gamma \cdot 10^3(\text{эВ})$					Суммы квадратов (+), (—) и ($n=3$) компонентов волновых функций			
	настоящий расчет	расчеты других авторов				эксперимент [9]	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{n=3} ^2$
		[3]	[4]	[12]	[10]				
1(+)	57,9332	————— ${}^1S(+)$ —————							
	140,31	57,8649 140,6	57,94	57,8778 142,85	57,997 250	57,82	0,9403	0,0594	0,0003
2(—)	62,3092 1,0955	62,8082 18,80	62,30	62,2218 5,578	62,765 3,72	62,15	0,0352	0,9261	0,0387
3(+)	63,0209 44,217	63,0088 32,50	63,01			62,95	0,9728	0,0225	0,0047
4(—)	64,1364 1,2466	64,1822 15,90	64,11				0,0268	0,9692	0,0040
5(+)	64,2096 16,150	64,2162 3,022	64,19			64,22	0,9721	0,0225	0,0024
1(+)	62,6324 0,1154	62,6205 0,1812	————— ${}^3S(+)$ —————						
							0,9758	0,0238	0,0004
2(—)	63,7933 0,0004	63,8222 0,0075					0,0161	0,9808	0,0031
3(+)	64,0858 0,0556	64,0763 0,0851					0,9877	0,0122	0,0001
4(—)	64,5836 0,0006	64,5336 0,0042					0,0120	0,9866	0,0014

Состояния ${}^{1,3}P(-)$

Положения и ширины ${}^{1,3}P(-)$ -состояний были получены путем диагонализации матрицы десятого порядка с включением конфигураций: $2snr$, $2pns$, $2rpd$; $n \leq 5$. Результаты расчетов даны в табл. 1б и 3.

Таблица 16

Характеристики $^3P(-)$ автоионизационных состояний в гелие

Номер состояния и (\pm) классификация	Характеристики состояний: энергии $E(\text{эВ})$ и ширины $\Gamma \cdot 10^3(\text{эВ})$					Суммы квадратов (+), (-) и (pd) компонентов волновых функций			
	настоящий расчет	расчеты других авторов				эксперимент [9]	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(pd)} ^2$
		[3]	[4]	[11]	[10]				
1(+)	58,4068 22,037	58,3599 10,64	58,38	58,2984 8,4	58,45 33	58,34	0,9869	0,0004	0,0128
2(+)	63,1747 6,4691	63,1412 3,101	63,12	63,097 2,7		63,08	0,9524	0,0005	0,0471
3(-)	63,2861 0,0361	63,2757 0,0776	63,25	63,274 0,053			0,0088	0,7455	0,2447
4(d)	64,1207 0,0228	64,1211 0,0045	64,06	64,100 0,0051			0,0328	0,3220	0,6454
5(+)	64,2718 2,6714	64,2551 1,231	64,23			64,22	0,9408	0,0009	0,0583
6(-)	64,3450 0,0145	64,3336 0,0316	64,32				0,0260	0,6459	0,3281

Таблица 1в

Характеристики $1,3D(+)$ автоионизационных состояний в гелие

Номер состояния и (\pm) классификация	Характеристики состояний: энергии $E(\text{эВ})$ и ширины $\Gamma \cdot 10^3(\text{эВ})$					Суммы квадратов ($2p^2$), (+), (-) и (pf) компонентов волновых функций				
	настоящий расчет		расчеты других авторов			эксперимент [9]	$ \alpha_{2p^2} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(pf)} ^2$
	9-9	20-20	[7]	[8]	[13]					
			——— $^1D(+)$ ———							
1($2p^2$)	60,1108 82,799	60,0584 80,709	60,115 74,8	60,025 73,2	59,993 71,8	60,0	0,7575	0,0079	0,2305	0,0002
2(-)	63,5974 18,001	63,5688 18,214	63,601 17,9	63,575 16,5			0,0458	0,0358	0,9003	0,0139
3(+)	63,9004 0,4036	63,8795 0,7501	63,904 0,404	63,897 0,283			0,0003	0,8676	0,0285	0,1014
4(-)	64,4755 11,388	64,4561 10,761	64,480 11,6	64,429 7,1			0,0210	0,0221	0,9321	0,0217
5(+)	64,6342 0,3065	64,6234 0,6273	64,638 0,311	64,557 0,168			0,0001	0,9198	0,0248	0,0544
			——— $^3D(+)$ ———							
1(-)	63,1574 0,0131	63,1471 0,0140	63,157 0,012	63,141 0,0014				0,0727	0,9210	0,0051
2(+)	63,7973 0,2539	63,7642 0,2344	63,797 0,253	63,796 0,248				0,8569	0,0515	0,0872
3(-)	64,2844 0,0050	64,2823 0,0056	64,284 0,0053	64,273 0,0005				0,0467	0,9370	0,0161
4(+)	64,5588 0,2012	64,5419 0,1734	64,559 0,205	64,509 0,128				0,8771	0,0337	0,0877

Таблица 2

Характеристики $1,3S(+)$ автоионизационных состояний гелиеподобных ионов

Номер состояния и (±) класси- фикации	$E(\text{эв})$ и $\Gamma \cdot 10^3(\text{эв})$		Суммы квадратов (+), (-) и ($n=3$) компонентов волновых функций			$E(\text{эв})$ и $\Gamma \cdot 10^3(\text{эв})$		Суммы квадратов (+), (-) и ($n=3$) компонентов волновых функций		
	настоя- щий расчет	[12]	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(n=3)} ^2$	настоя- щий расчет	[12]	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(n=3)} ^2$
	Li ⁺ (1S(+))					Be ²⁺ (1S(+))				
1(+)	146,3191 195,42	146,211 172,8	0,9331	0,0667	0,0002	275,522 215,32	275,383 186,4	0,9294	0,0705	0,0001
2(-)	154,1994 1,3527	153,743 6,5848	0,0532	0,9216	0,0207	286,896 2,8274	286,169 7,564	0,0628	0,9272	0,0100
3(+)	159,6815 84,913		0,9592	0,0376	0,0032	300,926 103,72		0,9518	0,0461	0,0021
4(-)	162,1760 0,2599		0,0281	0,9698	0,0021	304,962 0,6743		0,0398	0,9586	0,0016
5(+)	163,3721 35,786		0,9728	0,0254	0,0018	308,463 48,543		0,9611	0,0376	0,0013
	Li ⁺ (3S(+))					Be ²⁺ (3S(+))				
1(+)	158,898 0,3038		0,9724	0,0275	0,0001	299,755 0,4044		0,9706	0,0293	0,0001
2(-)	161,099 0,0051		0,0238	0,9744	0,0018	302,993 0,0136		0,0272	0,9717	0,0011
3(+)	163,023 0,1947		0,9807	0,0192	0,0001	308,013 0,2878		0,9771	0,0228	0,0001
4(-)	163,978 0,0026		0,0171	0,9826	0,0003	309,407 0,0082		0,0213	0,9785	0,0002
	B ³⁺ (1S(+))					C ⁴⁺ (1S(+))				
1(+)	445,560 223,66	445,400 194,55	0,9272	0,0727	0,0001	656,465 227,56		0,9258	0,0742	<0,0001
2(-)	460,343 4,1967	459,465 8,299	0,0679	0,9261	0,0060	674,624 5,2944		0,0709	0,9251	0,0040
3(+)	486,769 112,21		0,9474	0,0511	0,0015	717,250 116,24		0,9447	0,0542	0,0011
4(-)	492,408 1,3211		0,0470	0,9516	0,0014	724,489 1,9497		0,0514	0,9473	0,0013
5(+)	499,465 54,269		0,9544	0,0466	0,0010	736,416 56,310		0,9506	0,0486	0,0008

Номер состояния и (+) классифи- кация	$E(\text{эв})$ и $\Gamma \cdot 10^3 (\text{эв})$		Суммы квадратов (+), (-) и ($n=3$) компонентов волновых функций			$E(\text{эв})$ и $\Gamma \cdot 10^3 (\text{эв})$		Суммы квадратов (+), (-) и ($n=3$) компонентов волновых функций		
	настоя- щий расчет	[12]	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(n=3)} ^2$	настоя- щий расчет	[12]	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(n=3)} ^2$
			$B^{3+}(^3S(+))$					$C^{4+}(^3S(+))$		
1(+)	485,225 0,4573		0,9696	0,0304	<0,0001	715,341 0,4875		0,9689	0,0310	0,0001
2(-)	489,488 0,0213		0,0290	0,9703	0,0007	720,620 0,0273		0,0302	0,9694	0,0004
3(+)	498,859 0,3362		0,9752	0,0248	<0,0001	735,669 0,3618		0,9741	0,0259	<0,0001
4(-)	500,782 0,0144		0,0238	0,9761	0,0001	738,112 0,0197		0,0253	0,9746	0,0001

Мы не приводим результатов расчета $^1P(-)$ -состояний для He, Li^+ и Be^{2+} , которые подробно обсуждались в работе [1]. Рассмотрим (d)-уровень этой серии. Его распад в гелии сильно подавлен, что объясняется компенсацией вклада отдельных $2snp$ и $2pns$ компонентов. При переходе от атома He к иону Li^+ ширина этого уровня сильно возрастает. Это связано со значительным уменьшением веса $2pns$ конфигураций в волновой функции этого уровня. Такая ситуация сохраняется для всех членов изоэлектронной последовательности вплоть до четырехзарядного иона углерода. Начиная с Li^+ (d)-уровень меняется местами с уровнем (4^-), а его ширина медленно растет с увеличением Z . Особенно важным оказывается сравнение результатов расчета для $^3P(-)$ с данными, полученными по методу сильной связи [2]. Заметные расхождения в значениях ширин, получаемых этими методами, существуют не только для узких резонансов, как в случае $^3S(+)$ -состояний, но и для широких.

Поведение ширины резонансов Γ в зависимости от заряда иона для различных состояний различно. Как правило, в случае уровней с большой шириной величина Γ монотонно возрастает с увеличением Z . Это соответствует простым одночастичным оценкам. Для узких резонансов в отдельных случаях наблюдается уменьшение ширины при переходе к более тяжелым ионам. Такая зависимость Γ от Z обусловлена большой чувствительностью этой величины к характеру конфигурационного смешивания.

Расчеты характеристик автоионизационных $^1,^3P(-)$ -состояний ионов изоэлектронной последовательности гелия в литературе отсутствуют. Исключение составляет нижайшее состояние этих серий, для которого результаты работы [6] хорошо согласуются с полученными в нашей работе.

Состояния $^1,^3D(+)$

Расчеты $^1,^3D(+)$ -состояний выполнены в двух вариантах. В первом варианте проводилась диагонализация матрицы на базисе configura-

Таблица 3

Характеристики $1,3P(-)$ автоионизационных состояний гелиеподобных ионов

Номер состояния и (\pm) классифи- кации	$E(\text{эв})$ и $\Gamma \cdot 10^3$ (эв)		Суммы квадратов (+), (-) и (pd) компонентов волновых функций			$E(\text{эв})$ и $\Gamma \cdot 10^3$ (эв)		Суммы квадратов (+), (-) и (pd) компонентов волновых функций		
	насто- ящий расчет	[6]	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(pd)} ^2$	насто- ящий расчет	[6]	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(pd)} ^2$
	Li ⁺ (³ P(-))					Be ²⁺ (³ P(-))				
1(+)	147,0791 19,518	146,8655	0,9942	0,0001	0,0057	276,5606 17,296	276,3281	0,9968	0,0001	0,0032
2(+)	159,9664 8,0188		0,9693	0,0035	0,0271	301,3208 7,8894		0,9742	0,0038	0,0220
3(-)	160,0689 0,1877		0,0018	0,7634	0,2348	301,4380 0,2638		0,0009	0,7732	0,2259
4(d)	161,8271 0,0169		0,0289	0,2500	0,7211	304,0672 0,0089		0,0254	0,2308	0,7438
5(+)	163,4855 3,4189		0,9510	0,0001	0,0489	308,6295 3,7532		0,9586	0,0001	0,0413
6(-)	163,5873 0,0367		0,0149	0,7082	0,2769	308,7840 0,0725		0,0112	0,7305	0,2583
	B ³⁺ (¹ P(-))					C ⁴⁺ (¹ P(-))				
1(+)	453,6352 88,088		0,9799	0,0012	0,0189	666,4289 95,682		0,9863	0,0008	0,0129
2(-)	485,7336 0,2464		0,0001	0,9503	0,0497	715,9648 0,2473		0,0001	0,9517	0,0483
3(+)	490,2365 37,912		0,9092	0,0055	0,0853	721,6641 43,926		0,9171	0,0045	0,0784
4(d)	492,0483 0,4542		0,0942	0,0478	0,8580	723,9216 0,6324		0,0861	0,0461	0,8678
5(-)	499,1013 0,1658		0,0001	0,9358	0,0642	735,9697 0,1701		0,0001	0,9383	0,0616
6(+)	501,0468 18,329		0,9165	0,0056	0,0780	738,4878 22,405		0,9295	0,0041	0,0664
	B ³⁺ (³ P(-))					C ⁴⁺ (³ P(-))				
1(+)	446,8730 15,743		0,9980	<0,0001	0,0020	658,0510 14,645		0,9986	<0,0001	0,0014
2(+)	487,2641 7,4987		0,9753	0,0018	0,0229	717,8398 7,1211		0,9746	0,0005	0,0249
3(-)	487,4136 0,2459		0,0015	0,7805	0,2179	718,0316 0,2155		0,0031	0,7849	0,2120

Номер состояния и (\pm) класси- фикации	$E(\varepsilon\theta)$ и $\Gamma \cdot 10^3(\varepsilon\theta)$		Суммы квадратов (+), (-) и (pd) компонентов волновых функций			$E(\varepsilon\theta)$ и $\Gamma \cdot 10^3(\varepsilon\theta)$		Суммы квадратов (+), (-) и (pd) компонентов волновых функций		
	настоя- щий расчет	[6]	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(pd)} ^2$	настоя- щий расчет	[6]	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(pd)} ^2$
4(d)	490,8875 0,0048		0,0236	0,2220	0,7544	722,3336 0,0028		0,0227	0,2172	0,7601
5(+)	499,6788 3,6858		0,9605	<0,0001	0,0395	736,6732 3,4924		0,9603	0,0001	0,0396
6(-)	499,9054 0,0922		0,0111	0,7421	0,2468	736,9818 0,1021		0,0120	0,7483	0,2397

ции $2pnp$, $2snd$, $2pnf$; $n \leq 5$ только для He в полном соответствии с расчетами работы Алтика и Мура [7]. Значения Γ вычислены с точной энергией электрона в непрерывном спектре в отличие от работы [7], где энергия свободного электрона бралась одинаковой для всех рассмотренных состояний. Вычисленные значения Γ даны в табл. 1в; они очень близки к полученным в работе [7]. Расчеты во втором варианте были выполнены для всех ионов изоэлектронной последовательности гелия с включением в число базисных состояний конфигураций, сходящихся к порогу $n=3$ иона — остатка: $3pnp$, $3dnd$, $3pnf$, $3snd$, $n \leq 5$; это увеличивает размерность базиса до 20. Сравнение результатов этого расчета в случае He с первым вариантом показывает, что приращивание состояний, сходящихся к $n=3$, мало влияет (см. табл. 1в) на положение и ширины нижайших состояний двухэлектронного возбуждения, сходящихся к порогу $n=2$. Сравнение с расчетами Купера и др. [8], выполненными по методу сильной связи, указывает на существование заметных различий между результатами, полученными двумя методами в случае узких резонансов. Для более широких резонансов имеется удовлетворительное соответствие полученных данных и результатов расчета по методу сильной связи. Основные результаты расчета состояний $1,3D^{(+)}$ в гелиеподобных ионах приведены в табл. 4.

В заключение авторы благодарят С. И. Гришанову и И. М. Круглову, принимавших участие в работе в начальной ее стадии, а также А. Ф. Никифорова и В. Б. Уварову за советы по поводу проведения вычислений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Balashov V. V., Grishanova S. I., Kruglova I. M., Senashenko V. S. Phys. Lett., 27A, 101, 1968; Балашов В. В., Гришанова С. И., Круглова И. М., Сенашенко В. С. «Оптика и спектроскопия», 28, 859, 1970.
2. Burgess A. In «Autoionization», ed. by Temkin, Mono Book, Corp. Baltimore, 1966.
3. Burke P. G., McVicar D. Proc. Phys. Soc., 86, 989, 1965.
4. Lipsky L., Russek A. Phys. Rev., 142, 59, 1966.
5. Cooper J. W., Fano U., Prats E. Phys. Rev. Lett., 10, 518, 1963.
6. Chan Y. M. C., Stewart A. L. Proc. Phys. Soc., 90, 619, 1967.

Характеристики $1,3D^+$ автоионизационных состояний гелиподобных ионов

Номер состояния и классификация	$E(\epsilon\epsilon)$ и $\Gamma \times 10^3(\epsilon\epsilon)$		Суммы квадратов $(2p^2)$, $(+)$, $(-)$ и (ρf) компонентов волновых функций			$E(\epsilon\epsilon)$ и $\Gamma \times 10^3(\epsilon\epsilon)$			Суммы квадратов $(2p^2)$, $(+)$, $(-)$ и (ρf) компонентов волновых функций			
	настоящий расчет	[13]	$ a_2 p^2 ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+) } ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-) } ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(\rho f) } ^2$	настоящий расчет	[13]	$ a_2 p^2 ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(+) } ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(-) } ^2$	$\sum_{\mu} \alpha_{\mu}^{(\rho f) } ^2$
$1(2p^2)$	150,199 135,09	149,952 112,5	0,8906	0,0034	0,1035	0,0003	281,156 166,43	280,790 138,1	0,9413	0,0018	0,0553	0,0002
$2(-)$	160,871 40,254		0,0377	0,0254	0,9222	0,0103	302,768 54,331		0,0275	0,0196	0,9425	0,0068
$3(+)$	161,498 6,1216		0,0001	0,9169	0,0267	0,0539	303,826 13,993		0,0001	0,9440	0,0218	0,0320
$4(-)$	163,835 16,00		<0,0101	0,0114	0,9532	0,0230	309,230 22,670		0,0071	0,0066	0,9666	0,0179
$5(+)$	164,093 3,1459		<0,0001	0,9576	0,0131	0,0285	309,621 40,172		<0,0001	0,6333	0,0181	0,3483
$1(-)$	159,871 0,0115		0,0898	0,9076	0,0204	0,0204	301,188 0,0075		0,0984	0,9002	0,0010	0,0010
$2(+)$	161,016 0,6569		0,8764	0,0794	0,0410	0,0410	302,851 0,9487		0,8828	0,0926	0,0225	0,0225
$3(-)$	163,498 0,0062		0,0599	0,9272	0,0128	0,0128	308,660 0,0047		0,0697	0,9196	0,0106	0,0106
$4(+)$	163,899 0,3310		0,8702	0,0417	0,0871	0,0871	309,266 0,5228		0,8804	0,0534	0,0656	0,0656

Номер состояния и (±) классификация	$E(\varepsilon e)$ и $\Gamma \times 10^3(\varepsilon e)$		Суммы квадратов $(2\rho^2)$, $(+)$, $(-)$ и (ρf) компонентов волновых функций				$E(\rho e)$ и $\Gamma \times 10^3(\rho e)$		Суммы квадратов $(2\rho^2)$, $(+)$, $(-)$ и (ρf) компонентов волновых функций			
	настоящий расчет	[13]	$ a_2\rho^2 ^2$	$\sum \mu \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum \mu \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum \mu \alpha_{\mu}^{(\rho f)} ^2$	настоящий расчет	[13]	$ a_2\rho^2 ^2$	$\sum \mu \alpha_{\mu}^{(+)} ^2$	$\sum \mu \alpha_{\mu}^{(-)} ^2$	$\sum \mu \alpha_{\mu}^{(\rho f)} ^2$
1($2\rho^2$)	452,931 185,03	452,485 156,0	0,9642	0,0011	0,0337	0,0001	665,562 196,95	—	0,9761	0,0007	0,0224	0,0001
2($-$)	489,230 61,460		0,0197	0,0175	0,9557	0,0045	720,301 64,905		0,0144	0,0167	0,9639	0,0030
3($+$)	490,801 20,835		<0,0001	0,9587	0,0192	0,0205	722,426 25,951		<0,0001	0,9668	0,0179	0,0139
4($-$)	500,538 27,210		0,0051	0,0052	0,9750	0,0133	737,771 29,420		0,0037	0,0050	0,9793	0,0109
5()	501,067 3,2235		<0,0001	0,3591	0,0160	0,6246	738,469 3,1568		<0,0001	0,2875	0,0145	0,6978
1($-$)	487,115 0,0048		0,1032	0,8960	0,0006	0,0006	717,684 0,0032		0,1061	0,8933	0,0004	0,0004
2($+$)	489,289 1,1320		0,8852	0,0996	0,0138	0,0138	720,364 1,2507		0,8860	0,1037	0,0092	0,0092
3($-$)	499,744 0,0033		0,0748	0,9155	0,0096	0,0096	736,782 0,0023		0,0773	0,9136	0,0091	0,0091
4($+$)	500,572 0,6671		0,8860	0,0604	0,0532	0,0532	737,832 0,7589		0,8880	0,0637	0,0480	0,0480

7. Altick P. L., Moore E. N. Proc. Phys. Soc., **92**, 853, 1967.
8. Cooper J. W., Ormonde S., Humphrey C. H., Burke P. C. Proc. Phys. Soc., **91**, 285, 1967.
9. Rudd M. E. Phys. Rev. Lett., **13**, 503, 1964.
10. Проппин Р. Х. «Оптика и спектроскопия», **8**, 300, 1960.
11. Bhatia A. K., Temkin A. Phys. Rev., **182**, 15, 1969.
12. Perrott P. H., Stewart A. L. J. Phys., **B1**, No. 6, 1968.
13. Perrott P. H., Stewart A. L. J. Phys., **B1**, 381, 1968.

Поступила в редакцию
9.3 1970 г.

НИИЯФ