

ГАРМОНИЧЕСКОЕ ЕДИНСТВО СПЕКТРА АТОМА

© Верин О.Г.

Контакт с автором verinOG@list.ru

Открытие законов формирования электронных оболочек атомов [1] дает возможность совершенно по-новому взглянуть на природу атомных спектров. В частности, дробные значения главного квантового числа свидетельствуют о возбуждении кратных резонансов электронных оболочек атомов и составляют для каждого атома свой особый «набор».

Однако при всем многообразии спектров отчетливо проявляются закономерности, говорящие о гармоническом единстве каждого атома, что, несомненно, станет надежным ориентиром для исследователей и найдет применение при анализе и систематизации атомных спектров.

Данная статья является продолжением работы по изучению свойств электронных оболочек на основе надежно подтвержденных экспериментами справочных данных о физических характеристиках атомов.

Анализ экспериментальных данных [1] показал, что электронные оболочки атомов являются резонансными образованиями, и поэтому постулат Бора о квантовании момента количества движения электрона вокруг ядра атома на самом деле является условием резонанса: электронная оболочка содержит в себе целое количество длин волн электрона h/p (хотя математически это одно и то же):

$$2\pi R = n\lambda = n\frac{h}{p}, \quad pR = n\hbar, \quad (h = 2\pi\hbar). \quad (1)$$

Число n называется *главным квантовым числом*, R – радиус электронной оболочки, p – импульс электрона, h – постоянная Планка.

Таким образом, выражение (1) задает «разрешенные» резонансные значения пространственного волнового коэффициента для электронной оболочки

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{n}{R}. \quad (2)$$

Установлено также, что главное квантовое число может приобретать дробные значения (N_1/N_2) за счет возбуждения кратных гармоник. Для определения конкретных величин были использованы справочные данные о потенциалах ионизации атомов. В частности, для атомов, имеющих один электрон на внешней оболочке (водородоподобных атомов) эти расчеты наиболее просты и подтвердили наличие кратных резонансов в электронных оболочках.

Приведем соответствующие расчеты для атома лития. Длина волны электрона определялась, исходя из его кинетической энергии, которая, в свою очередь, численно соответствует потенциалу ионизации

$$\frac{p^2}{2m} = e\varphi_i, \quad p = (2me\varphi_i)^{1/2}. \quad (3)$$

Поэтому длина волны электрона и условный радиус R_λ (определяющий пространственный волновой коэффициент) определяются из формул:

$$\lambda = 2\pi R_\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{(2me\varphi_i)^{1/2}}, \quad \frac{R_\lambda}{R_B} = \frac{h}{2\pi R_B (2me\varphi_i)^{1/2}}. \quad (4)$$

Например, подставляя в (4) потенциал ионизации лития 5,39 эВ, получаем следующие конкретные величины:

$$\lambda = 5,296 \cdot 10^{-10} \text{ м}, \quad R_\lambda = 0,843 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 1,593 R_B.$$

Здесь R_B – радиус Бора, а условный радиус R_λ (показатель скорости пространственных волновых изменений) фактически представлен уже в (2).

Таким образом, **внешняя электронная оболочка лития характеризуется главным квантовым числом ($n=1,593$), которое не является целым и находится в промежутке между 1 и 2!**

Однако в действительности внешняя электронная оболочка лития также является резонансной - с целым количеством длин волн. Достигается это **за счет возбуждения более высокочастотной гармоник**.

Для атома лития целое число длин волн $N_1=8$, характеризующее резонанс внешней электронной оболочки, оказалось результатом умножения числа 1,593 на число $N_2=5,02$, указывающее на номер гармонической составляющей. То есть, пятая гармоника «возбуждает» восемь длин волн резонанса электронной оболочки лития. При этом формула для реального радиуса оболочки оказывается справедливой и при значении n , отличном от целого числа

$$R = n^2 R_B = (1,593)^2 R_B = 2,54 R_B. \quad (5)$$

Эта величина действительно соответствует реальному значению радиуса внешней электронной оболочки лития, получающемуся из выражения для потенциала ионизации одноэлектронной внешней оболочки атома [1]

$$e\varphi_i = \frac{e^2}{8\pi\epsilon R}, \quad R = \frac{e}{8\pi\epsilon\varphi_i} = 2,52 R_B \quad (\varphi_i = 5,39 \text{ эВ}). \quad (6)$$

Так как атомов, подобных литию, с одним электроном на внешней электронной оболочке довольно много, то были проведены аналогичные расчеты и для них. Результаты всех расчетов сведены в таблице, которую мы здесь воспроизводим с тем, чтобы было удобно эти данные сравнить с аналогичными расчетами для возбужденных энергетических уровней.

Приведенные в таблице 1 цифры говорят о закономерном характере полученных результатов: внешние оболочки рассмотренных атомов в невозбужденном состоянии имеют *дробные значения главного квантового числа*. При этом, главные квантовые числа выражаются величинами, близкими к обычным дробям, в числителе и в знаменателе которых стоят целые числа.

Таким образом, в работе [1] было установлено, что Природа использует в электронных оболочках не только «простые» резонансы, но и возбуждаемые на кратных гармонических составляющих, в результате чего атомы более компактны

и, одновременно, обладают способностью «разместить» в электронных оболочках большое количество электронов (в пучностях резонансов оболочек).

Невозбужденные внешние электронные оболочки атомов. Таблица 1

Атом	$\varphi_1, \text{эВ}$	n	n^2	R/R_B	$n \approx N_1/N_2$
3 (Li)	5,39	1,593	2,54	2,52	8/5,02
11 (Na)	5,138	1,632	2,66	2,65	5/3,06
19 (K)	4,339	1,775	3,15	3,13	7/3,94
55 (Cs)	3,893	1,875	3,51	3,49	15/8,00
37 (Rb)	4,176	1,81	3,27	3,26	9/4,97
47 (Ag)	7,574	1,342	1,8	1,79	4/2,98
78 (Pt)	8,96	1,236	1,53	1,52	5/4,04
81 (Tl)	6,106	1,498	2,24	2,23	3/2,00

Дополнительным подтверждением этой закономерности является аналогичное явление, обнаруженное при анализе возбужденных состояний атомов и соответствующих спектров поглощения (излучения) атомов.

В качестве примера в работе [1] был рассмотрен спектр атома лития. На рис. 1 показана диаграмма Гротриана для атома лития [2], которая изображает совокупность возбужденных энергетических уровней и переходов между ними.

Для удобства анализа этой диаграммы были произведены некоторые дополнительные вычисления.

Во-первых, уровни энергии нам удобнее отсчитывать не от самого низкого уровня, соответствующего энергии ионизации (как это сделано на диаграмме), а от «абсолютного» нуля (то есть, от энергии на бесконечном расстоянии от атома).

Во-вторых, были рассчитаны все те же характеристики электрона для возбужденных уровней, что и в таблице 1.

Итоговая таблица 2 включает в себя также главное квантовое число n (первый столбец), которым помечен каждый возбужденный уровень на диаграмме (рис. 1). Это сделано для сравнения с расчетным n (отношением N_1/N_2).

Результаты, отраженные в таблице 2, оказались весьма красноречивыми. Расчетные величины главного квантового числа (n расч.) в большинстве случаев с хорошей точностью совпадают с целочисленными значениями (первый столбец), которыми отмечены соответствующие уровни на диаграмме Гротриана.

Однако в шести случаях (почти по каждому третьему возбужденному уровню) составители диаграммы, видимо, долго не могли определиться с главным квантовым числом, так как оно должно быть дробным (N_1/N_2), а не целым, как это указано на диаграмме. При этом числа N_1 , и N_2 определяются с хорошей точностью простыми расчетами.

Итак, возбужденные уровни энергии лития приблизительно в 2/3 случаев соответствуют целочисленным (обычным) значениям n , а в 1/3 случаев - дробным значениям главного квантового числа. Эти последние уровни на диаграмме Гротриана «вынужденно» помечены ближайшими целочисленными значениями.

Возбужденные состояния атома лития

Таблица 2

<i>n</i> из диагр.	<i>W</i> , эВ из диагр.	<i>W</i> , эВ абсол.	<i>n</i> расч.	<i>n</i> ² расч.	<i>R/R_B</i>	<i>n</i> ≈ <i>N₁/N₂</i>
2	1,848	3,544	1,963578	3,85564	3,837472	2
3	3,373	2,019	2,601519	6,7679	6,736008	13/4,997
3	3,834	1,558	2,961498	8,770468	8,72914	3
3	3,879	1,513	3,005216	9,031321	8,988764	3
4	4,341	1,051	3,605735	13,00132	12,94006	18/4,998
4	4,522	0,87	3,963104	15,70619	15,63218	4
4	4,541	0,851	4,007101	16,05686	15,9812	4
4	4,542	0,85	4,009458	16,07575	16	4
5	4,749	0,643	4,60988	21,25099	21,15086	23/4,99
5	4,837	0,555	4,961907	24,62052	24,5045	5
5	4,847	0,545	5,007222	25,07227	24,95413	5
5	4,848	0,544	5,011822	25,11836	25	5
6	4,958	0,434	5,611129	31,48477	31,33641	28/4,99
6	5,008	0,384	5,965262	35,58435	35,41667	6
6	5,014	0,378	6,012419	36,14918	35,97884	6
7	5,079	0,313	6,607284	43,6562	43,45048	33/4,99
7	5,11	0,282	6,960983	48,45528	48,22695	7
7	5,114	0,278	7,010883	49,15248	48,92086	7
8	5,156	0,236	7,609202	57,89995	57,62712	38/4,99

Из приведенной таблицы следует, что дробные главные квантовые числа в промежутках между целыми числами составляют последовательность значений, увеличивающихся на единицу 13/5, 18/5, 23/5...38/5, которая к тому же еще и продолжает «невозбужденное» значение 8/5 для атома лития (табл.1)!

Кроме того, обращает на себя внимание большая удаленность (*R/R_B*) внешнего электрона от ядра атома на возбужденных уровнях при больших *n*. Такая удаленность от ядра, казалось бы, должна сводить на нет влияние остова атома на электрон, а параметры возбужденных оболочек должны быть близки к «эталонным» величинам, характерным для атома водорода. Далее мы будем обсуждать все эти «странности».

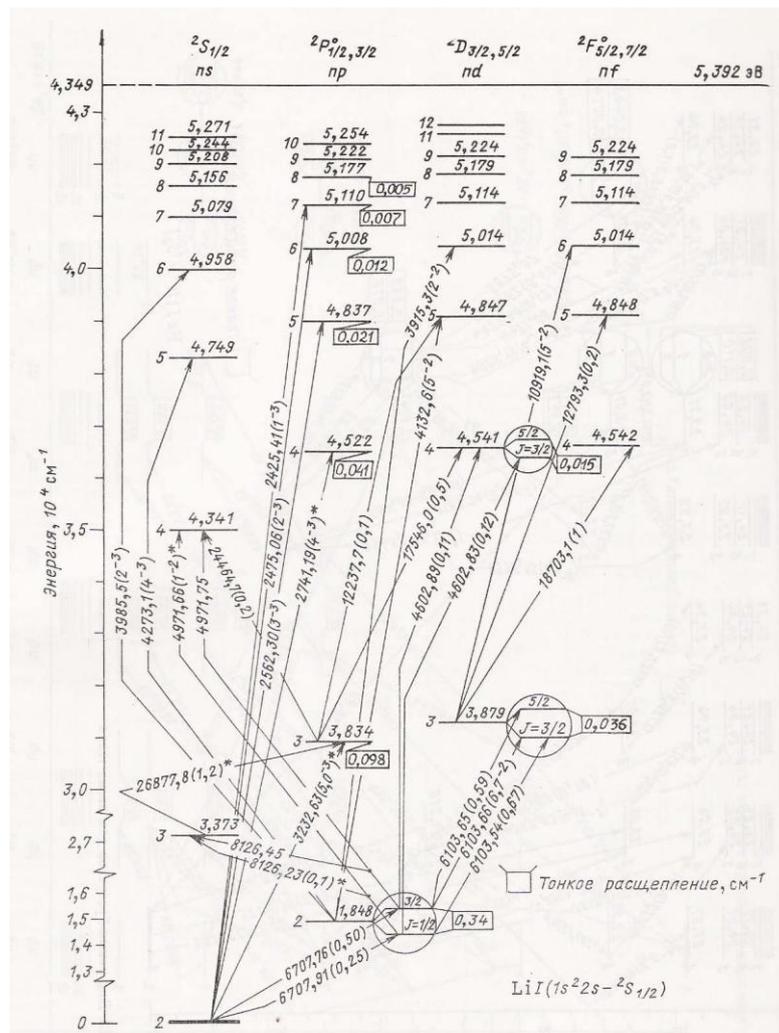


Рис. 1. Диаграмма Гроттриана для атома лития [2].

Мы повторили здесь некоторые результаты, изложенные в предыдущей статье [1], (а заодно немного уточнили последний столбец в табл.2) для того, чтобы ввести читателя в суть излагаемого вопроса и перейти к дальнейшему изложению исследования атомных спектров.

Оказалось, что визуализация информации уже содержащейся в таблице 2, раскрывает дополнительные возможности для осмысления результатов расчетов. На рис. 2 представлен **«спектр» главных квантовых чисел возбужденных состояний атома лития**. То есть, средний столбец таблицы 2 изображен в виде графика (значения n просто расположены в порядке возрастания).

Этот график (или диаграмма), представляющий спектр возбужденных состояний лития, наглядно свидетельствует не об энергетическом «ключе» периодичности спектра, а об **определяющей роли частотных взаимосвязей возбужденных состояний с остовом атома**. А именно, все указывает на то, что остов атома «генерирует» некий набор частот, с которыми взаимодействует электрон, находясь на возбужденном уровне.

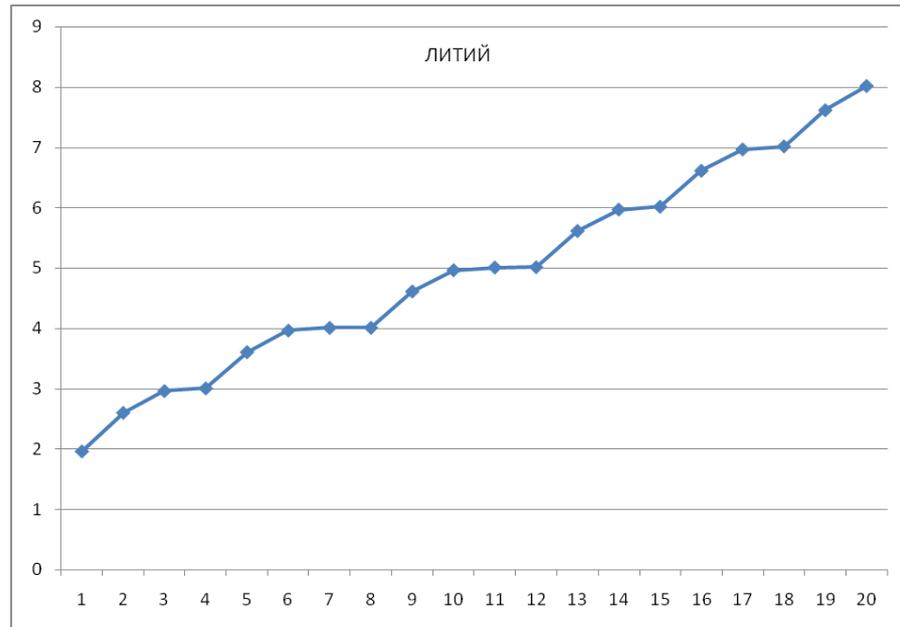


Рис. 2. Спектр l возбужденных состояний атома лития.

Дело в том, что на верхних возбужденных уровнях электрон действительно находится на больших расстояниях от остова атома (таблица 2), и на таких больших расстояниях энергетическое воздействие остова незначительно. Тем более, что размеры самих остовов водородоподобных атомов малы (они были определены в [1], таблица 3), а, следовательно, характеристики более высоких уровней должны были бы, как уже отмечалось, приближаться к аналогичным уровням водорода. Однако спектр не следует этому «очевидному» правилу.

Радиусы атомных остовов [1]. Таблица 3

Атом	R_0/R_B
11 (Na)	0,408
19 (K)	0,695
37 (Rb)	0,816
55 (Cs)	0,816

Тем не менее, диаграммы Гротриана интерпретируют существенные отличия спектров атомов от «эталонного» спектра водорода влиянием других квантовых чисел (наряду с главным квантовым числом). Такой подход, как уже говорилось, не может объяснить реальные спектры атомов.

Приходится констатировать, что неудовлетворительное состояние дел с классификацией и систематизацией спектров атомов вызвано не только сложностями самого анализа спектров атомов, но и следствием очевидной несостоятельности существующей теории электронных оболочек атомов.

Эту проблему фактически необходимо решать заново, исходя из других физических представлений, а именно, исходя из резонансной природы электронных оболочек и из гармонического единства спектра каждого атома.

Чтобы иметь возможность убедиться в этом, достаточно сравнить спектры главных квантовых чисел возбужденных состояний нескольких разных атомов. Для такого сравнения, помимо таблицы 2 из предыдущей работы [1], ниже приведены результаты аналогичных расчетов для спектров атомов водорода, гелия, калия, натрия, серебра, цезия и рубидия.

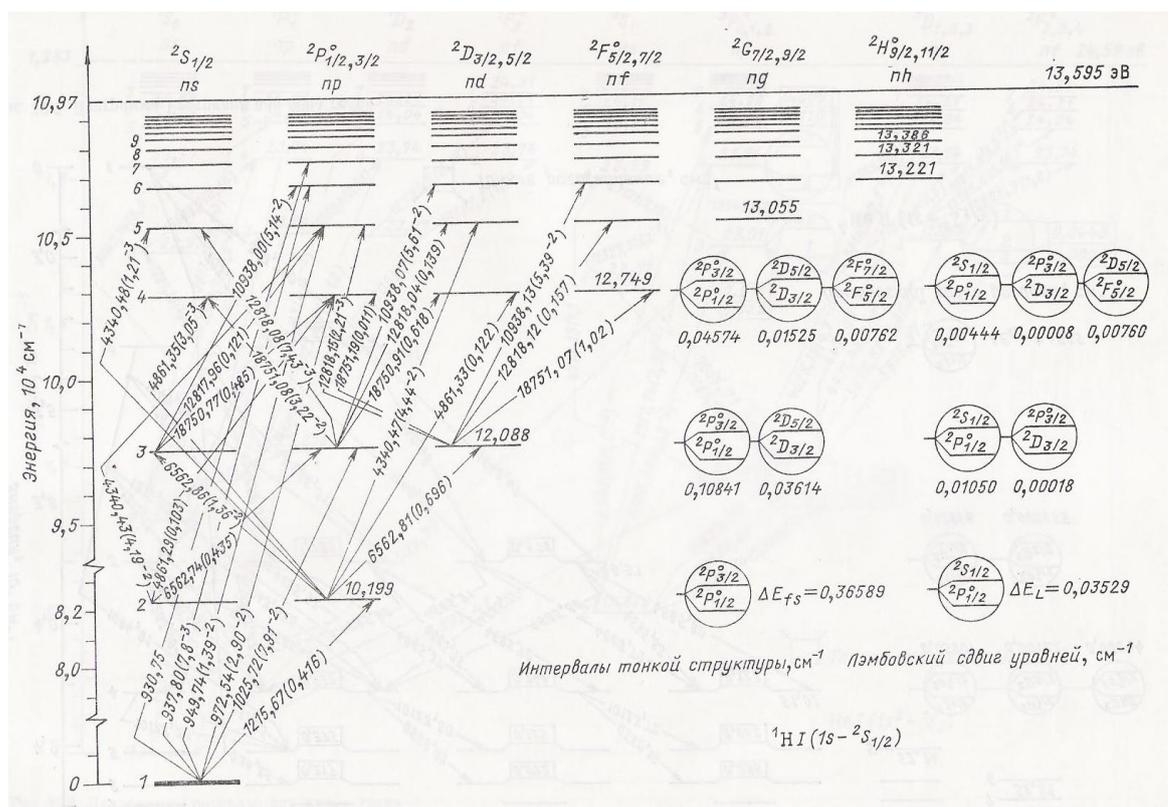


Рис. 3. Диаграмма Гротриана для атома водорода [2].

Из этих данных видно, что чем проще остов атома, тем ярче выражены отдельные гармонические составляющие и их периодическое повторение в спектре главных квантовых чисел. И наоборот, сложные атомные остовы (Os, Rb) создают такое обилие частот, которое обуславливает возбуждение многочисленных электронных состояний, а спектр главных квантовых чисел становится все более плотным и линейным, как у водорода.

Начав статью с рассуждения о волновых свойствах электрона, мы теперь опять приходим к выводу о том, что эти свойства не существуют сами по себе [3], а определяются взаимодействием электрона с окружающими его объектами (внешними колебаниями). Соответственно в атомах речь идет о взаимодействии электронов оболочек с колебаниями, которые создают вокруг себя остовы атомов.

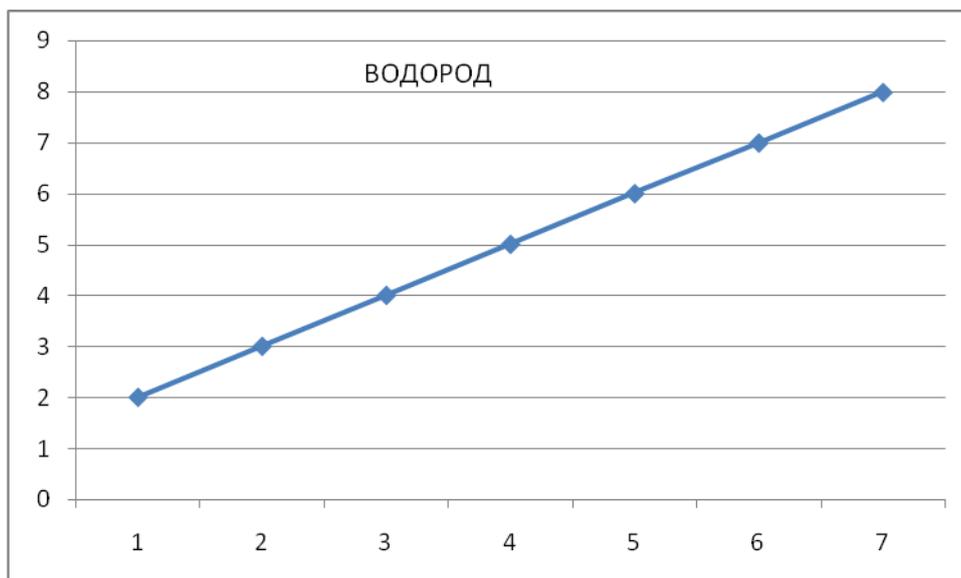


Рис. 4. Спектр n возбужденных состояний атома водорода.

Возбужденные состояния атома водорода.

Таблица 4

n из диагр.	W , эВ из диагр.	W , эВ абсол.	n расч.	n^2 расч.	R/R_B	$n \approx N_1/N_2$
2	10,199	3,401	2,004434	4,017756	3,998824	2
3	12,088	1,512	3,006209	9,037294	8,994709	3
4	12,749	0,851	4,007101	16,05686	15,9812	4
5	13,055	0,545	5,007222	25,07227	24,95413	5
6	13,221	0,379	6,004481	36,0538	35,88391	6
7	13,321	0,279	6,998307	48,97631	48,74552	7
8	13,386	0,214	7,990763	63,85229	63,5514	8

Энергия возбужденного уровня атома, как и стационарного энергетического уровня, определяется значением главного квантового числа [4]

$$W = -\frac{me^4}{8\varepsilon^2 h^2} \frac{1}{n^2}. \quad (7)$$

Поэтому спектр главных квантовых чисел возбужденных состояний любого атома «автоматически» определяет совокупность соответствующих энергетических уровней и спектр излучения (поглощения). Но анализ спектра главных квантовых чисел, как мы видели, существенно проще в виду того, что ему свойственна определенная периодичность (хотя и не идеальная).

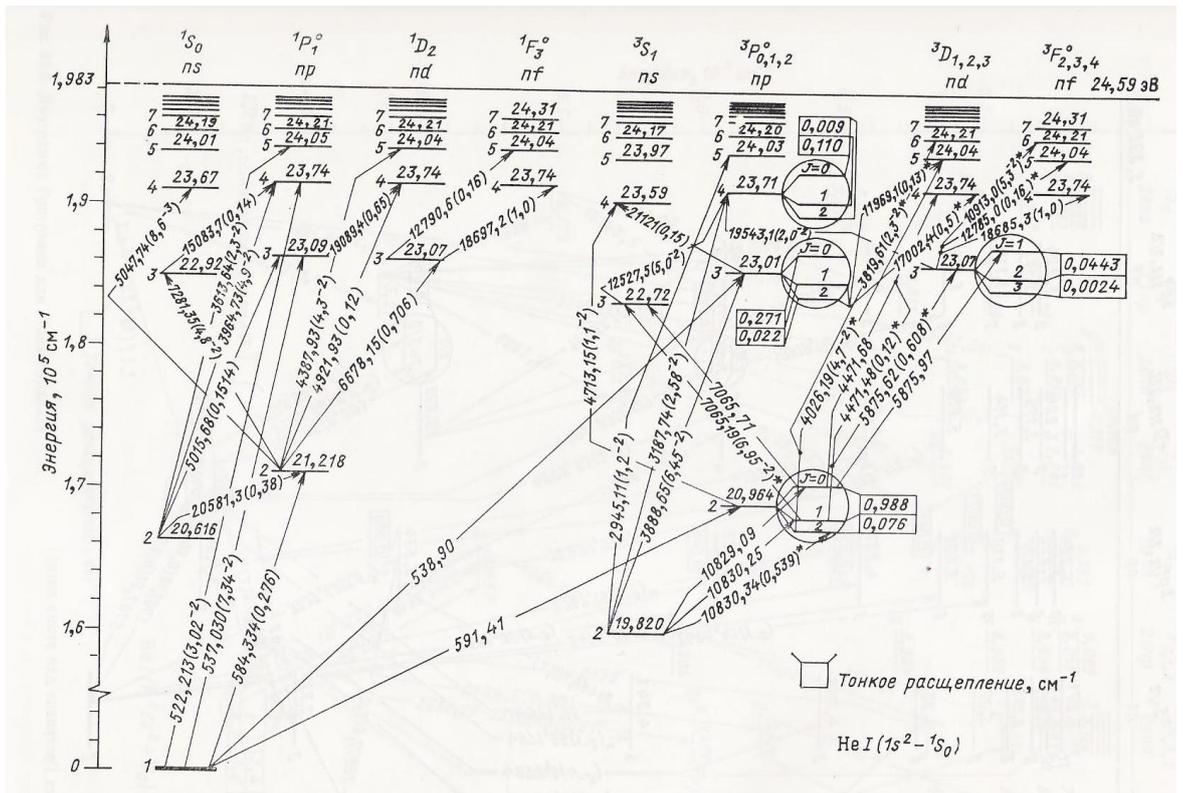


Рис. 5. Диаграмма Гроттриана для атома гелия [2].

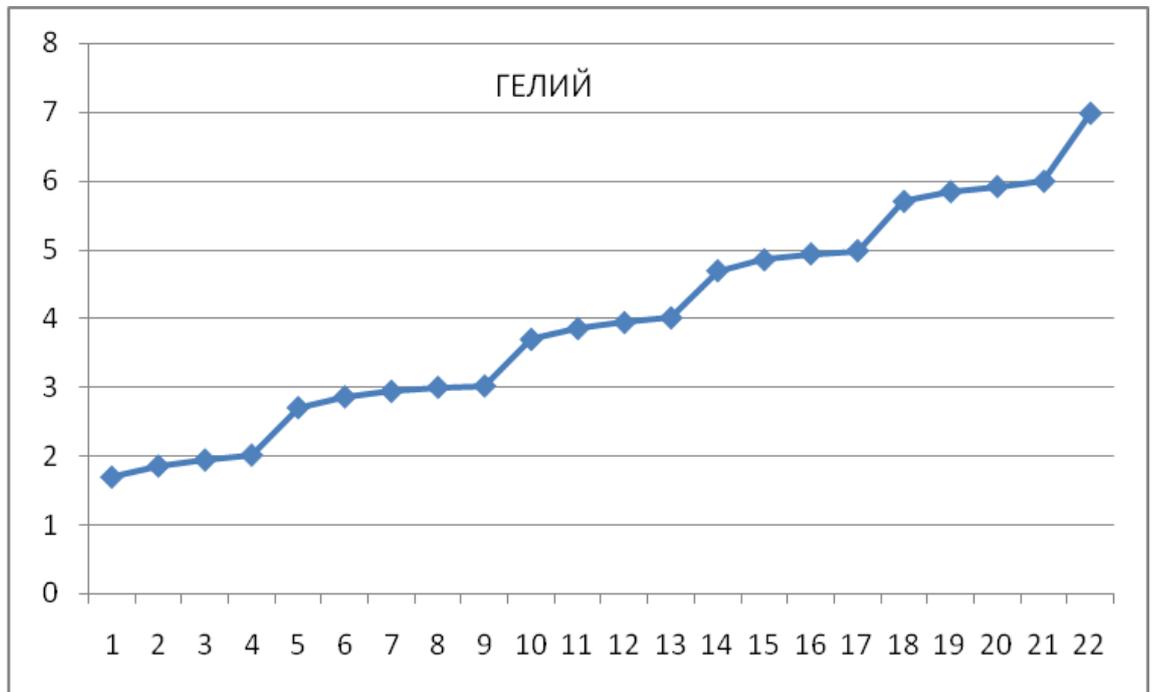


Рис. 6. Спектр n возбужденных состояний атома гелия.

Возбужденные состояния атома гелия.

Таблица 5

<i>n</i> из диагр.	<i>W</i> , эВ из диагр.	<i>W</i> , эВ абсол.	<i>n</i> расч.	<i>n</i> ² расч.	<i>R/R_Б</i>	<i>n</i> ≈ <i>N</i> ₁ / <i>N</i> ₂
2	19,82	4,77	1,692528	2,864652	2,851153	17/10,04
2	20,616	3,974	1,854305	3,438447	3,422245	13/7,01
2	20,964	3,626	1,941249	3,768447	3,750689	33/17
2	21,218	3,372	2,013035	4,05231	4,033215	2
3	22,72	1,87	2,703176	7,30716	7,272727	27/9,99
3	22,92	1,67	2,860467	8,182269	8,143713	20/6,99
3	23,01	1,58	2,940807	8,648348	8,607595	50/17
3	23,07	1,52	2,998288	8,98973	8,947368	3
3	23,09	1,5	3,01821	9,109593	9,066667	3
4	23,59	1	3,696537	13,66439	13,6	37/10,01
4	23,67	0,92	3,853907	14,8526	14,78261	27/7,00
4	23,71	0,88	3,940522	15,52771	15,45455	67/17,00
4	23,74	0,85	4,009458	16,07575	16	4
5	23,97	0,62	4,694607	22,03934	21,93548	47/10,01
5	24,01	0,58	4,853791	23,55929	23,44828	34/7
5	24,03	0,56	4,939706	24,40069	24,28571	84/17,00
5	24,04	0,55	4,98441	24,84434	24,72727	5
6	24,17	0,42	5,703881	32,53426	32,38095	57/9,99
6	24,19	0,4	5,844739	34,16097	34	41/7,01
6	24,2	0,39	5,919197	35,0369	34,87179	101/17,06
6	24,21	0,38	5,996576	35,95892	35,78947	6
7	24,31	0,28	6,985799	48,80139	48,57143	7

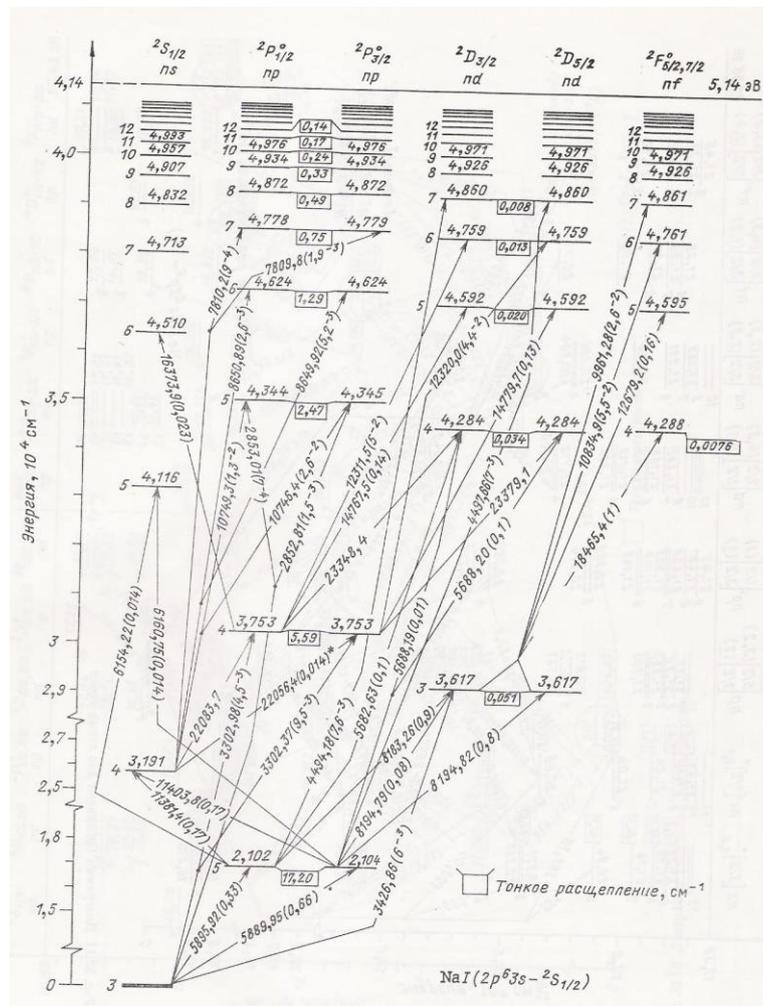


Рис. 7. Диаграмма Гротриана для атома натрия [2].

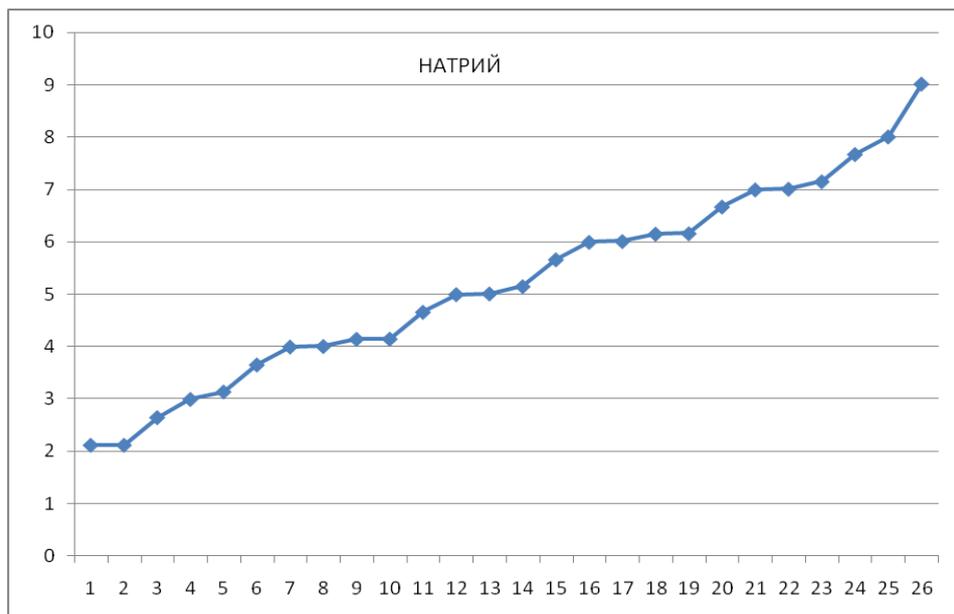


Рис. 8. Спектр p возбужденных состояний атома натрия.

Возбужденные состояния атома натрия.

Таблица 6

<i>n</i> из диагр.	<i>W</i> , эВ из диагр.	<i>W</i> , эВ абсол.	<i>n</i> расч.	<i>n</i> ² расч.	<i>R/R_Б</i>	<i>n</i> ≈ <i>N₁</i> / <i>N₂</i>
5	2,102	3,037	2,121157	4,499305	4,478103	17/8,01
5	2,104	3,035	2,121855	4,50227	4,481054	17/8,01
4	3,191	1,948	2,648504	7,014573	6,98152	8/3,02
3	3,617	1,522	2,996317	8,977917	8,935611	3
4	3,753	1,386	3,139883	9,858867	9,81241	22/7,01
5	4,116	1,023	3,654747	13,35717	13,29423	11/3,01
4	4,284	0,855	3,997717	15,98174	15,90643	4
4	4,288	0,851	4,007101	16,05686	15,9812	4
5	4,344	0,795	4,145831	17,18791	17,10692	29/6,99
5	4,345	0,794	4,14844	17,20956	17,12846	29/6,99
6	4,51	0,629	4,6609	21,72399	21,62162	14/3,00
5	4,592	0,547	4,99806	24,9806	24,86289	5
5	4,595	0,544	5,011822	25,11836	25	5
6	4,624	0,515	5,150999	26,53279	26,40777	36/6,99
7	4,713	0,426	5,663571	32,07603	31,92488	17/3,00
6	4,759	0,38	5,996576	35,95892	35,78947	6
6	4,761	0,378	6,012419	36,14918	35,97884	6
7	4,778	0,361	6,152357	37,85149	37,67313	43/6,99
7	4,779	0,36	6,160896	37,95664	37,77778	43/6,98
8	4,832	0,307	6,671537	44,50941	44,29967	20/3,00
7	4,86	0,279	6,998307	48,97631	48,74552	7
7	4,861	0,278	7,010883	49,15248	48,92086	7
8	4,872	0,267	7,153844	51,17749	50,93633	50/6,99
9	4,907	0,232	7,674518	58,89823	58,62069	23/2,99
8	4,926	0,213	8,009498	64,15206	63,84977	8
9	4,971	0,168	9,018628	81,33565	80,95238	9

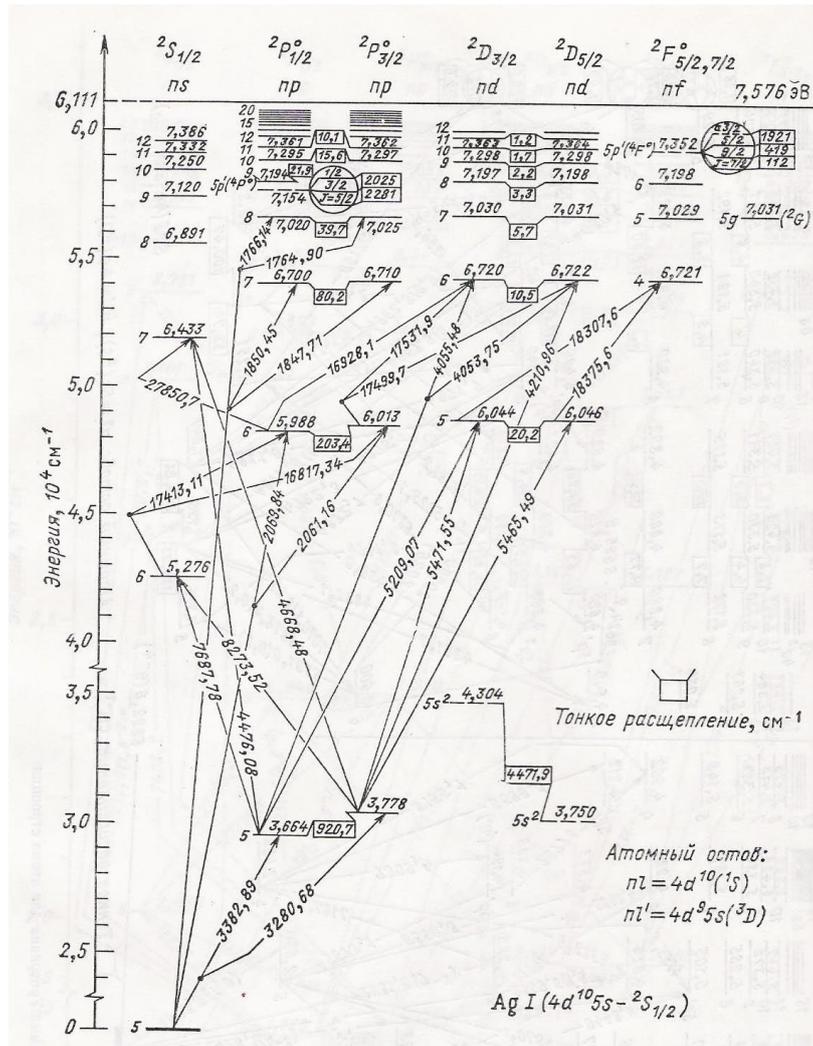


Рис. 9. Диаграмма Гротриана для атома серебра [2].

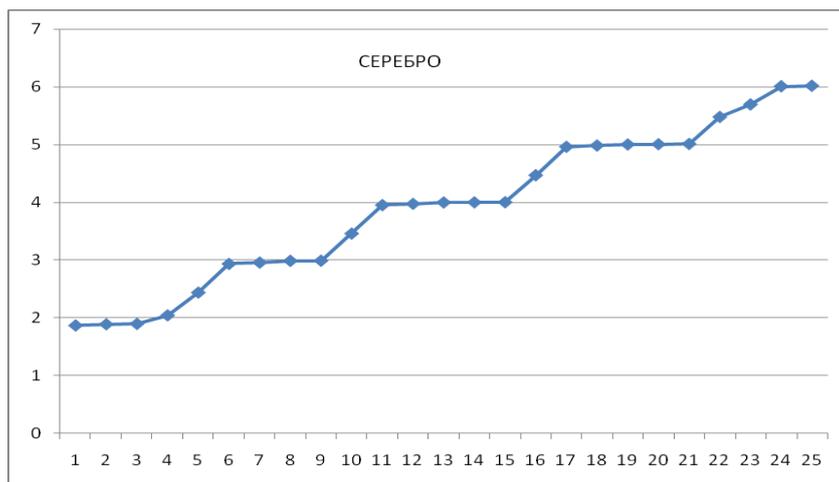


Рис. 10. Спектр n возбужденных состояний атома серебра.

Возбужденные состояния атома серебра.

Таблица 7

<i>n</i> из диагр.	<i>W</i> , эВ из диагр.	<i>W</i> , эВ абсол.	<i>n</i> расч.	<i>n</i> ² расч.	<i>R/R_B</i>	<i>n</i> ≈ <i>N₁/N₂</i>
5	3,664	3,912	1,868941	3,492942	3,476483	15/8,02
5	3,75	3,826	1,88983	3,571456	3,554626	17/8,99
5	3,778	3,798	1,896783	3,597785	3,580832	17/8,96
5	4,304	3,272	2,043565	4,176158	4,156479	2
6	5,276	2,3	2,437425	5,941039	5,913043	27/11,07
6	5,988	1,588	2,93339	8,604779	8,564232	44/15,00
6	6,013	1,563	2,956757	8,742412	8,701216	3
5	6,044	1,532	2,986522	8,919314	8,877285	3
5	6,046	1,53	2,988473	8,930973	8,888889	3
7	6,433	1,143	3,457578	11,95485	11,89851	38/11,00
7	6,7	0,876	3,949509	15,59862	15,52511	4
7	6,71	0,866	3,972246	15,77874	15,70439	4
6	6,72	0,856	3,995381	15,96307	15,88785	4
4	6,721	0,855	3,997717	15,98174	15,90643	4
6	6,722	0,854	4,000057	16,00046	15,92506	4
8	6,891	0,685	4,46632	19,94801	19,85401	49/10,97
8	7,02	0,556	4,957443	24,57624	24,46043	5
8	7,025	0,551	4,979885	24,79925	24,6824	5
5	7,029	0,547	4,99806	24,9806	24,86289	5
7	7,03	0,546	5,002635	25,02635	24,90842	5
7, 5g	7,031	0,545	5,007222	25,07227	24,95413	5
9	7,12	0,456	5,4741	29,96577	29,82456	60/10,96
5p	7,154	0,422	5,690349	32,38007	32,22749	17/2,99
8	7,197	0,379	6,004481	36,0538	35,88391	6
8, 6	7,198	0,378	6,012419	36,14918	35,97884	6

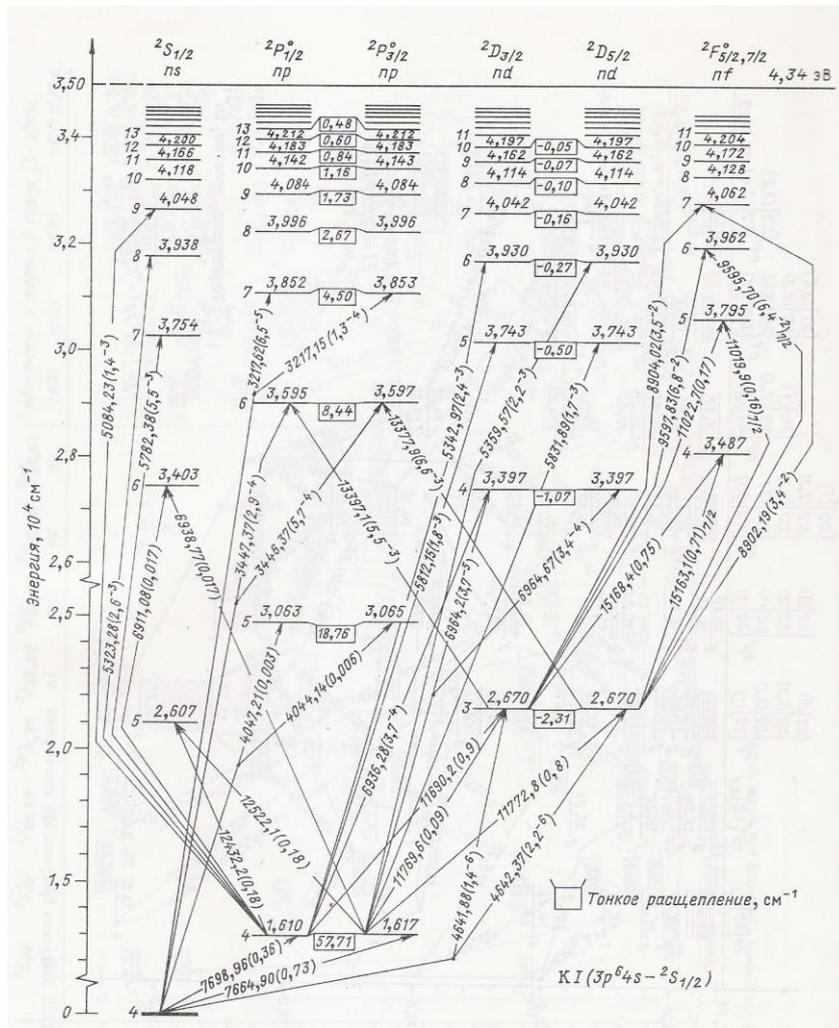


Рис. 11. Диаграмма Гротриана для атома калия [2].

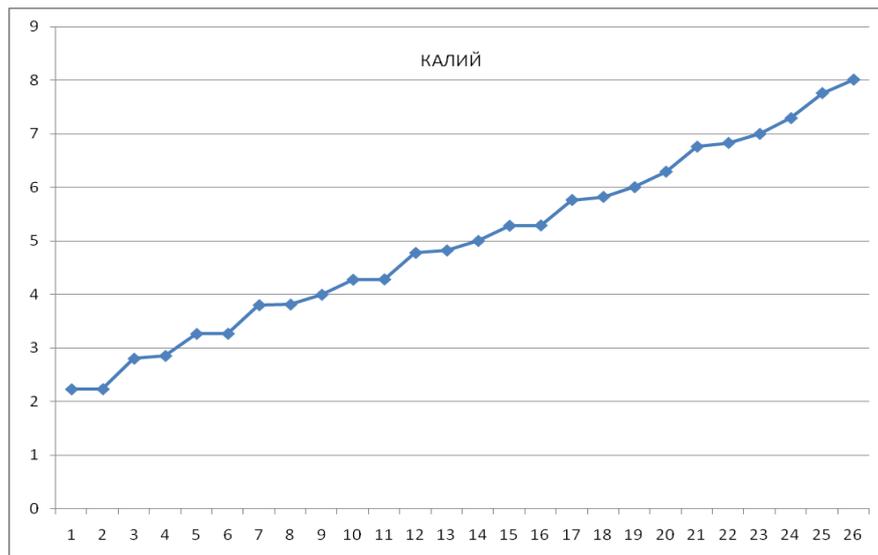


Рис. 12. Спектр λ возбужденных состояний атома калия.

Возбужденные состояния атома калия.

Таблица 8

<i>n</i> из диагр.	<i>W</i> , эВ из диагр.	<i>W</i> , эВ абсол.	<i>n</i> расч.	<i>n</i> ² расч.	<i>R/R_Б</i>	<i>n</i> ≈ <i>N₁/N₂</i>
4	1,61	2,731	2,236837	5,003438	4,979861	9/4,03
4	1,617	2,724	2,239709	5,016296	4,992658	9/4,02
5	2,607	1,734	2,807182	7,880271	7,843137	14/4,99
3	2,67	1,671	2,859611	8,177372	8,138839	20/6,99
5	3,063	1,278	3,269864	10,69201	10,64163	23/7,03
5	3,065	1,276	3,272426	10,70877	10,65831	23/7,03
4	3,397	0,944	3,804601	14,47499	14,40678	19/4,99
6	3,403	0,938	3,81675	14,56758	14,49893	19/4,99
4	3,487	0,854	4,000057	16,00046	15,92506	4
6	3,595	0,746	4,279822	18,31688	18,23056	30/7,01
6	3,597	0,744	4,28557	18,36611	18,27957	30/7,00
5	3,743	0,598	4,780183	22,85015	22,74247	19/3,97
7	3,754	0,587	4,824764	23,27835	23,16865	24/4,97
5	3,795	0,546	5,002635	25,02635	24,90842	5
7	3,852	0,489	5,286165	27,94354	27,81186	37/7,00
7	3,853	0,488	5,291578	28,0008	27,86885	16/3,02
6	3,93	0,411	5,765994	33,24669	33,09002	23/3,99
8	3,938	0,403	5,822944	33,90667	33,7469	29/4,98
6	3,962	0,379	6,004481	36,0538	35,88391	6
8	3,996	0,345	6,293403	39,60693	39,42029	44/6,99
7	4,042	0,299	6,7602	45,7003	45,48495	27/3,99
9	4,048	0,293	6,829066	46,63614	46,41638	34/4,98
7	4,062	0,279	6,998307	48,97631	48,74552	7
9	4,084	0,257	7,291696	53,16883	52,91829	51/6,99
8	4,114	0,227	7,758579	60,19555	59,91189	31/3,99
8	4,128	0,213	8,009498	64,15206	63,84977	8/1

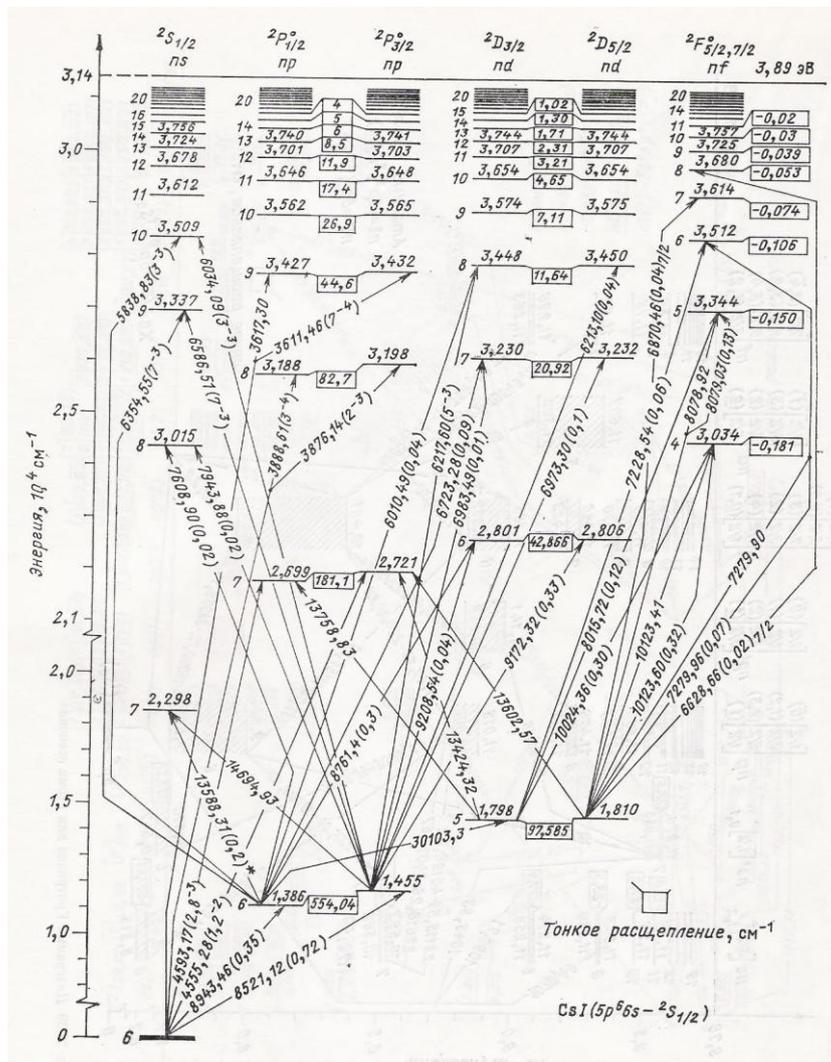


Рис. 13. Диаграмма Гротриана для атома цезия [2].

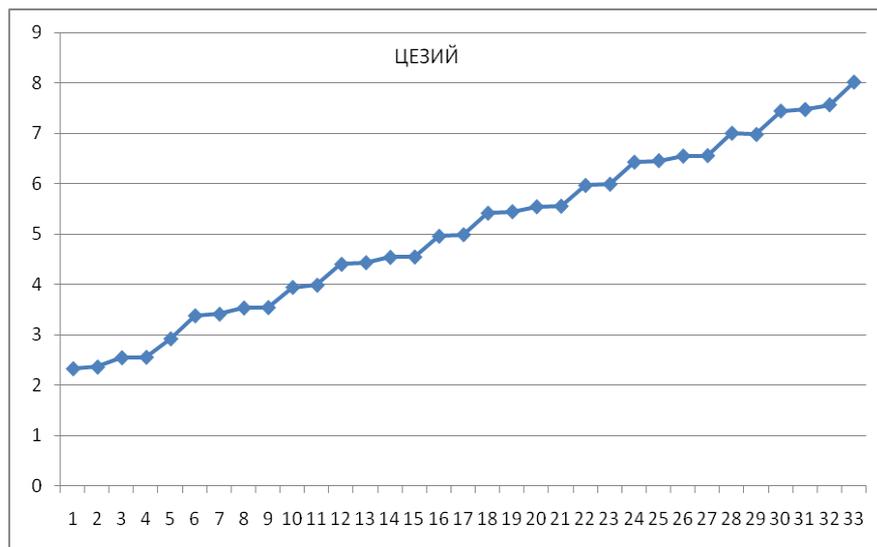


Рис. 14. Спектр l возбужденных состояний атома цезия.

Возбужденные состояния атома цезия.

Таблица 9

<i>n</i> из диагр.	<i>W</i> , эВ из диагр.	<i>W</i> , эВ абсол.	<i>n</i> расч.	<i>n</i> ² расч.	<i>R/R_E</i>	<i>n</i> ≈ <i>N</i> ₁ / <i>N</i> ₂
6	1,386	2,507	2,334629	5,450494	5,424811	7/3,00
6	1,455	2,438	2,367436	5,604754	5,578343	19/8,02
5	1,798	2,095	2,553895	6,522381	6,491647	23/9,01
5	1,81	2,083	2,561241	6,559956	6,529045	18/7,03
7	2,298	1,595	2,926946	8,567015	8,526646	3
7	2,699	1,194	3,38293	11,44421	11,39028	27/7,98
7	2,721	1,172	3,414533	11,65904	11,6041	24/7,03
6	2,801	1,092	3,537397	12,51318	12,45421	39/11,02
6	2,806	1,087	3,545523	12,57074	12,5115	32/9,03
8	3,015	0,878	3,945008	15,56309	15,48975	4
4	3,034	0,859	3,988398	15,90732	15,83236	4
8	3,188	0,705	4,402512	19,38211	19,29078	22/5,00
8	3,198	0,695	4,434072	19,66099	19,56835	31/6,99
7	3,23	0,663	4,539817	20,60994	20,51282	50/11,01
7	3,232	0,661	4,54668	20,6723	20,57489	41/9,02
9	3,337	0,556	4,957443	24,57624	24,46043	5
5	3,344	0,549	4,988948	24,8896	24,77231	5
9	3,427	0,466	5,415046	29,32272	29,18455	27/4,99
9	3,432	0,461	5,444333	29,64076	29,50108	38/6,98
8	3,448	0,445	5,541344	30,70649	30,5618	61/11,01
8	3,45	0,443	5,553839	30,84512	30,69977	50/9,00
10	3,509	0,384	5,965262	35,58435	35,41667	6
6	3,512	0,381	5,988701	35,86454	35,69554	6
10	3,562	0,331	6,425118	41,28214	41,08761	32/4,98
10	3,565	0,328	6,454434	41,65972	41,46341	45/6,99
9	3,574	0,319	6,544851	42,83508	42,63323	72/11,00
9	3,575	0,318	6,555134	42,96978	42,7673	59/9,00
7	3,614	0,279	6,998307	48,97631	48,74552	7
11	3,612	0,281	6,973358	48,62772	48,39858	7
11	3,646	0,247	7,437837	55,32141	55,06073	52/6,99
11	3,648	0,245	7,468133	55,77302	55,5102	15/2,01
10	3,654	0,239	7,561295	57,17318	56,90377	68/8,99
8	3,68	0,213	8,009498	64,15206	63,84977	8

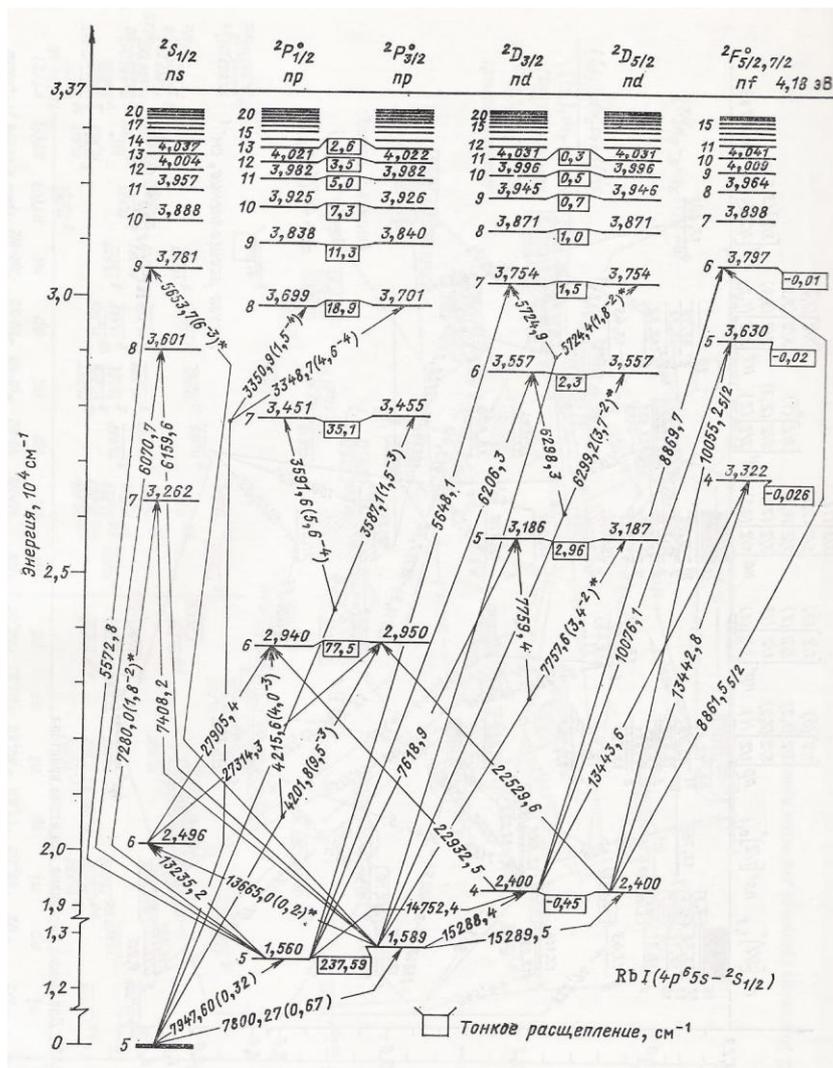


Рис. 15. Диаграмма Гротриана для атома рубидия [2].

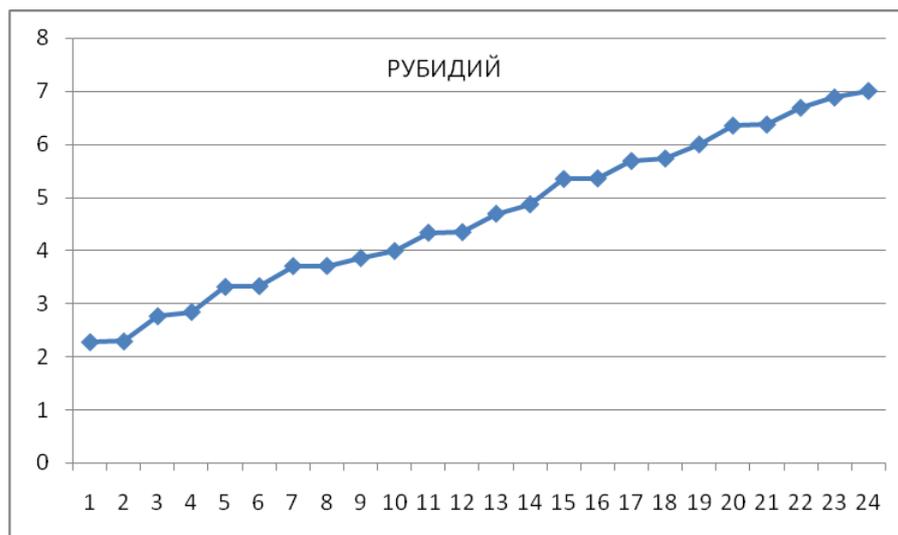


Рис. 16. Спектр l возбужденных состояний атома рубидия.

Возбужденные состояния атома рубидия.

Таблица 10

n из диагр.	W , эВ из диагр.	W , эВ абсол.	n расч.	n^2 расч.	R/R_E	$n \approx N_1/N_2$
5	1,56	2,617	2,285037	5,221394	5,19679	16/7,00
5	1,589	2,588	2,297804	5,279903	5,255023	23/10,01
4	2,4	1,777	2,77301	7,689583	7,653348	36/12,98
6	2,496	1,681	2,851092	8,128726	8,090422	20/7,01
6	2,94	1,237	3,323612	11,04639	10,99434	10/3,01
6	2,95	1,227	3,337128	11,13642	11,08394	10/3
5	3,186	0,991	3,713285	13,78849	13,72351	26/7,00
5	3,187	0,99	3,71516	13,80241	13,73737	26/7,00
7	3,262	0,915	3,864422	14,93376	14,86339	27/6,99
4	3,322	0,855	3,997717	15,98174	15,90643	4
7	3,451	0,726	4,338372	18,82147	18,73278	13/3,00
7	3,455	0,722	4,350373	18,92575	18,83657	13//3,00
6	3,557	0,62	4,694607	22,03934	21,93548	14/2,98
8	3,601	0,576	4,870616	23,7229	23,61111	39/8,01
8	3,699	0,478	5,346643	28,58659	28,45188	16/2,99
8	3,701	0,476	5,357863	28,7067	28,57143	16/2,99
7	3,754	0,423	5,683619	32,30352	32,1513	17/2,99
9	3,761	0,416	5,731238	32,84709	32,69231	40/6,98
6	3,797	0,38	5,996576	35,95892	35,78947	6
9	3,838	0,339	6,348853	40,30793	40,11799	19/2,99
9	3,84	0,337	6,367664	40,54715	40,35608	51/8,01
8	3,871	0,306	6,68243	44,65487	44,44444	20/2,99
10	3,888	0,289	6,876163	47,28162	47,05882	55/7,00
7	3,898	0,279	6,998307	48,97631	48,74552	7

Анализ приведенных таблиц и графиков показывает, что для каждого атома характерен свой индивидуальный «набор» (спектр) главных квантовых чисел возбужденных состояний. В промежутках между целыми значениями дробные числа, как правило, **составляют последовательности отличающихся на единицу значений**. То есть, возбуждение резонансов в электронных оболочках действительно происходит на кратных гармонических составляющих.

Откуда берутся эти последовательности дробных величин?

Не вдаваясь в теорию, мы можем лишь отметить, что дробными величинами характеризуется уже ближайшая к ядру наименьшая оболочка атомов из двух электронов (первая куперовская пара). В [1] показано, что радиус этой оболочки и сумма потенциалов ионизации определяются дробными значениями (в величинах радиуса Бора и потенциала ионизации водорода – естественных атомных единицах)

$$R = \frac{4}{4z-1} R_B, \quad \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{(4z-1)^2}{8} \cdot 13,6 \text{ эВ}. \quad (8)$$

Дополнительным фактором образования рядов гармоник является солитонная природа электрона и других частиц, что «автоматически» означает нелинейность их свойств и присутствие большого количества гармонических составляющих в окружающем их поле [3].

Интересно, что возбужденные состояния некоторых атомов (Na, K, Cs), как и у атома лития, «перекликаются» с гармониками основных невозбужденных состояний внешней оболочки атомов (таблица 1). Это еще раз свидетельствует о наличии соответствующих частот колебаний атомного остова, с которыми происходит взаимодействие электрона, находящегося будь то на основном, либо на возбужденном энергетическом уровне.

Общей чертой всех приведенных результатов расчетов является широкий диапазон спектров главных квантовых чисел, причем минимальные значения у всех атомов начинаются около 2, как у атома водорода, а максимальные простираются вплоть до десяти и далее (приходится на чем-то ограничиться).

В то же время, одинаковый нижний предел главных квантовых чисел возбужденных состояний атомов (около 2) является еще одним свидетельством малых размеров атомных остовов (меньше или порядка радиуса Бора).

Следует заметить, что, несмотря на большую «популярность» диаграмм Гротриана у спектроскопистов, химиков и многих других исследователей, в фундаментальные курсы по квантовой механике их обычно не включают [5].

Возможно, это связано с неубедительностью попыток объяснить спектры атомов различными состояниями (квантовыми числами) атомных остовов и самих электронов. Эти надписи находятся в самом верху диаграмм Гротриана.

Известно, что решение задачи о движении электрона в кулоновском поле ядра дает результат, согласно которому энергетические уровни определяются **только главным квантовым числом**. Остальные квантовые числа определяют лишь степень вырождения энергетического уровня. Такие уровни расщепляются (вырождение снимается) только при дополнительных воздействиях (например, из-за влияния спина или стороннего магнитного поля). Однако расщепление уровней, как правило, не велико [4].

Поэтому, учитывая большое расстояние от центра атома до электрона в возбужденном состоянии и малые размеры атомного остова, трудно объяснить столь большие отличия в спектрах разных атомов. То есть, более высокие возбужденные уровни всех атомов должны были бы повторять соответствующие

возбужденные уровни водорода, но они «упорно следуют» своим периодическим «спектрам» дробных главных квантовых чисел. Такое «упорство» невозможно объяснить ни чем иным, как мощным воздействием соответствующего «набора» частот, генерируемых *остовом атома, который и определяет спектр атома*.

Поэтому определенная «настороженность» к теоретической стороне диаграмм Гротриана вполне объяснима.

Нужно ли в связи с этим отказываться от диаграмм Гротриана? Естественно, нет, поскольку практика показала, что их использование удобно. Просто систему обозначения возбужденных уровней необходимо привести к виду, отражающему физическую реальность, а именно, использовать для обозначения возбужденных уровней дробные величины главных квантовых чисел.

В любом случае переработка диаграмм Гротриана потребует, так как многие значения главных квантовых чисел, нанесенные на диаграммах, находятся за гранью каких-либо логичных объяснений. Достаточно изучить, например, спектр рубидия (рис. 15, таблица 10).

Заключение

Главный вывод из анализа экспериментальных данных о спектрах атомов заключается в том, что возбужденные состояния атомов являются результатом резонансного взаимодействия электронов на возбужденных уровнях с частотами, генерируемыми атомными остовами.

Резонансные внутриатомные взаимодействия создают гармоническое единство спектра каждого атома. Обилие различных гармонических составляющих колебаний, реально присутствующих на уровне микромира, отражается в многообразии и сложности атомных спектров.

Анализ атомных спектров еще раз показал, что корпускулярно-волновые свойства электронов не являются, образно говоря, «абсолютными» свойствами, а представляют собой результат взаимодействия электронов с другими частицами. Поэтому в составе атомов электроны ведут себя в зависимости от того «фона» колебаний, который для них создают остовы атомов.

Квантовая механика упрощенно «наделила» микрочастицы вещества волновыми свойствами в качестве фундаментального «абсолютного» свойства, что существенным образом ослабило возможности теории. Вследствие этого существующая теория строения электронных оболочек атома фактически не в состоянии сформировать адекватное понимание атомных спектров.

Результатом исследования экспериментальных характеристик атомов в предыдущих работах [1, 3] стало открытие закономерностей формирования электронных оболочек атомов. Внутренние многоэлектронные оболочки атомов оказались чрезвычайно компактными резонансными сферическими образованиями (электронным бозе-конденсатом), при этом первая ближайшая к ядру оболочка обладает свойствами устойчивой электронной куперовской пары, являясь «фундаментом» для формирования всех последующих оболочек.

В данной работе в процессе анализа атомных спектров обнаружены новые закономерности в организации внутриатомных резонансных связей. Экспериментальный характер открытых закономерностей атомных спектров позволяет сформулировать их как законы природы, которые станут логичным развитием и дополнением к трем законам формирования электронных оболочек атомов [1].

Законы формирования атомных спектров:

Закон 1: Спектр атома определяется резонансным взаимодействием возбужденных электронных состояний с колебаниями, создаваемыми атомным остовом, в результате чего формируется гармоническое единство и четко выраженная индивидуальность каждого атомного спектра.

Закон 2: Дробные значения главного квантового числа свидетельствуют о возбуждении электронных энергетических состояний на кратных гармониках и составляют, как правило, последовательности отличающихся на единицу простых дробей, определяющих (наряду с целочисленными значениями) гармоническую основу спектра атома.

Литература

1. Верин О.Г. Законы формирования электронных оболочек атомов. <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/14288.html>
2. Физические величины. Справочник. - М.: Энергоатомиздат, 1991. С. 1232.
3. Верин О.Г. Физические основы строения атома. <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/14155.html>
4. Шпольский Э.В. Атомная физика. т. 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. 5-е изд. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. — С. 439.
5. Раутиан С.Г., Яценко А.С. Диаграммы Гроттриана. Из истории науки. УФН, т.169, №2, 1999. С. 217-220.