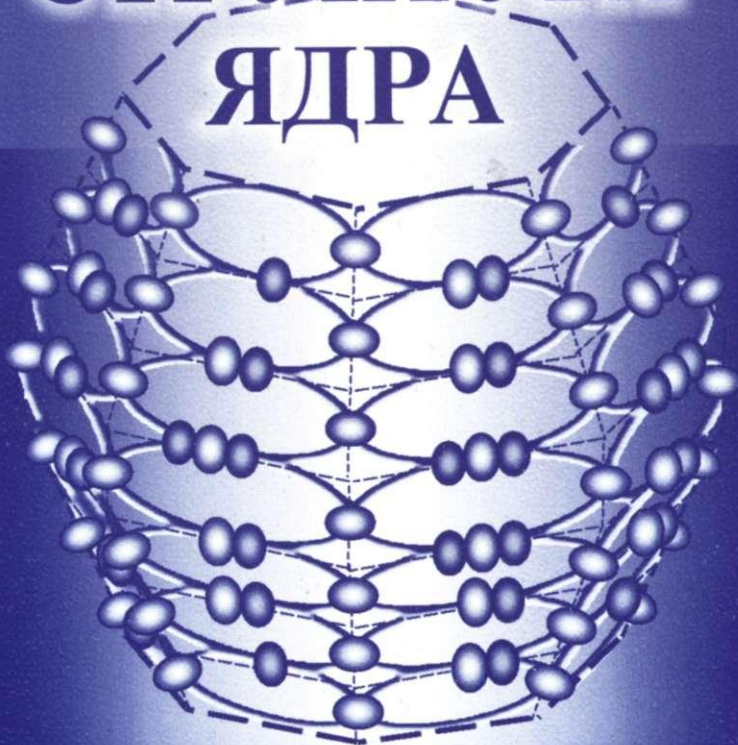


А. К. Шевелев

СТРУКТУРА ЯДРА



*Платон мне друг,
но истина дороже*
Аристотель



URSS

Q

R

E

F

E

R

А. К. Шевелев

СТРУКТУРА ЯДРА

МОСКВА



URSS

ББК 22.382 22.383.5

Шевелев Александр Киприянович

Структура ядра. — М.: КомКнига, 2006. — 312 с. (Relata Refero.)

ISBN 5-484-00480-2

В настоящей книге на основании представлений о двухмерном характере взаимодействия нуклонов в ядре сформулированы основные принципы формирования структуры ядер. По выделенным признакам ядра разбиты на группы и квазиоболочки. С помощью экспериментальных данных о деформации, магнитном моменте и спине ядра найдены закономерности расположения нуклонов в ядре.

Установленные структуры ядер адекватно отражают имеющиеся экспериментальные данные и решают проблему симбиоза существующих моделей ядра.

Книга представит большой интерес для читателей, занимающихся ядерной физикой и физикой элементарных частиц.

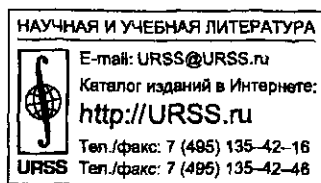
Оригинал-макет предоставлен автором,
текст опубликован в авторской редакции.

Издательство «КомКнига». 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 9.
Пошито к печати 20.02.2006 г. Формат 60х90/16. Печ. л. 19,5. Зак. № 455.

Отпечатано в ООО «ЛЕНАНД». 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, д. 11А, стр. 11.

ISBN 5-484-00480-2

© А. К. Шевелев, 2006
© КомКнига, 2006



Содержание

От издательства		5
Введение		6
ГЛАВА 1. Основные принципы распределения ядер по группам и квазиоболочкам		7
ГЛАВА 2. Структура ядра с плоским расположением ядерных связок		14
<i>Группа I.</i> 2.1. Квазиоболочка 0 | Ядра $\begin{matrix} Z = 1 - 3 \\ A = 1 - 7 \end{matrix}$		14
ГЛАВА 3. Структура ядра с четырехсторонней квазиоболочкой.....		23
<i>Группа II.</i> 3.1. Квазиоболочка 1 | Ядра $\begin{matrix} Z = 4 - 8 \\ A = 9 - 17 \end{matrix}$		23
<i>Группа III.</i> 3.2. Квазиоболочка 2 | Ядра $\begin{matrix} Z = 8 - 14 \\ A = 18 - 28 \end{matrix}$		31
3.3. Квазиоболочка 3 | Ядра $\begin{matrix} Z = 14 - 20 \\ A = 29 - 40 \end{matrix}$		36
3.4. Квазиоболочка 4 | Ядра $\begin{matrix} Z = 20 - 28 \\ A = 42 - 62 \end{matrix}$		40
ГЛАВА 4. Структура ядра с шестисторонней квазиоболочкой...		45
<i>Группа IV.</i> 4.1. Квазиоболочка 5 | Ядра $\begin{matrix} Z = 27 - 34 \\ A = 60 - 74 \end{matrix}$		45
ГЛАВА 5. Структура ядра с восьмисторонней квазиоболочкой		49
<i>Группа V.</i> 5.1. Квазиоболочка 6 | Ядра $\begin{matrix} Z = 30 - 36 \\ A = 70 - 86 \end{matrix}$		49
5.2. Квазиоболочка 7 | Ядра $\begin{matrix} Z = 37 - 51 \\ A = 85 - 124 \end{matrix}$		52
5.3. Квазиоболочка 8 | Ядра $\begin{matrix} Z = 51 - 68 \\ A = 120 - 164 \end{matrix}$		58
5.4. Квазиоболочка 9 | Ядра $\begin{matrix} Z = 66 - 78 \\ A = 164 - 194 \end{matrix}$		67
5.5. Квазиоболочка 10 | Ядра $\begin{matrix} Z = 78 - 100 \\ A = 195 - 257 \end{matrix}$		72

5.6. Квазиоболочка 11	| Ядра $Z = 101 - 111$ $A = 259 - 272$	.....	78
5.7. Квазиоболочка 12	| Ядра $Z = 110 - 116$ $A = 281 - 289$	.....	80
ГЛАВА 6.	Радиоактивность и деление ядер как проявление		
	взаимодействия различных энергетических мод	.....	82
Заключение	.....		105
ПРИЛОЖЕНИЕ			
	Расположение ядерных связей в квазиоболочках	.....	109
	Расположение нуклонов в квазиоболочках	.....	116
	<i>Группа I.</i> Квазиоболочка 0	.....	116
	<i>Группа II.</i> Квазиоболочка 1	.....	125
	<i>Группа III.</i> Квазиоболочка 2	.....	138
	Квазиоболочка 3	.....	148
	Квазиоболочка 4	.....	157
	<i>Группа IV.</i> Квазиоболочка 5	.....	171
	<i>Группа V.</i> Квазиоболочка 6	.....	177
	Квазиоболочка 7	.....	183
	Квазиоболочка 8	.....	201
	Квазиоболочка 9	.....	228
	Квазиоболочка 10	.....	246
	Квазиоболочка 11	.....	266
	Квазиоболочка 12	.....	274
	Радиоактивность	.....	277
Литература	.....		310

От издательства

Эта книга продолжает серию “Relata Refero” (дословный перевод — рассказываю рассказанное).

Под этим грифом издательство предоставляет трибуну авторам, чтобы высказать публично новые идеи в науке, обосновать новую точку зрения, донести до общества новую интерпретацию известных экспериментальных данных, etc.

В споре разных точек зрения только решение Великого судьи — Времени может стать решающим и окончательным. Сам же процесс поиска Истины хорошо характеризуется известным высказыванием Аристотеля, вынесенным на обложку настоящей серии: авторитет учителя не должен довлеть над учеником и препятствовать поиску новых путей.

Мы надеемся, что публикуемые в этой серии тексты внесут, несмотря на свое отклонение от установившихся канонов, свой вклад в познание Истины.

Введение

В настоящее время имеется много экспериментальных данных о физике ядра. В зависимости от энергии возбуждения, заряда или формы проявляются различные особенности поведения ядер. Для их интерпретации разработаны ядерные модели [1-6], позволяющие предсказывать некоторые их характеристики. Зачастую эти модели применимы только для какой-то ограниченной группы ядер или в ограниченном интервале энергии возбуждения. Также существуют модели, синтезированные из нескольких. Структура ядра при этом по-прежнему остается неизвестной.

Что мы понимаем под структурой ядра?

Под структурой ядра подразумевается определенное расположение нуклонов относительно друг друга и главной оси симметрии. Возникает естественный вопрос: что мешает нам определить это расположение? Конечно, это непонимание структуры протона (или нейтрона). Чтобы понять структуру протона, необходимо знать, что такое вакуум, какова его структура, что такое пространство-время, какова его размерность.

А что, если "угадать" структуру той части нуклона, которая отвечает за ядерное взаимодействие? Предположим, что источником ядерных сил являются два замкнутых магнитных жгута, которые вследствие нелинейных эффектов вакуума стягиваются в два сингулярных кольца. Скрепив нуклонами ядерные связки (замкнутые магнитные жгуты), получим *каркас из ядерных связок*. Существование каркаса рещает не только проблему деформации ядра, но и задает алгоритм размещения нуклонов в ядре. Если ядерные связки рассматривать как часть структуры ρ -мезона, то особого противоречия с общепринятой ρ -мезонной теорией ядерного взаимодействия не возникает.

Предлагаемая работа состоит из шести глав. В первой главе определяются энергетические параметры ядерных связок и приводится алгоритм распределения ядер по группам и квазиболочкам. Во второй-пятой главах описывается расположение нуклонов в двенадцати ядерных квазиболочках. В шестой главе предложен механизм формирования многомодовых возбуждений ядра. Радиоактивность и деление ядер рассматриваются как следствие перераспределения энергии между различными энергетическими модами. Рассмотрена структура ядер четырех радиоактивных цепочек. Рисунки ядер сведены в приложение, таким образом, упрощено отслеживание структурной эволюции ядер с ростом числа нуклонов. В приложении дано изображение большинства стабильных ядер. Под каждым рисунком приводятся экспериментальные данные о деформации, магнитном моменте и спине соответствующего ядра. Иногда орбитальный момент зависит не только от спина ядра, но и от того, компенсирован ли момент ядерной связки. Некомпенсированность появляется если число ядерных связок нечетно, или если они находятся в кратном возбуждении, которое некомпенсировано другими ядерными связками.

Под некоторыми рисунками приводится формула для расчета магнитного момента ядра. По ней можно отследить не только взаимосвязь между магнитным и орбитальным моментами ядра, но и изменение магнитного форм-фактора нейтрона и протона, заложенное в безразмерном коэффициенте k .

Автор выражает благодарность д.ф.м.н. Ф. Х. Мирзаде и к.т.н. В. В. Евмененко за ценные замечания, а также В. И. Миловановой за помощь в редактировании рукописи.

Глава 1

Основные принципы распределения ядер по группам и квазиоболочкам

Хорошо известно, что первой моделью структуры ядра была капельная модель. Это, прежде всего, связано с таким свойством ядерных сил, как насыщение. Допустим, у нас имеется черный ящик с двумя ядерными связками (рис. 1.1). Предположим, что ядерные связки – это замкнутые магнитные жгуты.

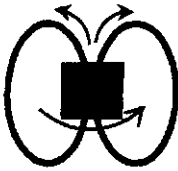


Рис. 1.1. Протон как черный ящик с двумя ядерными связками.

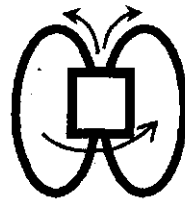


Рис. 1.2. Нейтрон.

Примечание: у рисунков, приведенных в тексте, нумерация начинается с единицы, в приложении – с двойки.

Когда магнитное поле вблизи протона достигает критического значения, происходит сворачивание части этого поля в замкнутые цилиндрические трубки. Конечно, могут быть и другие варианты формирования ядерных жгутов, но это не столь важно. Важно то, что существуют именно две ядерные связки. Нейтрон имеет такую же структуру, как и протон, но является более "разогретым", что отражается на некотором увеличении радиуса ядерных связок. Чтобы отличать нейтрон от протона, обозначим его обычным белым квадратом (рис. 1.2).

Результирующий момент ядерных связок в данной конфигурации равен нулю. Спин "черного ящика" как фермиона равен $(1/2)\hbar$. Наличие у нуклона только двух ядерных связок вполне объясняет природу

насыщения ядерных сил, т. к. объемная структура ядра может формироваться только через построение неких поверхностей в виде сферы.

Зная параметры $\pi^{\pm,0}$ мезона, можно определить энергетическую составляющую ядерной связки нуклона. Предположим, что $\pi^{\pm,0}$ мезоны сформированы из четырех ядерных связок. Две из них находятся в области черного ящика протона и пока для нас не достигаемы. Энергия заряженной ядерной связки равна ~ 36 МэВ ($E_{св.} = \Delta 1^{\pm} \approx 36$ МэВ), энергия нейтральной — ~ 31 МэВ ($E_{св.} = \Delta 1^0 \approx 31$ МэВ). При их соответствующем сочетании получаем параметры как заряженного, так и нейтрального мезона (1–4):

$$\pi^{0-} 135 \text{ МэВ} - (\Delta 1^-, \Delta 1^+, \Delta 1^0, \Delta 1^0) \text{ в составе протона } (\mathbf{p}^+), \quad (1)$$

$$\pi^- 139,6 \text{ МэВ} - (\Delta 1^-, \Delta 1^+, \Delta 1^-, \Delta 1^0) \text{ в составе нейтрона } (\mathbf{n}), \quad (2)$$

$$\pi^{0-} 135 \text{ МэВ} - (\Delta 1^+, \Delta 1^-, \Delta 1^0, \Delta 1^0) \text{ в составе антипротона } (\mathbf{p}^-), \quad (3)$$

$$\pi^+ 139,6 \text{ МэВ} - (\Delta 1^+, \Delta 1^-, \Delta 1^+, \Delta 1^0) \text{ в составе антинейтрона } (\bar{\mathbf{n}}). \quad (4)$$

Ядерные связки, которые непосредственно принимают участие в ядерном взаимодействии нуклонов, выделены курсивом.

Для усиления мотивации именно такого распределения энергии в $\pi^{\pm,0}$ мезонах распространим эту схему и на $K^{\pm,0}$ -мезоны, известные уникальностью своих свойств. При четырехкратном возбуждении энергии ядерных связок получим параметры $K^{\pm,0}$ -мезонов:

$$(\Delta 4^+, \Delta 4^-, \Delta 4^+, \Delta 4^0) - (K^+), \quad (5)$$

$$(\Delta 4^-, \Delta 4^+, \Delta 4^-, \Delta 4^0) - (K^-), \quad (6)$$

$$(\Delta 4^+, \Delta 4^-, \Delta 4^+, \Delta 4^-) - (K^0), \quad (7)$$

$$(\Delta 4^-, \Delta 4^+, \Delta 4^-, \Delta 4^+) - (\bar{K}^0). \quad (8)$$

При следующем сочетании

$$(\Delta 6^+, \Delta 6^-, \Delta 2^+, \Delta 2^-) - (K^0_s) \quad (9)$$

$$(\Delta 5^+, \Delta 5^-, \Delta 3^+, \Delta 3^-) - (K^0_L) \quad (10)$$

получим короткоживущий (K^0_s) и долгоживущий (K^0_L) мезоны. Превращение короткоживущего мезона в долгоживущий связано с

перераспределением энергии между ядерными связками в процессе столкновения с мишенью.

Видно, что у нейтральных K -мезонов масса немного больше, чем у заряженных. Используя эту схему, можно получить параметры и других элементарных частиц, но это отдельная тема.

Итак, мы имеем нуклон с двумя ядерными связками и с непонятной внутренней структурой (рис. 1.1 и 1.2). Объединив протон и нейтрон в один кластер, получим дейтон с единичным спином. Процесс объединения протона и нейтрона заключается в слиянии двух ядерных связок одного с двумя ядерными связками другого (рис.1.3). В структуре ядра трития (рис. 1.4) уже проявляется тензорный характер ядерных сил, так как нейтрон, размещаясь строго напротив нейтрона, имеет противоположную направленность. У легких ядер (${}^2\text{H}$, ${}^4\text{He}$ и ${}^7\text{Li}$) ядерные связки расположены в одной плоскости.



Рис. 1.3. Дейтон.

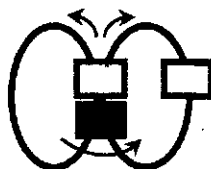


Рис. 1.4. Тритий.

При дальнейшем увеличении числа нуклонов из ядерных связок формируется объемный каркас. На первом этапе ядерный каркас в проекции вдоль главной оси симметрии ядра имеет квадратную форму (рис. 2.5 – 2.8). Начиная с ядра ${}^{60}\text{Ni}$, ядерный каркас приобретает шестиугольную форму (рис. 2.9). ${}^{70}\text{Zn}$, и последующие ядра имеют восьмиугольную форму ядерного каркаса. Симметрия относительно главной оси ядра является определяющим фактором при распределении ядер по группам. Внутри группы структура ядерного каркаса отличается числом ярусов. Например, ядро ${}^{70}\text{Zn}$ имеет восьмиугольную форму и три яруса из ядерных связок, а в ядре ${}^{208}\text{Pb}$ уже семь ярусов.

У каждого ядра, обладающего объемным каркасом из ядерных связок, своя ядерная оболочка. Ядра с шестиугольной и восьмиугольной симметрией обладают одной особенностью: все они внутри своей оболочки имеют ядерный кластер. Кластер формируется только из четно-четных ядер ($C-C$) с объемной конфигурацией.

Совокупность ядер, с одинаковой симметрией ядерного каркаса и одинаковым количеством ярусов, назовем *квазиоболочкой*.

В предложенной закономерности размещения ядер по группам и квазиоболочкам есть одно исключение. Ядра первой и второй квазиоболочек обладают одинаковой симметрией ядерного каркаса и одинаковым количеством ярусов из ядерных связей, но у них разная структура узлов в вертикальных секторах. В узлах вертикальных секторов второй группы размещаются протоны и нейтроны. Их количество может изменяться. У ядер третьей и всех последующих групп в узлах вертикальных секторов размещаются только нейтроны. Их число в пределах одной квазиоболочки фиксировано. Такое изменение в узлах вертикальных секторов приводит к существенным различиям ядерных свойств, что и оправдывает их размещение в разные группы. В табл. 1.1–1.3 показано размещение химических элементов по группам и квазиоболочкам, приведены наиболее распространенные стабильные изотопы. В строке, где дается номер группы, изображена симметрия ядерной квазиоболочки. В одном из узлов показан нуклон (черный диск – протон, светлый – нейтрон), во второй строке – интервал изменения заряда в квазиоболочке и количество ярусов из ядерных связей. На рис. 2.1 – 2.16 (приложение) приводится общая схема каркаса из ядерных связей всех квазиоболочек.

Размещение химических элементов по ядерным квазиболочкам.

Таблица 1.1.



Группа I 	Группа II 
Квазиболочка 0	Квазиболочка 1
$Z = 1 - 3$	$Z = 4 - 9$
$\Delta Z = 2, \Delta N = 3$	$\Delta Z = 5, \Delta N = 3$
^1_2H - Дейтерий ^2_4He - Гелий ^3_7Li - Литий	^4_9Be - Бериллий $^5_{10}\text{B}$ - Бор $^6_{12}\text{C}$ - Углерод $^7_{14}\text{N}$ - Азот $^8_{16}\text{O}$ - Кислород

Таблица 1.2.



Группа III 			Группа IV 
Квазиболочка 2	Квазиболочка 3	Квазиболочка 4	Квазиболочка 5
$Z = 10 - 13$	$Z = 14 - 20$	$Z = 20 - 28$	$Z = 27 - 32$
$\Delta Z = 3, \Delta N = 4$ (2 яруса)	$\Delta Z = 6, \Delta N = 5$ (3 яруса)	$\Delta Z = 8, \Delta N = 12$ (4 яруса)	$\Delta Z = 7, \Delta N = 9$ (3 яруса)
$^8_{18}\text{O}$ - Кислород $^9_{19}\text{F}$ - Фтор $^{10}_{20}\text{Ne}$ - Неон $^{11}_{23}\text{Na}$ - Натрий $^{12}_{24}\text{Mg}$ - Магний $^{13}_{27}\text{Al}$ - Алюминий $^{14}_{28}\text{Si}$ - Кремний	$^{14}_{29}\text{Si}$ - Кремний $^{15}_{31}\text{P}$ - Фосфор $^{16}_{32}\text{S}$ - Сера $^{17}_{35}\text{Cl}$ - Хлор $^{18}_{40}\text{Ar}$ - Аргон $^{19}_{39}\text{K}$ - Калий $^{20}_{40}\text{Ca}$ - Кальций	$^{20}_{42}\text{Ca}$ - Кальций $^{21}_{48}\text{Ca}$ - Кальций $^{21}_{45}\text{Sc}$ - Скандий $^{22}_{48}\text{Ti}$ - Титан $^{23}_{51}\text{V}$ - Ванадий $^{24}_{52}\text{Cr}$ - Хром $^{25}_{55}\text{Mn}$ - Марганец $^{26}_{56}\text{Fe}$ - Железо $^{27}_{59}\text{Co}$ - Кобальт $^{28}_{58}\text{Ni}$ - Никель $^{28}_{62}\text{Ni}$ - Никель	$^{27}_{60}\text{Co}$ - Кобальт $^{28}_{60}\text{Ni}$ - Никель $^{29}_{63}\text{Cu}$ - Медь $^{30}_{68}\text{Zn}$ - Цинк $^{32}_{74}\text{Ge}$ - Германий $^{34}_{74}\text{Se}$ - Селен

Таблица 1.3.

Группа V			
Квазиоболочка 6	Квазиоболочка 7	Квазиоболочка 8	Квазиоболочка 9
Z = 30 – 36	Z = 37 – 51	Z = 51 – 68	Z = 66 – 78
$\Delta Z = 7, \Delta N = 10$ (3 яруса)	$\Delta Z = 14, \Delta N = 22$ (4 яруса)	$\Delta Z = 17, \Delta N = 24$ (5 ярусов)	$\Delta Z = 12, \Delta N = 18$ (6 ярусов)
³⁰ ₇₀ Zn – Цинк ³¹ ₆₉ Ga – Галлий ³² ₇₂ Ge – Герман. ³³ ₇₅ As – Мышьяк ³⁴ ₈₀ Se – Селен ³⁵ ₇₉ Br – Бром ³⁶ ₈₆ Kr – Криптон	³⁷ ₈₅ Rb – Рубидий ³⁸ ₈₆ Sr – Стронций ³⁹ ₈₉ Y – Иттрий ⁴⁰ ₉₀ Zr – Цирконий ⁴¹ ₉₃ Nb – Ниобий ⁴² ₉₈ Mo – Молибден ⁴³ ₉₈ Tc – Технеций ⁴⁴ ₁₀₂ Ru – Рутений ⁴⁵ ₁₀₃ Rh – Родий ⁴⁶ ₁₀₆ Pd – Палладий ⁴⁷ ₁₀₇ Ag – Серебро ⁴⁸ ₁₁₄ Cd – Кадмий ⁴⁹ ₁₁₅ In – Индий ⁵⁰ ₁₂₀ Sn – Олово ⁵¹ ₁₂₁ Sb – Сурьма	⁵¹ ₁₂₃ Sb – Сурьма ⁵² ₁₃₀ Te – Теллур ⁵³ ₁₂₇ J – Йод ⁵⁴ ₁₃₂ Xe – Ксенон ⁵⁵ ₁₃₃ Cs – Цезий ⁵⁶ ₁₃₈ Ba – Барий ⁵⁷ ₁₃₉ La – Лантан ⁵⁸ ₁₄₀ Ce – Церий ⁵⁹ ₁₄₁ Pr – Празеодим ⁶⁰ ₁₄₂ Nd – Неодим ⁶¹ ₁₄₅ Pm – Прометий ⁶² ₁₅₂ Sm – Самарий ⁶³ ₁₅₁ Eu – Европий ⁶⁴ ₁₅₈ Gd – Гадолиний ⁶⁵ ₁₅₉ Tb – Тербий ⁶⁶ ₁₆₂ Dy – Диспрозий ⁶⁸ ₁₆₄ Er – Эрбий	⁶⁶ ₁₆₄ Dy – Диспрозий ⁶⁷ ₁₆₅ Ho – Гольмий ⁶⁸ ₁₆₆ Er – Эрбий ⁶⁹ ₁₆₉ Tm – Тулий ⁷⁰ ₁₇₄ Yb – Иттербий ⁷¹ ₁₇₅ Lu – Лютеций ⁷² ₁₈₀ Hf – Гафний ⁷³ ₁₈₁ Ta – Тантал ⁷⁴ ₁₈₄ W – Вольфрам ⁷⁵ ₁₈₅ Re – Рений ⁷⁶ ₁₉₂ Os – Осмий ⁷⁷ ₁₉₃ Ir – Иридий ⁷⁸ ₁₉₄ Pt – Платина

Таблица 1.3. (продолжение)

Группа V		
Квазиоболочка 10 Z = 78 – 99 $\Delta Z = 21, \Delta N = 38$ (7 ярусов)	Квазиоболочка 11 Z = 98 – 111 $\Delta Z = 13, \Delta N = 7$ (8 ярусов)	Квазиоболочка 12 Z = 110 – 116 $\Delta Z = 6, \Delta N = 12$ (9 ярусов)
78 ¹⁹⁵ Pt – Платина 79 ¹⁹⁷ Au – Золото 80 ²⁰² Hg – Ртуть 81 ²⁰⁵ Tl – Таллий 82 ²⁰⁸ Pb – Свинец 83 ²⁰⁹ Bi – Висмут 84 ²⁰⁹ Po – Полоний 85 ²¹⁰ At – Астат 86 ²²² Rn – Радон 87 ²²³ Fr – Франций 88 ²²⁶ Ra – Радий 89 ²²⁷ Ac – Актиний 90 ²³² Th – Торий 91 ²³¹ Pa – Пролактин 92 ²³⁸ U – Уран 93 ²³⁹ Np – Нептуний 94 ²³⁹ Pu – Плутоний 95 ²⁴³ Am – Америций 96 ²⁴⁵ Cm – Кюрий 97 ²⁴⁷ Bk – Берклий 98 ²⁵¹ Cf – Калифорний 99 ²⁵⁴ Es – Эйнштейний	98 ²⁵² Cf – Калифорний 100 ²⁵⁷ Fm – Фермий 101 ²⁵⁵ Md – Менделевий 102 ²⁵⁵ No – Нобелий 103 ²⁵⁷ Lu – Лоуренсий 104 ²⁶¹ Rf – Резерфордий 105 ²⁶² Db – Дубний 106 ²⁶³ Sg – Сиборгий 107 ²⁶² Bh – Борий 108 ²⁶⁵ Hs – Хасий 109 ²⁶⁸ Mt – Мейтнерий 111 ²⁷² ??? –	110 ²⁷¹ ??? – 112 ²⁷⁷ ??? – 114 ²⁸⁵ ??? – 116 ²⁸⁹ ??? –

Глава 2

Структура ядра с плоским расположением ядерных связей

Группа I

2.1. Квазиоболочка $0^{Z=1-3}_{A=1-7}$ H, He, Li

В эту квазиоболочку вошли легкие ядра, не имеющие объемной структуры. Оболочка начинается ядром водорода и заканчивается ядром ${}^7\text{Li}$ (если рассматривать только стабильные ядра). На рисунках 2.17–2.41 показано расположение нуклонов нулевой оболочки (включая и нестабильные ядра). Темный овал – протон, светлый – нейтрон. Темное кольцо – ядерная связка. Ядерный магнитный жгут в дальнейшем изображается в виде квадрата.

•Группу нуклонов с одинаковой направленностью спина и общей ядерной связкой назовем *кластером*. Нуклон, имеющий общую ядерную связку с группой нуклонов, но отличающийся от них направлением спина, рассматривается как самостоятельный кластер.

•При формировании кластера необходимо учитывать принцип Паули, т.е. исключать ситуацию, когда два протона или нейтрона размещаются в одном кластере рядом (сонаправленно). Допускается только чередование протона с нейтроном.

•При сонаправленном расположении нуклонов в одной ядерной связке их спины суммируются, а при противоположном – вычитаются. Аналогично определяется и магнитный момент (знаки магнитных моментов протона и нейтрона «+» и «-» соответственно). Если ядерных кластеров несколько, то четные и нечетные компенсируются по магнитному и механическому моменту.

Ядро ${}^1_2\text{H}(1)$ (рис. 2.17 и 2.18). Протон и нейтрон с одинаковым направлением спина располагаются сонаправленно. Увеличение радиуса шубы при слиянии двух нуклонов экспериментально отражается на изменении магнитного момента нуклонов. Магнитный момент дейтерия (рис. 2.18) равен $0,8574\mu_B$ (значения взяты из [7] или [8]), т.е. в 1,026 раз меньше суммарного момента протона и нейтрона. Уменьшение магнитного момента дейтерия связано с непропорциональным увеличением шубы протона и нейтрона. Радиус шубы нейтрона увеличивается больше, чем зарядовый радиус шубы протона. Под рисунком структуры ядра дается методика определения спина ядра и его магнитного момента. Справа от рисунка дан орбитальный момент. Значение орбитального момента определяется количеством несбалансированных нуклонов, или несбалансированной ядерной связкой. В экспериментальный спин ядра входит результирующий спин нуклонов и орбитальный момент ядра. Ядерные связки выступают в роли рамок, а нуклоны – в роли вращающихся гироскопов. Вращение всего ядра есть его орбитальный момент.

${}^1_2\text{H}(1/2)$ (рис. 2.19 и 2.20). Базовой для этого ядра является структура ${}^1_2\text{H}$ (рис. 2.18). Дополнительный нейтрон расположен так, чтобы скомпенсировать магнитный момент и спин первого нейтрона. Несбалансированный протон генерирует вращение всего ядра, но т. к. число ядерных связей нечетно, то это вращение компенсируется, и, как результат, орбитальный момент отсутствует.

${}^2_3\text{He}(1/2)$ (рис. 2.21) имеет такую же структуру, как ${}^3_2\text{H}$ с зеркальной заменой протонов на нейтроны. Структура ${}^3_2\text{H}$ и изотопа ${}^3_2\text{He}$ позволяет определить, как изменяется магнитный момент протона и нейтрона. В ядре трития зарядовый радиус протона увеличивается в 1,0666 раза ($2,97896\mu_B/2,7928\mu_B$). В ядре ${}^3_2\text{He}$ радиус нейтрона увеличивается в 1,112 раза ($2,1276/1,913$). Таким образом, зарядовый радиус нейтрона больше зарядового радиуса протона в 1,0427 раза.

Деформационный коэффициент нуклона в ядрах ${}^3_2\text{H}$ и ${}^3_2\text{He}$ больше, чем в ядре ${}^1_2\text{H}$, т. к. он зависит от количества нуклонов в ядерной связке (т.е. от ее интенсивности).

${}^4_2\text{He}(0)$ (рис. 2.22). Ядро состоит из двух дейтоновых кластеров и трех ядерных связей. Протон размещается на одной горизонтальной линии с протоном, нейтрон напротив нейтрона. Спины и магнитные моменты

кластеров скомпенсированы. Нулевой баланс момента ядерных связей восстанавливается, если предположить, что момент импульса центрального кластера равен не единице, а двум. При такой конфигурации ядро имеет максимальную симметрию, что является важным фактором в увеличении энергии связи ядра. Экспериментальные значения зарядовых параметров ${}^4\text{He}$, ${}^3\text{He}$ и ${}^3\text{H}$ равны соответственно $R_{ch} = 1,674$ фм, $R_{ch} = 1,967$ фм, $R_{ch} = 1,76$ фм [9]. Информация о степени деформации ядер (β) взята из сборника [10]. На (рис. 1.1) приведен спектр возбуждения ядра ${}^4\text{He}$ [4]. Энергетический спектр можно проинтерпретировать следующим образом.

Уровень 20,2: колебания в противофазе нейтрона и протона из одного кластера (рис. 1.2 а).

Уровень 21,4: колебания одного кластера относительно другого (рис. 1.2 б).

Уровень 22,4: на колебания двух кластеров накладывается увеличение момента периферийных ядерных связей (с $l_{cs} = 1$ до $l_{cs} = 2$).

На уровне 24,3 появляется дополнительная степень свободы, связанная с перезарядкой протона и нейтрона, что эквивалентно виртуальному вращению кластера. Для обозначения дополнительной степени свободы нуклонов в ядре вводится понятие *изоспин* (T).

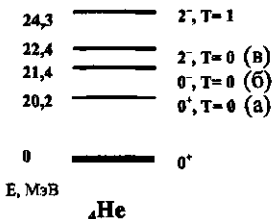


Рис. 1.1.

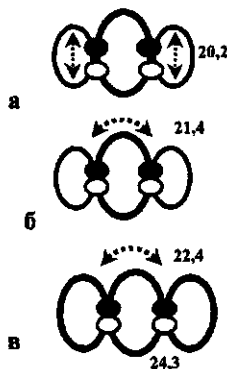


Рис. 1.2 (а, б, в).

$^3\text{He}(3/2)$ (рис. 2.23). Ядро формируется путем добавления в периферию ядра ^4He нейтрона, образующего его гало. Магнитные моменты ядер, отсутствующие в [7, 8], отмечены звездочкой. Энергетический спектр [4] показан на рис. 1.3. Наиболее вероятно, что первый уровень связан с колебанием периферийного нейтрона относительно двух кластеров, второй – связан с кратным возбуждением ядерной связки с периферийным нейтроном. Более высокие уровни возбуждения этого ядра повторяют природу возбуждения ^4He .

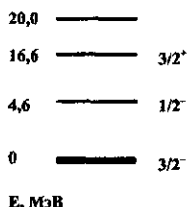


Рис. 1.3. ^3He



Рис. 1.4. (2.23) Вид сверху на колебательное движение периферийного нейтрона в ядре ^3He .

$^6\text{He}(0)$ (рис. 2.24). Добавляется еще один валентный нейтрон. Спин ядра равен нулю, а число ядерных связей нечетное. Следовательно, три центральные ядерные связки имеют двукратное возбуждение. Если четность левой ядерной связки "+", то у следующей за ней "-". Результирующая четность ядерных связей равна нулю, следовательно, не происходит генерации орбитального момента ядра. Средний квадратичный радиус ^6He 2.48 фм [11], что в полтора раза превышает радиус ^4He (1.45 фм). При энергии 0.98 МэВ ^6He распадается на α -кластер и два нейтрона.

$^7\text{He}(3/2)$ (рис. 2.25). Базовой является структура ядра ^6He , где в центральной ядерной связке размещается еще один нейтрон. Ось вращения этого нейтрона перпендикулярна осям кластеров. Такое расположение нейтрона позволяет избежать противоречия с принципом Паули. Размещение дополнительного нейтрона в сильной ядерной связке приводит к росту энергии связи нейтрона по отношению к ^6He .

В табл. 1.4 [12] приведена энергия распада дополнительных нейтронов в изотопах гелия.

Таблица 1.4. Энергия распада изотопов ${}^5\text{He}$ – ${}^{10}\text{He}$.

Изотоп	Тип распада	Энергия распада
${}^5\text{He}$	${}^4\text{He}+n$	-0,89
${}^6\text{He}$	${}^4\text{He}+2n$	0,97
${}^7\text{He}$	${}^6\text{He}+n$	-0,44
${}^8\text{He}$	${}^6\text{He}+2n$	2,14
${}^9\text{He}$	${}^9\text{He}+n$	-0,52
${}^{10}\text{He}$	${}^8\text{He}+2n$	-1,66

${}^5\text{He}(0)$ (рис. 2.26). Проблема нечетного числа ядерных связей и отсутствия спина решена так же, как и в ${}^6\text{He}$. Первый возбужденный 2^+ -уровень ($\sim 3,6$ МэВ) имеет такую же природу, как и у ${}^6\text{He}$. Различие заключается только в числе нейтронов – в двух центральных кластерах. Механизм последовательного распада через промежуточный резонанс (${}^7\text{He}$) преобладает в процессе образования ${}^6\text{He}$.

${}^9\text{He}(3/2^*)$ (рис. 2.27). В центральную ядерную связку ядра ${}^8\text{He}$ добавляется еще один нейтрон по такому же принципу, как и в ядре ${}^7\text{He}$. Спин $1/2^*$ – это предполагаемое значение, т.к. данные о значении спина этого ядра в [7], [8] отсутствуют. Нельзя исключать и спин $3/2$.

${}^{10}\text{He}(0)$ (рис. 2.28). В ядро ${}^9\text{He}$ добавляется еще один нейтрон. Известно, что распад ядра ${}^{10}\text{He}$ сопровождается одновременным вылетом двух нейтронов. Их последовательная эмиссия невозможна из-за того, что оба нейтрона находятся в одной ядерной связке. Дальнейший рост нейтронов, исходя из принципа Паули, уже невозможен.

В качестве резюме о структуре первых легких ядер сформулируем основные правила определения спина и магнитного момента ядер.

Правило 1 (для одного кластера).

• Спины нуклонов, находящихся в одном кластере, суммируются. Спины нуклонов, находящихся в одной ядерной связке, но с противоположной направленностью спинов, компенсируются.

• Магнитные моменты нуклонов, находящихся в одном кластере, определяются так же, как и спины нуклонов; но с учетом знака (протон "+", нейтрон "-").

Правило 2 (для нескольких кластеров).

• Если кластеры пронумеровать слева направо, то при определении спина и магнитного момента ядра спин и магнитный момент четных кластеров компенсирует спин и магнитный момент нечетных кластеров.

Правило 3. Определение орбитального и магнитного моментов ядра.

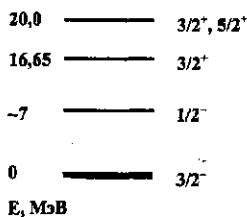
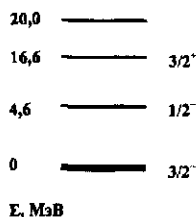
• Нескомпенсированные нуклоны генерируют равный их количеству орбитальный момент. Просуммировав результирующий спин нуклонов с орбитальным моментом ядра, получим *экспериментальное* значение спина ядра.

• Экспериментальный магнитный момент ядра равен сумме (разности) орбитального магнитного момента и магнитного момента нескомпенсированных нуклонов. Знак орбитального момента совпадает со знаком орбитального магнитного момента ядра.

При определении магнитного момента ядра необходимо также учитывать изменение магнитного (зарядового) радиуса протона и нейтрона (через поправочный коэффициент k).

• Если несбалансированные нуклоны находятся в одном кластере, то производится деление на коэффициент k , если в разных кластерах, то умножение.

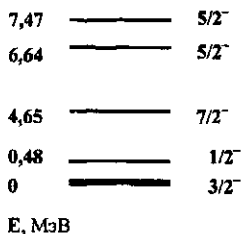
${}^3_5\text{Li}(3/2)$ (рис. 2.29). Ядро имеет такую же структуру, как и ${}^3_2\text{He}$, где произведена зеркальная замена протонов на нейтроны. Энергетический спектр этого ядра (рис. 1.5) эквивалентен энергетическому спектру ядра ${}^3_2\text{He}$ (рис. 1.6) [4]. Природа спина каждого уровня такая же, как и у ядра ${}^3_2\text{He}$.

Рис. 1.5. ${}^3_5\text{Li}$ (2.29).Рис. 1.6. (2.23) ${}^3_2\text{He}$.

${}^6_4\text{Li}(1)$ (рис. 2.30). Это первое стабильное ядро с нечетным числом протонов и нейтронов. Экспериментальное значение радиуса равно $2,57 \pm 0,1$ фм [13]. Малое значение квадрупольного момента этого ядра определено особенностью расположения протонов. Центральная ядерная связка имеет спин 4. Результирующий спин ядерных связок равен двум. Вычитая из спина ядерных связок орбитальный спин равный 2 (т.к. спин нуклонов равен 1), получаем экспериментальное значение спина ядра.

${}^7_3\text{Li}(3/2)$ (рис. 2.31). В центральном кластере два нейтрона и протон, в двух периферийных кластерах по одному дейтрону. Доминирующие реакции $\gamma + {}^7_3\text{Li} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \{\gamma + t \rightarrow 2n + p\}$ [14]. Для приведенного на рис. 1.7 [15] спектра ядра ${}^7_3\text{Li}$ предлагается следующая интерпретация. Первый уровень связан с колебаниями двух периферийных ядерных связок, следующий — с колебаниями двух кластеров дейтерия. Колебательный момент четырех нуклонов $4 - 1/2 = 7/2$. Последние два уровня связаны с колебанием нейтронов в центральном кластере. Значение $E_{5/2}^*(6,64)$ соответствует колебанию неспаренного нейтрона вдоль ядерной связки.

Уровню с энергией ($E_{5/2}^* = 7,47$) соответствует колебание двух нейтронов в

Рис. 1.7 (2.31). ${}^7_3\text{Li}$

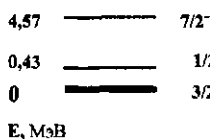
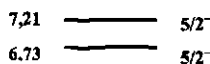
центральной кластере. Средний радиус равен $2,98 \pm 0,05$ фм [16]. Оккупольный магнитный момент $\Omega = (9,3 \pm 0,04) \mu \text{ фм}^2$.

${}^8\text{Li}(2)$ (рис. 2.32). В этом ядре четыре ядерные связки и три кластера; $k = 1,35$. В процессе распада один нейтрон превращается в протон и переходит в кластер из двух нуклонов. На следующем этапе происходит разрыв ядерных связей и формирование двух α - частиц.

${}^9\text{Li}(3/2)$ (рис. 2.33). Ядро построено на базе ядра ${}^8\text{Li}$, где в каждый кластер с двумя нуклонами добавляется по одному нейтрону. Среднеквадратичный радиус ядра ${}^9\text{Li}$ $r = 2,32 \pm 0,02$ фм.

${}^{11}\text{Li}(1/2)$ (рис. 2.34). В периферию ядра ${}^9\text{Li}$ добавлены два нейтрона. Экспериментальное значение радиуса равно $2,57 \pm 0,1$ фм. В ядрах с конфигурацией типа ${}^{11}\text{Li}$ колебания нуклонов, входящие в гало ядра, имеют малую энергию возбуждения. Это связано с особенностью их присоединения к базовой структуре ядра. Энергия отделения двух нейтронов ${}^{11}\text{Li}$ составляет $\sim 0,2 \text{ МэВ}$ [13]. Энергия отделения пары нейтронов $\epsilon_{2n} = 247 \pm 80$ кэВ.

${}^4\text{Be}(0)$ (рис. 2.35). Ядро, как и у гелия, состоит из двух кластеров, но в каждый из них добавлен протон. Схожесть с базовой структурой, естественно, отражается и на схожести энергетического спектра ядер. Ядра ${}^6\text{Be}$ распадаются только трехчастичным ($\alpha + 2n$) образом, что свидетельствует об одной общей ядерной связке.



${}^7\text{Be}(3/2)$ (рис. 2.36). Здесь повторяется структура ядра ${}^7\text{Li}$, где произведена зеркальная замена протонов на нейтроны. Энергетический спектр ядер ${}^7\text{Be}$ (рис. 1.8) и ${}^7\text{Li}$ (рис. 1.7) [15] почти совпадает. Среднеквадратичный радиус ядра ${}^7\text{Be}$ $r = 2,7 - 3,0$ фм. Оккупольный магнитный момент $\Omega = (3,8 - 4,0) \mu \text{ фм}^2$ [16].

Рис. 1.8 (2.36) ${}^7\text{Be}$

${}^8\text{Be}(0)$. (рис. 2.37). Базовой структурой этого ядра является ядро ${}^7\text{Li}$, где в центральный кластер добавлен протон. Из экспериментальных данных известно, что у этого ядра аномально вытянутая структура.

В ядре ${}^8\text{Be}$ имеются два уровня с энергиями возбуждения 16,62 МэВ и 16,92 МэВ [3]. Уровни характеризуются одинаковыми квантовыми числами $J^\pi = 2^+$, но разным изоспином. Такая особенность ядра ${}^8\text{Be}$ связана с размещением второго протона в центральном кластере. Протон почти с такой же вероятностью может размещаться ниже нейтронного ряда (рис. 2.37 б). В первом варианте $T = 0$, во втором $T = 1$. Физический смысл изоспина связан с наличием дополнительной степени свободы второго (из центрального кластера) протона внутри одного квантового уровня.

Высокий уровень возбуждения ($E^*(2^+) \sim 16,62$ МэВ и 16,92 МэВ) означает, что в формировании ядра участвуют ядерные связки с $l = 2$. Радиус ядра ${}^8\text{Be}$ равен 2,5 фм [17].

В $\alpha\alpha$ -системе существует узкий брейт-вигнеровский резонанс ${}^8\text{Be}(0^+)$ [18] с энергией $E_r = 92,12 \pm 0,05$ кэВ, $\Gamma = 6,8 \pm 1,7$ эВ. Из-за малости энергии природа этого резонанса связана с колебаниями двух периферийных дейтронов относительно центрального кластера.

${}^5_7\text{B}$ (3/2) (рис. 2.38). Структура – зеркальное отображение структуры ${}^5_7\text{He}$. Магнитный момент, возможно, равен 2,3 мб.

${}^8_8\text{B}(2)$ (рис. 2.39). Структура повторяет структуру ядра ${}^8_8\text{Li}$. Зарядовый радиус 2,98 фм. Аномально большой квадрупольный момент $Q = 68,3$ мб.

${}^6_8\text{C}(0)$ (рис. 2.40). Структура ${}^6_8\text{C}$ представляет собой структуру ${}^6_8\text{He}$, в котором произведена зеркальная замена протонов на нейтроны.

${}^9_8\text{C}(3/2)$ (рис. 2.41). Ядро ${}^9_8\text{Li}$ является зеркальным по отношению к ${}^9_8\text{C}$, где произведена замена протонов на нейтроны.

Глава 3

Структура ядра с четырехсторонней квазиоболочкой

Группа II

3.1. Квазиоболочка $1^{Z=4-8}_{A=9-17}$ Be, B, C, N, O

В первую квазиоболочку вошли ядра, имеющие объемную конфигурацию из двух ярусов ядерных связок. В проекции вдоль главной оси ядра это квадрат (рис. 2.42 а, б). При формировании объема из ядерных связок необходимо учитывать, что они находятся под углом по отношению друг к другу. Следовательно, моменты нуклонов, находящихся в горизонтальном ярусе, меняют свою ориентацию. Обозначим ядерную связку, вращающуюся по часовой стрелке, знаком плюс, против часовой стрелки – знаком минус. В плоскости получим сочетание знаков (+) (-) (+) (-) (рис. 2.44). Свернув ядерные знаки в квадрат, получим сочетание знаков (+) (+) (-) (-) (рис. 2.45). Для определения спина ядерной оболочки необходимо учитывать изменения знаков при сворачивании ядерных связок в объем. Особенность этой квазиоболочки состоит в том, что в горизонтальном ярусе находятся только нейтроны и их число фиксировано. Следовательно, их моменты взаимнокомпенсированы и не участвуют в определении спина оболочки ядра. Кулоновское поле протонов стремится выстроить ядерные связки в плоскость, а нейтроны в горизонтальной связке задают направление сворачивания ядерных связок в объем. Спин оболочки определяется нуклонами в узлах вертикальных секторов по той же методике, что и раньше. Необходимо учесть, что спины нуклонов в узлах вертикальных секторов во втором ярусе имеют противоположный знак.

На рис. 2.43 показана структура ядра ${}^9\text{Be}(3/2)$. Это первое стабильное ядро с объемной конфигурацией. Число нейтронов с горизонтальной ориентацией фиксировано, поэтому их спин при определении спина ядра в дальнейшем будем игнорировать. Радиус равен $2,519(12)\text{фм}$, магнитный момент $1,1778(9)\mu_0$ [19].

$^{10}\text{Be}(0)$ (рис. 2.46). На рис. 1.9 изображены спектры возбуждения ядер ^{10}Be , ^{10}B и ^{10}C [20]. Приведенный спектр является хорошей подсказкой для определения структуры ядер ^{10}B и ^{10}C .

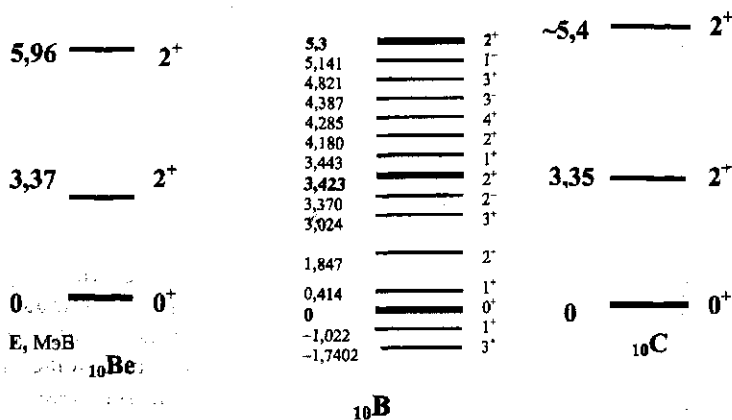


Рис. 1.9. Энергетический спектр ядер ^{10}Be (рис. 2.46), ^{10}B (рис. 2.52), ^{10}C (рис. 2.57).

$^{11}\text{Be}(1/2)$ (рис. 2.47). Ядро строится на базе ядра ^{10}Be путем добавления нейтрона в первый нуклонный ярус.

^{12}Be . В четырех секторах расположено по два нуклона (рис. 2.48). Известно шесть возбужденных уровней ^{12}Be : 2,102, 2,702, 4,56, 5,70, 7,2 и $\approx 9,3$ МэВ. Зная структуру этого ядра, можно предположить, что уровень 4,56 есть следствие кратности уровню 2,102. Небольшое отклонение от кратности спектра связано с изменением жесткости ядерной связи. Уровень 5,70 почти кратен уровню 2,702 ($2,102 - 4,56, 2,702 - 5,70$). Наиболее вероятно, что уровень 2,102 спровоцирован колебаниями нейтронов в горизонтальном ярусе (следовательно, и вибрациями ядерных связок второго яруса). Уровень 2,702 связан с колебанием протонов относительно нейтронов в вертикальных секторах. Уровень 7,2 - с колебанием дейтронных кластеров относительно друг друга, уровень 9,3 есть суммарная энергия колебания дейтронных кластеров и колебаний нуклонов в дейтроне. В работах [21, 22, 23] исследуются различные энергетические спектры ядер с позиции их кратности. Возможно,

понимание механизмов связи между нуклонами и их кластерных структур позволит аргументированно учитывать различные нелинейные эффекты, приводящие к нарушению кратности спектра.

$^{13}\text{Be}(1/2, 5/2)$ (рис. 2.49). Это ядро реализуется в двух вариантах. В первом варианте во втором ярусе формируется дейтонный кластер. Во втором варианте первого ядерного яруса в одном из узлов формируется тритий с возбужденной ядерной связкой.

$^{14}\text{Be}(0)$ (рис. 2.50). В узлах первого ядерного яруса размещены два дейтронных кластера и два тритиевых кластера.

$^5_9\text{B}(3/2)$ (рис. 2.51). Зеркально повторяется структура ядра ^9Be .

$^{10}\text{B}(3)$ (рис. 2.52). В первый ярус ядерной связки ядра ^9Be добавили нейтрон. Спектр ядра (рис. 1.9) имеет более богатую структуру, чем ядра ^{10}Be . Это связано с нарушением симметрии как первого, так и второго яруса, но, тем не менее, сохраняется базовая структура ядра (оболочки).

$^{11}\text{B}(3/2)$ (рис. 2.53). Это ядро более распространенное, чем ^{10}B , т.к. в первой ядерной связке с добавлением нейтрона восстанавливается симметрия оболочки.

$^{12}\text{B}(1)$ (рис. 2.54). На рис. 1.10 приведены энергетические спектры ядер ^{12}B , ^{12}C и ^{12}N [24].

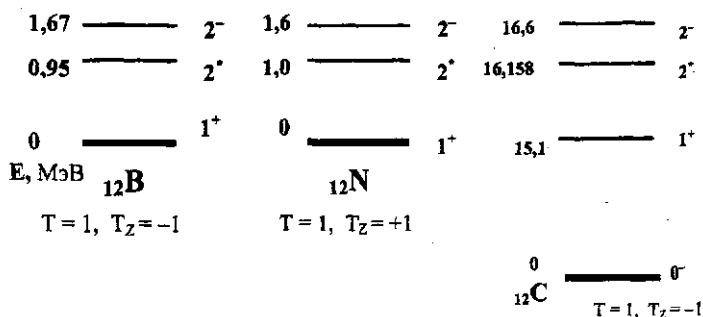


Рис. 1.10. Энергетический спектр ядер ^{12}B (рис. 2.48), ^{12}N (рис. 2.54), ^{12}C (рис. 2.59).

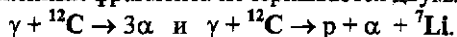
${}_{13}\text{B}(3/2)$ (рис. 2.55). В первом ярусе ядра ${}_{9}\text{B}$ вместо протонов разместили дейтроны.

${}_{14}\text{B}(3/2)$ (рис. 2.56). В структуре ядра ${}_{13}\text{B}$ во второй связке к протону добавляется нейтрон.

${}_{10}\text{C}(0)$ (рис. 2.57). В вертикальных узлах полностью отсутствуют нейтроны.

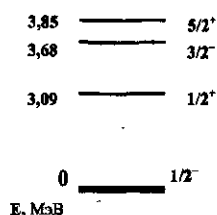
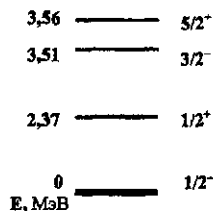
${}_{11}\text{C}(3/2)$ (рис. 2.58). Появление нейтрона в вертикальном узле значительно увеличивает время существования ядра (с 19,255 с. до 20,385 мин).

${}_{12}\text{C}(0)$ (рис. 2.59). Добавление еще одного нейтрона в вертикальный узел переводит ядро в категорию стабильных ядер. Среднеквадратичный радиус ядра равен 2,48 фм [17]. В одной из проекции ядра ${}_{12}\text{C}$ протоны находятся в вершинах треугольника. Неравномерное распределение нуклонов по секторам сказывается на характере энергетического спектра. В реакции ${}_{12}\text{C}(\gamma, 3\alpha)$ два пика ($E_{\gamma} \approx 17\text{МэВ}$ и $E_{\gamma} \approx 28\text{МэВ}$). [25] Для реакции ${}_{12}\text{C}(\gamma, p\alpha, \text{Li})$ также характерны два пика в сечении реакции: для $E_{\gamma} \approx 33\text{МэВ}$ и $E_{\gamma} \approx 39\text{МэВ}$. Полученные экспериментальные данные показывают, что при энергии γ -квантов до 46 МэВ фоторасщепление ядер углерода на три заряженных фрагмента исчерпывается двумя реакциями:



${}_{13}\text{C}(1/2)$ (рис. 2.60). В первую ядерную связку добавляется один нейтрон. В этой связке остается еще одна нейтронная вакансия. На рис. 1.11 приведен энергетический спектр ${}_{13}\text{C}$ [26]. Поскольку два протона во второй связке меньше всего скреплены с ядром (т.к. второй ярус не замкнут), первый уровень следует связывать с вибрацией этих протонов.

Второй уровень связан с возбуждением в одном из секторов первого яруса ядерной связки. Орбитальный момент ядра в этом состоянии равен двум. Вычитая спин "вакансии", получаем результирующий спин ядра $3/2$ с противоположной четностью.

Рис. 1.11. ^{13}C .Рис. 1.12. ^{13}N .

$^{13}\text{C}^*(5/2)$ (рис. 2.61). На этом рисунке изображена структура ядра ^{13}C в возбужденном состоянии. Добавление спина нейтронной "вакансии" к орбитальному моменту ядра четность ядра (в отличие от уровня $3/2$) не меняет.

^{14}C (рис. 2.62). Закрывается вакансия первого яруса, но ядро при этом имеет аномально большую деформацию, что явно не способствует его распространности.

$^{14}\text{C}^*$ (рис. 2.63). Во втором ярусе появляется возбужденная ядерная связка, что и провоцирует появление орбитального момента ядра.

$^{15}\text{C}(1/2)$ (рис. 2.64). Дополнительный нейтрон начал заполнять второй ярус ядерной оболочки.

$^{7}_{12}\text{N}(1)$ (рис. 2.65). Структура ядра строится на базе структуры ядра B_{12} , где три нейтрона заменили на протоны, а протон на нейтрон.

$^{7}_{13}\text{N}(1/2)$ (рис. 2.66). Структура зеркальна относительно структуры ^{13}C , в которой протоны заменены нейтронами. ~~Также~~ повторяется спектральная картина энергетического возбуждения этого ядра (рис. 1.12).

$^{7}_{14}\text{N}(1)$ (рис. 2.67). В первом ярусе имеется одна нейтронная вакансия. Из-за равенства спина нуклонов единице орбитальный момент ядра равен двум. Результирующий спин ядра равен единице.

${}^7_{15}\text{N}(1/2)$ (рис. 2.68). Если исходить из значения магнитного момента ядра, то четвертый нейтрон разместится во втором ярусе.

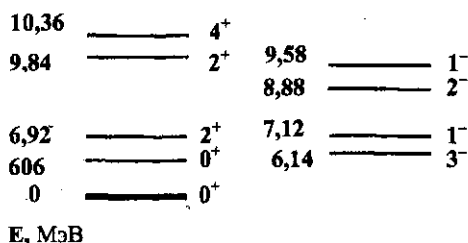
${}^8_{14}\text{O}(0)$ (рис. 2.69) – зеркальное отражение ядра ${}_{14}\text{C}$. Под зеркальным отражением подразумевается, что происходит замена протонов на нейтроны, но при этом нейтроны в горизонтальных связках остаются на месте.

${}^8_{14}\text{O}^*(1)$ (рис. 2.70). Первое возбужденное состояние является следствием возбуждения ядерной связки в первом ярусе. Орбитальный момент ядра инициирован возбужденной связкой.

${}_{15}\text{O}(0)$ (рис. 2.71). В первом ярусе остается нейтронная вакансия.

${}_{16}\text{O}(0)$ (рис. 2.72). Как известно, это ядро является дважды магическим. Число протонов и нейтронов кратно количеству сторон оболочки, которая имеет кубическую форму. В первом ядерном ярусе размещаются четыре дейтонных кластера, во втором ярусе – четыре протона. У ядерных связок с дейтонными кластерами $l = 2$. У ядерных связок второго яруса $l = 1$. Первое возбужденное состояние (1_1^0) связано с переходом ядерных связок второго уровня в состояние с $l = 2$ (рис. 1.13). Природа более высокого уровня связана с когерентными колебаниями нейтронов относительно всего ядерного остова.

При возрастании энергии возбуждения по такой же схеме приобретают вибрационное движение четыре протона во второй связке, в результате чего в спектре наблюдается два уровня с одинаковым спином и четностью.

Рис. 1.13. Энергетические уровни ядра ^{16}O

Тот факт, что одна сторона ядерной оболочки углерода совпадает (по своей структуре) с одной из сторон кислорода, вполне объясняет наличие схожих уровней (2^+_{2-} состояния в ^{16}O и 2^+_{1-} состояние в ^{12}C).

$^{16}\text{O}^*(0)$ (рис. 2.73). Во втором ярусе ядерные связки переходят из основного состояния ($l = 1$) в состояние с $l = 2$.

$^{17}\text{O}(5/2)$ (рис. 2.74). Для того чтобы получить экспериментальное значение спина и магнитного момента ядра, необходимо во второй ярус ядерной связки добавить нейтрон из первого яруса. При равенстве результирующего спина нуклонов $3/2$ орбитальный момент равен трем. Добавив к орбитальному моменту момент ядерной связки, получим результирующий орбитальный момент. Вычитая из результирующего орбитального момента спин нейтрона, получим экспериментальное значение спина ядра.

$^{17}\text{F}(5/2)$ (рис. 2.75). Если в предыдущем ядре в первом ярусе была нейтронная вакансия, то в этом ядре в первом ярусе наблюдается протонный избыток. Нейтронная вакансия в ядре ^{17}O и протонный избыток в ядре ^{17}F воспринимаются как локальный дефект оболочки. Следовательно, это отражается и на схожести энергетического спектра [3] ядер (рис. 1.14).

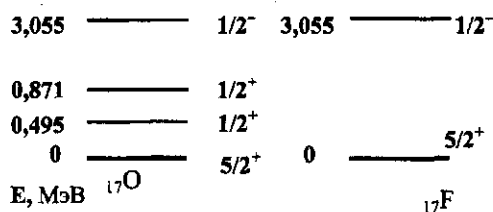


Рис. 1.14. Схема уровней ядер ^{17}O и ^{17}F .

Дислокация, вносимая нечетным нуклоном, ослабляет прочность ядерной оболочки, что является определяющим фактором, ограничивающим число изотопов. Если исходить из того, что нейтрон – это "разогретый" протон, то интервал стабильных изотопов как бы определяет интервал "нагрева" оболочки без перехода в новое состояние.

Группа III

3.2. Квазиоболочка $2^{Z=8-14}_{A=18-28}$

O, F, Ne, Na, Mg, Al, Si

Базовая структура квазиоболочки дана на рис. 2.76 и 2.77. На рис. 2.76 (а) схематично изображен каркас, образуемый ядерными связками. На рис. 2.77 изображена структура ядра ^{20}Ne в развороте со всеми нуклонами. На рис. 2.78 дается структура этого же ядра в упрощенном варианте, т.е. ядерные связки представлены в виде квадратных секций, а нейтроны, находящиеся в вертикальных узлах каркаса, не изображаются. Нуклоны, определяющие спин, орбитальный и магнитный моменты ядра, имеют горизонтальную ориентацию спина.

С ростом числа нуклонов происходит наращивание горизонтальных ярусов ядерных связей. При достижении критического значения числа ярусов (4) увеличивается число вертикальных секторов до шести. Из-за особенности, связанной с четностью сторон, шестиугольная форма существует только в трехъярусной конфигурации.

При дальнейшем наращивании числа нуклонов происходит увеличение числа вертикальных секторов до восьми. Во всех последующих ядрах число вертикальных секторов фиксировано и равно восьми, а число горизонтальных ярусов меняется от трех до девяти. В ядрах с шестиугольной и восьмиугольной формой внутри ядерной оболочки появляется кластер.

Независимо от числа секторов и ярусов, начиная со второй группы, в узлах вертикальных секторов ядер размещаются только нейтроны. Результирующий магнитный момент и спин этих нейтронов всегда равен нулю. Поэтому для удобства восприятия мы их не изображаем, а лишь пишем количество (слева от рисунка). Мелким курсивом рядом с этим числом пишем число нейтронов в горизонтальных ярусах оболочки.

Для того чтобы определить спин ядра, необходимо предварительно определить спин каждого сектора. Под сектором подразумевается боковая сторона ядерной оболочки без нуклонов, находящихся в вертикальных узлах. Методика определения спина и магнитного момента в секторе такая же, как в нулевой группе ядер, только компенсация ведется не слева

направо, а сверху вниз. После определения спина каждого сектора производится их суммирование. В зависимости от результирующего значения спина секторов определяется орбитальный момент ядра. Орбитальный момент равен числу несбалансированных нуклонов. Например, при спине $3/2$ орбитальный момент оболочки равен 3, а при спине 1 орбитальный момент оболочки равен 2. В некоторых случаях к орбитальным моментам оболочки добавляется (либо из них вычитается) момент несбалансированной ядерной связки.

*Экспериментальное значение спина ядра равно сумме спинов несбалансированных нуклонов с орбитальным моментом ядра. При этом необходимо учитывать, что при сворачивании ядерных связок в объемную конфигурацию происходит изменение четности ядерных секторов. Для удобства определения результирующей четности несбалансированных нуклонов оболочку ядра разделили на две части. В левой части нижнего яруса оболочки все нуклоны имеют положительную четность, в правой части – отрицательную. Если нуклон в процессе ядерной реакции перешел с последнего яруса на предпоследний, то его четность меняется.

$^{18}\text{O}(0)$ (рис. 2.78 и 2.79). Из рис. 2.79 видно, что в принципе формирования ядерной оболочки появляются существенные качественные изменения. В оболочке помимо нейтронов в вертикальных узлах формируется экваториальная область. В ядре ^{18}O протоны относительно экватора ядра размещаются несимметрично, нейтронная симметрия при этом сохраняется. Нейтроны в вертикальных узлах (обозначенные штриховым контуром на рис. 2.78) и свободные ядерные связки (т.е. без узловых нейтронов) в дальнейшем для упрощения рисунка не изображаем.

Появление новых секторов или ярусов при возрастании массы ядра формально можно рассматривать как новое фазовое состояние ядра. По экспериментальным данным можно найти точки фазового перехода.

Спектр ^{18}O напоминает спектр уровней слабо расщепленного гармонического осциллятора [27]. Из рисунка 2.79 видно, что причина расщепления связана с двумя нейтронами в экваторе оболочки. Протоны формируют заряженную поверхность, колебания которой эквивалентны колебаниям заряженной капли. Нейтроны на поверхности заряженной капли вносят локальные неоднородности, что предопределяет расщепление энергетического спектра.

$^{19}\text{O}(3/2)$ (рис. 2.80). В экватор ядра ^{18}O добавляется дополнительный нейтрон.

$^{20}\text{O}(0)$ (рис. 2.81). Протоны относительно экватора расположились симметрично.

$^{21}\text{O}(5/2)$ (рис. 2.82). Добавленный нейтрон нарушает нейтронную симметрию относительно экватора оболочки.

$^{22}\text{O}(0)$ (рис. 2.83). По такой же схеме, как и у предыдущего ядра, добавляется еще один нейтрон.

$^9_{18}\text{F}(1)$ (рис. 2.84). Расположение нечетного нейтрона и протона определено экспериментальным значением спина ядра, а значит, можно определить магнитный момент:

$$-\mu_n - \mu_p + \mu_{\text{об.}} = -1,91 - 2,79 + 2_{\text{об.}} = 2,70\mu_0.$$

$^{19}\text{F}(1/2)$ (рис. 2.85). Добавление нейтрона в экватор оболочки переводит ядро ^{19}F в категорию стабильных ядер.

$^{10}_{18}\text{Ne}(0)$ (рис. 2.86). В оболочке ни одного "свободного" нейтрона, все нейтроны зафиксированы в узлах вертикальных секторов. Деформация ядра аномально высокая ($\beta = +0,325$). Схожесть спектра (рис. 1.15) [28] ядер O^{18} и ^{18}Ne обусловлена тем, что дополнительные два нуклона в обоих случаях воспринимаются как некие локальные дефекты оболочки. В ^{18}Ne два протона меньше скованы ядерным каркасом оболочки, поэтому спектр немного разнообразней, чем у O^{18} .

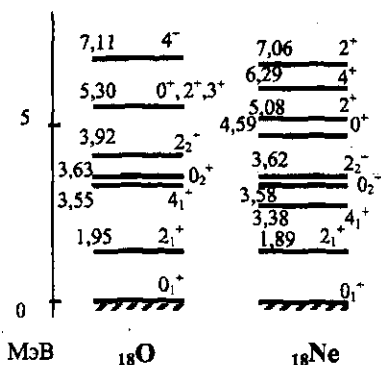


Рис. 1.15. Экспериментальный спектр ядер ^{18}O и ^{18}Ne .

$^{19}\text{Ne}(1/2)$ (рис. 2.87). Добавление нейтрона в экватор оболочки почти в три раза увеличивает время жизни ядра. В ядре ^{19}Ne по отношению к ядру ^{19}F меньше локальных дефектов, и, как следствие, ядерная оболочка более жесткая, что отражается в спектрах ядер (рис. 1.16) [3]. Появление спина $5/2$ связано с появлением возбужденной ядерной связки.

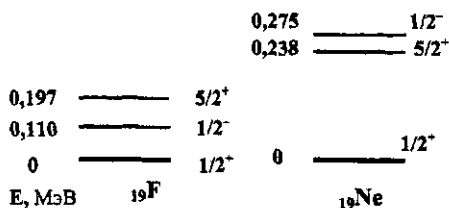


Рис. 1.16. Схема уровней ядер ^{19}F и ^{19}Ne .

$^{10}_{20}\text{Ne}$ (рис. 2.88). Добавление еще одного нейтрона в экватор оболочки переводит ядро в категорию стабильных. Деформация оболочки аномально большая ($\beta = +0,350$).

$^{10}_{21}\text{Ne}(3/2)$ (рис. 2.89). С тремя нейтронами в экваторе оболочки уже проявляется эффект вакансии (или "дырки"). Это выражается тем, что следующее ядро, в котором добавляется четвертый нейтрон ($^{10}_{22}\text{Ne}$ рис. 2.90), более стабильное.

$^{10}_{23}\text{Ne}(5/2)$ (рис. 2.91). Дополнительный нейтрон размещается в нижнем нуклонном ярусе. Расчетный магнитный момент ядра равен $-0,08\mu_B$, а экспериментальное значение равно $-1,08\mu_B$.

$^{10}_{24}\text{Ne}$ (рис. 2.92). Добавление второго нейтрона в нижний ярус почти в шесть раз увеличивает время жизни.

$^{11}_{22}\text{Na}(3)$ (рис. 2.93). В ядре имеется две нуклонные вакансии, которые и определяют спин.

$^{11}_{23}\text{Na}(3/2)$ (рис. 2.94). Спин и магнитный момент ядра определяются одной протонной вакансией.

$^{12}_{24}\text{Mg}$ (рис. 2.95). Ядерная оболочка полностью закрыта по протонам и нейтрона, но аномально большой дефект ядра снижает энергию связи, что мешает ему войти в число дважды магических ядер.

По структуре оболочки можно предположить три моды гигантского резонанса. Первая мода связана с колебанием одного из полюсов относительно остальной части ядра. Вторая мода есть оптические колебания полюсов относительно экватора. И третья мода – это "дыхательные" колебания экватора.

$^{12}_{25}\text{Mg}(5/2)$ (рис. 2.96). В полюсе оболочки ядра появляется несбалансированная ядерная связка.

$^{12}_{26}\text{Mg}$ (рис. 2.97). Симметрия оболочки относительно экватора нарушается, это приводит к фрагментации гигантского резонанса.

$^{12}_{27}\text{Mg}(1/2)$ (рис. 2.98). В оболочке ядра, в нижнем нуклонном ярусе имеется нейтронная вакансия, которая и определяет орбитальный и магнитный моменты ядра. В [7 и 8] отсутствуют данные о магнитном моменте ядра.

$^{12}_{28}\text{Mg}$ (рис. 2.99). Оболочка полностью заполнена по протонам и нейтронам и имеет аномально большую деформацию ($\beta = +0,589$).

$^{13}_{26}\text{Al}(3)$ (рис. 2.100). Нечетный протон разместился в экваторе ядра. Спин и магнитный момент ядра определяются двумя нуклонными вакансиями.

$^{13}_{27}\text{Al}(5/2)$ (рис. 2.101). Локальные дефекты (один протонный дефект и два – нейтронных) сгруппировались в одном секторе оболочки.

$^{13}_{28}\text{Al}(5/2)$ (рис. 2.102). Из экспериментального значения спина и магнитного момента ядра следует, что нечетный нейтрон разместился в экваторе.

$^{14}_{28}\text{Si}$ (рис. 2.103) Это ядро завершает вторую квазиоболочку. Два сектора перенасыщены нуклонами. Ядро имеет сплюсненную форму, т.к. дополнительные (по сравнению с $^{12}_{26}\text{Mg}$) два протона добавлены в экватор оболочки. Такое размещение приводит к усилению дыхательной моды ядра.

3.3. Квазиоболочка 3 $Z = 14 - 20$ $A = 29 - 40$

Si, P, S, Cl, Ar, K, Ca_{40,41}

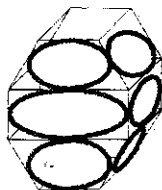


Рис. 1.17. Трехъярусный квадратный каркас, построенный из ядерных связок.

Квазиоболочка 3 формируется из трех ярусов ядерных связок (рис. 1.17, рис. 2.104). На первом этапе протоны относительно нуклонного экватора расположены симметрично. Нейтроны в вертикальных узлах относительно нуклонного экватора расположены с нарушением симметрии.

$^{12}_{30}\text{Mg}$ (рис. 2.105) является первым ядром с тремя ярусами ядерных связок. Ядро нестабильно, в процессе двух β -распадов превращается в $^{30}_{30}\text{Si}$.

$^{14}_{29}\text{Si}(1/2)$ (рис. 2.106). Это первый стабильный изотоп с тремя ярусами. Все три "свободных" нейтрона размещены в экваторе оболочки.

$^{14}_{30}\text{Si}$ (рис. 2.107). Расположение протонов такое же, как и у ядра $^{28}_{30}\text{Si}$, которое имеет двухъярусную структуру каркаса. Ядро имеет anomalously высокую сплюснутую деформацию оболочки, чуть меньше, чем у ядра $^{28}_{30}\text{Si}$ ($A=28$ $\beta = -0,360$ и $A=30$ $\beta = -0,321$).

$^{14}_{31}\text{Si}(3/2)$ (рис. 2.108). Дополнительный (нечетный) нейтрон расположен в нижнем нуклонном ярусе. Расчетное значение магнитного момента равно $0,65\mu_0$. Экспериментально магнитный момент ядра не определен.

$^{14}_{32}\text{Si}$ (рис. 2.109). С добавлением нейтрона (нижний ярус) оболочка становится менее жесткой, что и объясняет увеличение деформации ядра по отношению к ^{30}Si ($\beta = -0,345$).

$^{15}_{30}\text{P}$ (рис. 2.110). Нечетный протон, как и нечетный нейтрон, разместились в экваторе. Результирующий спин секторов равен 1. Следовательно, орбитальный момент ядра равен 2. Вычитая из орбитального момента ядра спин секторов, получим экспериментальное значение спина ядра. Расчетное значение магнитного момента ядра равно $2,8\mu_0$.

$^{15}_{31}\text{P}(1/2)$ (рис. 2.111). Экватор по нейтронам закрыт полностью. В оболочке имеется одна протонная вакансия.

$^{16}_{32}\text{S}$ (рис. 2.112). Экватор закрывается и по протонам. Наблюдается протонная и нейтронная (рассматриваются только "свободные" нейтроны) симметрия относительно экватора. Оболочка является жесткой, т. к. несмотря на добавление двух протонов в экватор деформация ядра ($\beta = -0,210$) относительно ^{32}Si уменьшается.

$^{16}_{33}\text{S}(3/2)$ (рис. 2.113). Дополнительный нейтрон разместился в нижнем нуклонном ярусе.

$^{16}_{34}\text{S}$ (рис. 2.114). Добавление еще одного нейтрона в область нижнего полюса ядра делает ядро еще более плоским ($\beta = -0,215$). Следовательно, оболочка менее жесткая, чем у ^{32}S .

$^{16}_{35}\text{S}(3/2)$ (рис. 2.115). В оболочке ядра одна нейтронная вакансия.

$^{16}_{36}\text{S}$ (рис. 2.116). Резкое вытягивание формы ($\beta = -0,173$), означает, что начался процесс заселения протонами верхнего яруса.

Число 16р в третьей квазиоболочке можно было бы отнести к магическим из-за кратности четырем, но большая деформация оболочки снижает энергию связи нуклонов, что не позволяет этого сделать.

$^{17}_{35}\text{Cl}(3/2)$ (рис. 2.117). В верхний ярус ядра ^{36}S добавляется еще один протон, а вместе с ним одна несбалансированная ядерная связка.

$^{17}_{37}\text{Cl}(3/2)$ (рис. 2.118). В нижний ярус ядра $_{35}\text{Cl}$ добавляются два нейтрона.

$^{18}_{36}\text{Ar}$ (рис. 2.119). Экватор ядра по протонам полностью закрыт (8 протонов). Деформация ядра ($\beta = -0,172$) почти такая же, как и у $_{36}\text{S}$. Сохранение деформации ядра после добавления двух протонов в его экватор связано с наличием протонов в верхнем ярусе.

$^{18}_{37}\text{Ar}(3/2)$ (рис. 2.120). Нейтронами начинает заполняться нижний нуклонный ярус.

$^{18}_{38}\text{Ar}$ (рис. 2.121). В нижнем нуклонном ярусе добавляется второй нейтрон.

$^{18}_{40}\text{Ar}$ (рис. 2.122). Нижний нуклонный ярус по протонам и нейтронам полностью закрыт.

$^{19}_{39}\text{K}(3/2)$ (рис. 2.123). "Свободные" нейтроны относительно экватора размещаются симметрично. Верхний и нижний нуклонный ярус по протонам закрыт, но в экваторе появляется протонная вакансия.

$^{40}_{40}\text{K}(4)$ (рис. 2.124). Происходит существенное нарушение нейтронной симметрии относительно экватора ядра. У ядра аномально большой орбитальный момент.

$^{41}_{41}\text{K}(3/2)$ (рис. 2.125). Экватор и нижний нуклонный ярус по нейтронам полностью закрыты. В экваторе имеется протонная вакансия. В [29] числа нейтронов 19 и 21 рассматриваются как антимagicские. В квазиоболочке имеется 3, 5, 7 и 9 свободных нейтронов (нейтроны, не находящиеся в вертикальных узлах оболочки). Число нейтронов в вертикальных узлах третьей квазиоболочки равно 12. Числа $19n$ и $21n$ закрывают третью квазиоболочку.

$^{20}_{40}\text{Ca}(0)$ (рис. 2.126). Это дважды магическое ядро. Как видно из рисунка, все нуклонные ярусы по протонам закрыты. "Свободные" нейтроны относительно экватора размещены симметрично. Ядро имеет почти сферическую форму ($\beta = +0,080$). Небольшая вытянутость ядра свидетельствует, что квазиоболочка подошла к критическому значению, после которого происходит появление нового яруса. Ядерные связи второго и третьего яруса находятся в состоянии двукратного возбуждения.

$^{20}_{40}\text{Ca}^*(0)$ (рис. 2.127). Первое возбужденное состояние связано с возбуждением ядерных связок в первом ярусе.

$^{20}_{41}\text{Ca}(7/2)$ (рис. 2.128). Это последнее ядро в третьей квазиоболочке. У ядра аномально большой спин (7/2). Один из протонов экватора перешел в верхний ярус, что стало началом формирования экватора из двух нуклонных ярусов.

Ядра третьей квазиоболочки, как правило, имеют сплюсненную конфигурацию. Это связано с мощной экваториальной областью третьей квазиоболочки и высокой жесткостью ядерного каркаса.

Магическими числами третьей квазиоболочки являются $4n$ и $8n$ по нейтронам, или $(4 + 12)$ и $(8 + 12)$. По протонам магическими числами являются $16p$ и $20p$. При $Z = 16$ деформация ядра аномально большая, поэтому это число не входит в категорию общепринятых магических чисел.

3.4. Квазиоболочка $4 \quad Z = 20 - 28 \quad A = 42 - 62$

$\text{Ca}_{42, 43, \dots}, \text{Sc}, \text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Fe}, \text{Co}_{59, 60 \text{ m}}, \text{Ni}_{58, 59, \dots, 61, 62}$

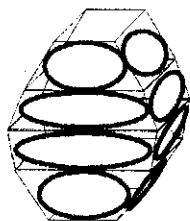


Рис. 1.18. Четырехъярусный квадратный каркас, построенный из ядерных связей.

Четвертая квазиоболочка является четырехъярусной (рис. 1.18, 2.129 а, б). Начинается с ядра ${}_{42}\text{Ca}(0)$ и завершается ядром никеля. Экватор ядра формируется из двух нуклонных ярусов. Все ядра четвертой квазиоболочки имеют вытянутую деформацию.

${}_{42}^{20}\text{Ca}(0)$ (рис. 2.130) имеет вытянутую форму. Малая распространенность ядра обусловлена тем, что именно с него начинает формироваться новая квазиоболочка. Это значит, что жесткость ядерного каркаса еще слабая.

${}_{43}^{20}\text{Ca}(7/2)$ (рис. 2.131). Из экспериментального спина $(7/2)$ и магнитного момента $(-1,32 \mu_0)$ ядра следует, что в оболочке нарушается протонная симметрия в области экватора. Суммарный спин секторов оболочки равен $3/2$. Следовательно, орбитальный спин оболочки равен трем. Вычтем спин несбалансированной ядерной связки. Получим, что результирующий орбитальный момент оболочки равен 2. Полный спин ядра равен $3/2 + 2 \text{ орб. обол.} = 7/2_{\text{экспер.}}$

${}_{44}^{20}\text{Ca}(0)$ (рис. 2.132). В третьем ядерном ярусе протоны и нейтроны расположены симметрично.

$^{20}_{45}\text{Ca}(0)$ (рис. 2.133). Здесь, как и в ядре ^{43}Ca нарушается протонная симметрия экватора.

$^{20}_{46}\text{Ca}(0)$ (рис. 2.134). В оболочке по нейтронам имеется две вакансии.

$^{20}_{47}\text{Ca}(7/2)$ (рис. 2.135). Добавление нейтрона не отражается на изменении протонной конфигурации, характерной для ядер кальция с нечетным числом нуклонов.

$^{20}_{48}\text{Ca}(0)$ (рис. 2.136). Ядро является дважды магическим. Распространенность (0,187%) выше, чем у ^{46}Ca (0,0046%). Экватор сформировался на предпоследнем нуклонном ярусе. Из-за смещения экватора ядро имеет грушевидную форму. По нейтронам три последних нуклонных яруса закрыты полностью. Особенность формы оболочки снижает распространенность этого ядра.

$^{21}_{45}\text{Sc}(7/2)$ (рис. 2.137). Экспериментальное значение спина ядра (7/2) уже подразумевает характерное изменение в расположении протонов в экваторе.

$^{21}_{46}\text{Sc}(4)$ (рис. 2.138). Аномально большой спин ядра свидетельствует о сложной конфигурации расположения нуклонов. Нечетный протон и нечетный нейтрон являются для данной оболочки сильным локальным дефектом.

$^{22}_{44}\text{Ti}(0)$ (рис. 2.139). Предпоследний нуклонный ярус по протонам и нейтронам полностью закрыт, начинает заполняться второй экваториальный ярус.

$^{22}_{46}\text{Ti}(0)$ (рис. 2.140). Экваториальный ярус по нейтронам полностью закрыт, по протонам остается еще две вакансии.

$^{22}_{47}\text{Ti}(5/2)$ (рис. 2.141). Дополнительный нейтрон размещается в нижнем нуклонном ярусе. Сильная разница в структуре вертикальных секторов приводит к фрагментации гигантского резонанса.

$^{22}_{48}\text{Ti}(0)$ (рис. 2.142). Экватор по нейтронам закрыт, следовательно, дополнительные два нейтрона размещаются в нижнем нуклонном ярусе.

$^{22}_{49}\text{Ti}(7/2)$ (рис. 2.143). Нарушается симметрия расположения протонов не только в экваторе, но и в вертикальных секторах. Локальные

дефекты, образованные двумя протонами (или двумя протонными вакансиями), расположились рядом.

$^{22}_{50}\text{Ti}(0)$ (рис. 2.144). По нейтронам полностью закрыты три нуклонных яруса.

$^{23}_{50}\text{V}(6)$ (рис. 2.145). Наличие аномально большого спина свидетельствует о существенных локальных дефектах в оболочке.

$^{23}_{51}\text{V}(7/2)$ (рис. 2.146). В экваторе ядра имеется протонная вакансия. Нейтроны относительно экватора расположились симметрично.

$^{24}_{50}\text{Cr}$ (рис. 2.147). Высокую деформацию ядра можно объяснить только тем, что два экваториальных протона "выдавило" на верхний нуклонный ярус.

$^{24}_{51}\text{Cr}(7/2)$ (рис. 2.148). В одном из вертикальных секторов разместилось четыре нейтрона.

$^{24}_{52}\text{Cr}$ (рис. 2.149). Для четырех нуклонных ярусов оболочка по протонам и нейтронам полностью закрыта. Распространенность ядра равна 83,79%.

$^{24}_{53}\text{Cr}(3/2)$ (рис. 2.150). Добавление одного нейтрона качественно меняет размещение нуклонов в оболочке ядра. Экватор по нуклонам становится одноярусным. Размещение протонов относительно экватора симметричное.

$^{24}_{54}\text{Cr}$ (рис. 2.151). Структура предыдущего ядра сохраняется. Ядро сильно вытянутое ($\beta = +0,230$).

$^{25}_{54}\text{Mn}(3)$ (рис. 2.152). Вновь в области экватора начинает формироваться второй нуклонный ярус.

$^{25}_{55}\text{Mn}(5/2)$ (рис. 2.153). Дополнительный нейтрон размещается в нижнем нуклонном ярусе.

$^{26}_{54}\text{Fe}$ (рис. 2.154). Экватор ядра полностью закрыт по протонам и нейтронам. Два протона, закрывшие экватор, изъяты из верхнего нуклонного яруса. Деформация по отношению к ^{54}Cr уменьшается.

$^{26}_{55}\text{Fe}(3/2)$ (рис. 2.155). В одном из вертикальных секторов нейтроны размещаются в четырех нуклонных ярусах.

$^{26}_{56}\text{Fe}$ (рис. 2.156). Ядро имеет большую распространенность (91,72%) и аномально большую деформацию ($\beta = +0,210$). Вытянутая форма ядра означает, что с ростом нейтронов два протона из экватора вновь возвращаются в первый нуклонный ярус.

$^{26}_{57}\text{Fe}(1/2)$ (рис. 2.157). По нейтронам имеется одна нейтронная вакансия. По расчетам, магнитный момент ядра равен $-0,9\mu_0$. В справочниках указан магнитный момент $0,09\mu_0$. Причина такого расхождения остается непонятной.

$^{26}_{58}\text{Fe}$ (рис. 2.158). По нейтронам четыре нуклонных яруса полностью закрыты. По протонам в экваторе имеется еще две вакансии.

$^{26}_{59}\text{Fe}(3/2)$ (рис. 2.159). Это первое ядро, где нейтрон "выдавило" в первый нуклонный ярус.

$^{26}_{60}\text{Fe}$ (рис. 2.160). В первом ярусе размещается еще один нейтрон.

$^{26}_{62}\text{Fe}$ (рис. 2.161). По отношению к предыдущим ядрам значительно уменьшается деформация ($\beta = +0,151$). Это можно объяснить только тем, что два нейтрона заняли сверхзаполненное состояние, что означает размещение четырех нуклонов одного яруса в двух вертикальных секторах.

$^{27}_{59}\text{Co}(7/2)$ (рис. 2.162). В экваторе остается еще одна протонная вакансия.

$^{27}_{60}\text{Co}_m(2)$ (рис. 2.163). В этом ядре 33-й нейтрон вновь "выдавило" в первый нуклонный ярус.

$^{28}_{56}\text{Ni}$ (рис. 2.164). Во всех ярусах оболочка по протонам закрыта. По нейтронам закрыты три яруса. Ядро имеет аномально вытянутую форму ($\beta = +0,151$).

$^{28}_{58}\text{Ni}$ (рис. 2.165). Размещение двух нейтронов в нижнем нуклонном ярусе ведет к уменьшению деформации до $+0,170$, что свидетельствует о снижении жесткости ядерного каркаса.

$^{28}_{59}\text{Ni}(5/2)$ (рис. 2.166). В последнем ярусе имеется одна нейтронная вакансия.

$^{28}_{61}\text{Ni}(3/2)$ (рис. 2.167). В очередной раз 33-й нейтрон "выдавило" в первый нуклонный ярус.

$^{28}_{60}\text{Ni}$ (рис. 2.177). У этого ядра деформация равна $-0,178$. Резкое изменение деформации станет понятным, если предположить, что ядро перешло в другую группу, где уже шесть вертикальных секторов.

$^{28}_{62}\text{Ni}$ (рис. 2.168). Как ни парадоксально, ядро $^{28}_{62}\text{Ni}$ вновь имеет вытянутую форму ($\beta = +0,189$). Следовательно, ядро никеля, пропустив вперед изотоп ^{60}Ni , вновь вернется в четвертую квазиоболочку. Ядро $^{28}_{62}\text{Ni}$ завершает третью группу ядер. В этом ядре имеется восемь свободных (т.е. без узловых нейтронов) ядерных связок, что снижает прочностные характеристики оболочки как квазикристалла.

Глава 4

Структура ядра с шестисторонней квазиоболочкой

Группа IV

4.1. Квазиоболочка **5** $\begin{matrix} Z=21-24 \\ A=48-53 \end{matrix}$ | Ядра $\begin{matrix} Z=27-34 \\ A=60-74 \end{matrix}$

Co_{60} , Ni_{60} , ..., 63, 64, Cu , $\text{Zn}_{64, 66, 68}$, $\text{Ge}_{74, 76}$, Se_{74}

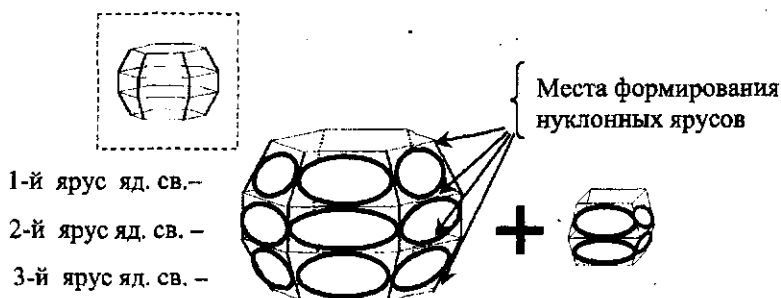


Рис. 1.19. Шестисторонний трехъярусный каркас, построенный из ядерных связей, и каркас кластера из второй группы.

Ядерный каркас (рис. 1.19, 2.169) имеет шестиугольную форму и состоит из трех ядерных ярусов. В контурной рамке каркас без ядерных связей. На рис. 2.170 изображена оболочка ядра никеля со всеми нуклонами и ядерными связками в развороте. Упрощенный вариант этой же оболочки представлен на рис. 2.171. На рис. 2.172 изображена четность ядерных связей в плоскости. Сворачивание оболочки в шестиугольник меняет четность ядерных связей. На рис. 2.173. изображена четность

ядерных связок, свернутых в шестиугольник, на рис. 2.174 – проекция оболочки вдоль главной оси симметрии. Из рис. 2.174 видно, что в шестиугольнике противоположная сторона не может иметь другую четность. Поэтому необходимо рассматривать компромиссный вариант. Например, два противоположных сектора с одинаковой четностью имеют меньшее количество нуклонов (назовем их "ослабленными"), чем другие сектора, и удалены друг от друга на радиус, превышающий средний радиус шестиугольника. У одного из "ослабленных" секторов нуклон смещен на один ярус, что меняет его четность. Из-за количественного неравенства числа четных и нечетных ядерных связок число ярусов ограничено тремя.

Как мы уже отмечали, все ядра с числом секторов не менее шести имеют внутри оболочки ядерный кластер (рис. 2.175). Ядерный кластер придает оболочке дополнительную жесткость. Из-за того, что шестиугольная конфигурация оболочки более эластична, чем четырехугольная, деформация внутреннего кластера влияет на деформацию ядра. Следовательно, по деформации ядра можно определить, какой кластер находится внутри.

Экспериментально наличие внутреннего кластера проявляется в следующих особенностях:

- форма гигантского резонанса становится более сглаженной;
- после некоторого критического значения момента ядра появляется эффект бэкбендинга.

Какими параметрами должен обладать внутренний кластер?

1. Это должна быть объемная конфигурация, что снижает вероятность радиоактивного излучения.
2. Кластер должен быть с нулевым спином (четно-четным).

Ядро ${}_{12}\text{C}$ является первым ядром с объемным расположением протонов, которое почти не конфликтует с шестиугольной конфигурацией оболочки. Симметричное расположение протонов в ядре ${}_{16}\text{O}$ для шестиугольной оболочки дискомфортно, поэтому в пятой квазиоболочке ядра Ga, и As отсутствуют.

${}_{60}^{27}\text{Co}(5)$ (рис. 2.176) имеет шестиугольную конфигурацию из трех ярусов ядерных связок (или четырех нуклонных ярусов). В верхнем и нижнем нуклонном ярусе экватора имеется по одной нуклонной вакансии.

Внутренний кластер – ядро ^{12}C . Кластер внутри оболочки придает ей дополнительную жесткость и подавляет многомодовость гигантского резонанса. Параметры "дыхательной" моды теперь зависят не только от параметров оболочки ядра, но и от параметров внутреннего кластера.

$^{28}_{60}\text{Ni}$ (рис. 2.177). На рисунке 2.177 стрелкой показан протон, "выдавленный" из своего нуклонного яруса. Изменение четности протона, которым сопровождается его "уход" на четный нуклонный ярус, уменьшает конфликтную связь первого и четвертого секторов оболочки.

$^{28}_{63}\text{Ni}$ (рис. 2.178). Дополнительные три нейтрона разместились в экваториальной области оболочки. Ядро ^{63}Ni имеет 35 нейтронов, по версии [28], оно антиматическое. Это первое ядро с нечетным числом нейтронов, открывающее пятую квазиоболочку. Пятая квазиоболочка сама по себе является очень слабой (всего девять стабильных ядер).

$^{28}_{64}\text{Ni}$ (рис. 2.179). В экваторе имеется два нейтронных "дефекта". Деформация равна $-0,176$.

$^{29}_{63}\text{Cu}(3/2)$ (рис. 2.180). В экваторе имеется локальный протонный "дефект". Два нейтрона разместились в "ослабленных" (1-й и 4-й) секторах.

$^{29}_{65}\text{Cu}(3/2)$ (рис. 2.181). Структура построена на базе структуры ядра ^{63}Cu , куда в оба полюса добавляются еще по одному нейтрону.

$^{30}_{64}\text{Zn}$ (рис. 2.182). Расположение нейтронов в оболочке такое же, как и у $^{29}_{63}\text{Cu}$. Деформация по сравнению с $^{28}_{64}\text{Ni}$ увеличилась ($\beta = -0,190$). Экваториальная область по нейтронам закрыта полностью.

$^{30}_{66}\text{Zn}$ (рис. 2.183). Дополнительные два нейтрона разместились в последнем нуклонном ярусе. Объем и жесткость оболочки позволяют разместить в качестве внутреннего кластера ядро ^{20}Ne . Ядро кислорода пропускается, т.к. ориентация и особенность расположения протонов конфликтуют с шестиугольной конфигурацией оболочки. При размещении в оболочке ($^{24}_{30}\text{Об}_{54}$) кластера из ядра ^{20}Ne получим ядро $^{34}_{74}\text{Se}$. Деформация ядра $^{34}_{74}\text{Se}$ равна $+0,246$ (у ^{20}Ne она $+0,350$). Получив ядро ^{74}Se , мы при этом пропустили Ga , Ge и As . Под некоторыми рисунками приводятся параметры нескольких изотопов. На рисунках приводится изображение оболочки того изотопа, которое выделено эллипсом.

$^{30}_{68}\text{Zn}$ (рис. 2.184). Оболочка по нейтронам закрыта полностью. Деформация ядра равна $-0,183$. Ядро завершает пятую шестистороннюю квазиоболочку.

В табл. 1.5 сведены по числу нуклонов параметры оболочек наиболее распространенных изотопов пятой квазиоболочки. Флуктуации общего числа нуклонов во внешней оболочке должны коррелировать с флуктуациями зарядового радиуса ядра, т.к. это напрямую связано с геометрическими размерами оболочки.

Таблица 1.5. Параметры ядерных оболочек пятой квазиоболочки.

№	Изотопы	Параметры оболочки
1	$^{27}_{60}\text{Co}$ 5,2714 лет (β)	$^{21}_{9}\text{Об. 30}$
2	$^{28}_{60}\text{Ni}$ 26,223% - 0,178	$^{22}_{8}\text{Об. 30}$
3	$^{29}_{63}\text{Cu}$ 69,17%	$^{23}_{10}\text{Об. 33}$
4	$^{30}_{64}\text{Zn}$ 48,6% - 0,190	$^{24}_{10}\text{Об. 34}$
5	$^{32}_{74}\text{Ge}$ 35,94% + 0,240	$^{22}_{12}\text{Об. 34}$

Глава 5

Структура ядра с восьмисторонней квазиоболочкой

Группа V

5.1. Квазиоболочка **6** $Z=24-27$ | Ядра $Z=30-36$
 $A=58-60$ $A=70-86$

Zn₇₀, Ga, Ge_{70, 72}, As, Se_{76..}, Br, Kr

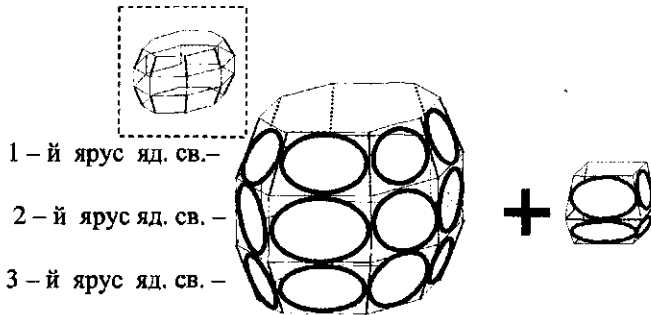


Рис. 1.20. Восьмисторонний трехъярусный каркас, построенный из ядерных связок, и каркас кластера из второй группы.

На рис. 1.20 (рис. 2.186) изображен каркас из ядерных связок восьмиугольной трехъярусной квазиоболочки. На рис. 2.187 — оболочка ядра в развороте. В отличие от шестисторонней в этой квазиоболочке нет проблем, связанных с сочетанием четности секторов. На рис. 2.188 приводится четность ядерных связок в плоскости. На рис. 2.189 дана четность ядерных связок, свернутых в объем. Число ярусов в пятой группе меняется от трех до девяти.

³⁰₇₀Zn (рис. 2.190). Изотоп ⁷⁰Zn открывает самую большую ядерную группу. Как и в предыдущей, внутренним кластером ядра ⁷⁰Zn является ¹²C. Первым признаком, что именно это ядро открывает новую группу, является высокая деформация ($\beta = -0,201$). Второй признак – это двойной β -распад, в результате которого ядро превращается в ⁷⁰Ge (рис. 2.192). Несмотря на то что нейтроны после превращения в протоны перемещаются в экватор оболочки, деформация ⁷⁰Ge чуть меньше ($\beta = -0,182$), чем у ⁷⁰Zn ($-0,201$),

³¹₆₉Ga(3/2) (рис. 2.191). В экваторе имеется протонный дефект.

³²₇₀Ge (рис. 2.192). В оболочке два "лишних" протона, которые вытолкнуло в первый ярус. Вслед за ними два нейтрона из экватора сместились во второй нуклонный ярус. Сформировались два оболочечных кластера, разделенных двумя (первым и пятым) секторами.

³²₇₂Ge (рис. 2.193). В оболочке ⁷⁰Ge внутренний кластер ¹²C поменялся на ¹⁴C.

³³₇₅As(3/2) (рис. 2.194). Разместив в качестве внутреннего кластера ядро ¹⁶O, получим оболочку с 25р и 34н. В экваторе имеется протонный дефект.

³⁴₈₀Se (рис. 2.195). Число протонов в оболочке (24р) является магическим. Это отражается на росте числа изотопов. Из рис. 2.195 видно, что с ростом распространенности изотопа происходит постепенное уменьшение деформации ядра. Деформация изотопа ⁸²Se немного увеличилась, что можно связать с заменой кластера ²⁰Ne на изотоп ²²Ne ($\beta = +0,397$).

³⁵₇₉Br(3/2) (рис. 2.196). В оболочку ядра ⁷⁵As добавляется два протона и два нейтрона. В экваторе оболочки три "дефекта" по протонам. Антимагическое число 39п [29] связано с равенством числа свободных нейтронов внешней оболочки одиннадцати.

³⁶₈₄Kr (рис. 2.197). На рисунке изображен самый распространенный изотоп криптона. Под рисунком приведены параметры еще шести изотопов. Большое количество стабильных изотопов связано с магическим числом протонов (24р). Аномально большая деформация ядра ²⁴Mg ($\beta = +0,610$) отражается и на деформации изотопов Kr. С ростом распространенности деформация изотопа уменьшается. У самого распространенного изотопа деформация поверхности наименьшая

($\beta = +0,209$). Возможно, что вторым фактором, уменьшающим деформацию ядра, является замена ядра ${}_{24}\text{Mg}$ на изотоп ${}_{26}\text{Mg}$ ($\beta = +0,531$). Дальнейшее увеличение нейтронов в оболочке **Kr** приводит к росту деформации изотопов **Kr**.

Из табл. 1.6 следует, что у ядра ${}_{79}\text{Br}$ должен быть аномально большой зарядовый радиус, а у ядра ${}_{74}\text{Ge}$ – аномально маленький.

Таблица 1.6. Параметры ядерных оболочек наиболее распространенных изотопов шестой квазиоболочки.

№	Изотопы	Параметры оболочки
1	${}_{69}^{31}\text{Ga}$ (3/2) 60,108%	${}_{25}^{8}\text{Об. 33}$
2	${}_{72}^{32}\text{Ge}$ 27,66% -0,231	${}_{26}^{8}\text{Об. 34}$
3	${}_{75}^{33}\text{As}$ (3/2) 100%	${}_{25}^{10}\text{Об. 35}$
4	${}_{80}^{34}\text{Se}$ 49,61% +0,240	${}_{24}^{12}\text{Об. 36}$
5	${}_{79}^{35}\text{Br}$ (3/2) 50,69%	${}_{27}^{12}\text{Об. 39}$
6	${}_{84}^{36}\text{Kr}$ 57,0% +0,209	${}_{24}^{10}\text{Об. 34}$

5.2. Квазиоболочка 7 $Z=30-41$ | Ядра $Z=37-51$
 $A=72-99$ | $A=85-124$

Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb

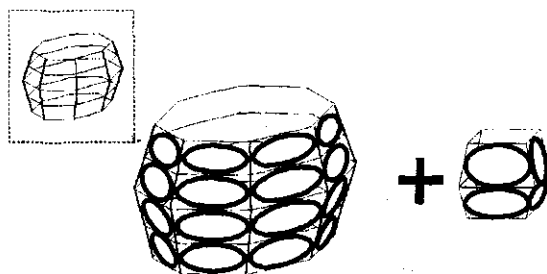


Рис. 1.21. Восьмисторонний четырехъярусный каркас, построенный из ядерных связей, и каркас кластера из третьей группы.

В квазиоболочке 7 формируется 15 химических элементов. Квазиоболочка состоит из четырех ядерных ярусов (рис. 1.21, 2.198). На рис. 2.199 показана квазиоболочка в плоскости. На рис. 2.200 изображено сочетание поляризации ядерных связей в восьмиугольной конфигурации.

$^{37}_{85}\text{Rb}(5/2)$ (рис. 2.201). Протонная вакансия в нижнем нуклонном ярусе оболочки создает нескомпенсированную ядерную связь.

$^{38}_{86}\text{Sr}$ (рис. 2.202). Из оболочки предыдущего ядра удаляется один протон и два нейтрона, но за счет более массивного кластера ($^{16}_0\text{O}$) результирующая масса ядра увеличивается. В оболочке две протонные вакансии. Наличие протонных вакансий и дефицит нейтронов в оболочке ядра приводит к смещению кислородного кластера относительно экватора, что усиливает деформацию ядра ($\beta = +0,112$).

$^{38}_{88}\text{Sr}$ (рис. 2.203). Добавление двух нейтронов в оболочку предыдущего ядра приводит к резкому росту распространенности ядра и к

почти точному копированию формы кислородного кластера ($_{88}\text{Sr} \rightarrow \beta = +0,0860$). Если в качестве кластера поместить изотоп $_{18}\text{O}$ ($\beta = +0,157$), получим изотоп $_{90}\text{Sr}$ с $\beta = +0,128$.

$^{39}_{89}\text{Y}(1/2)$ (рис. 2.204). Наличие момента возвращает $_{12}\text{C}$ в центр оболочки. Сильная и ассиметричная деформация ядра $_{12}\text{C}$ искажает и форму ядра $_{89}\text{Y}$. Ассиметричная форма ядра при больших моментах приводит к периодическим прецессионным биениям главной оси.

$^{40}_{90}\text{Zr}$ (рис. 2.205). В оболочке по протонам появилось новое магическое число $32p$. Закрытость оболочки по протонам увеличивает ее жесткость, что отражается на числе стабильных изотопов. Под рисунком (рис. 2.205) приведены параметры еще четырех изотопов Zr . В изотопах $_{92}\text{Zr}$ и $_{94}\text{Zr}$ произошла замена кластера $_{16}\text{O}$ на кластер $_{18}\text{O}$. Это следует из изменений в деформации изотопов $_{92}\text{Zr}$ и $_{94}\text{Zr}$. В изотопе $_{96}\text{Zr}$ произошло возвращение к $_{16}\text{O}$, что связано с магическим числом $16n$ во внешней оболочке $_{96}\text{Zr}$ (рис. 2.207).

$^{40}_{90}\text{Zr}^*(0)$ (рис. 2.206). У первого возбужденного состояния спин равен нулю, что является аномалией. Она связана с легкостью перехода в возбужденное состояние экваториальных ядерных связей. У ядерных связей экваториального яруса $l = 2$.

$^{40}_{96}\text{Zr}$ (рис. 2.207). Оболочка по протонам и нейтронам дважды магическая ($32p$ и $16n$). Спин одной ядерной связки в экваторе равен двум.

$^{40}_{96}\text{Zr}^*(0)$ (рис. 2.208). В оболочке два яруса ядерных связей находятся в возбужденном состоянии ($l = 2$).

$^{41}_{93}\text{Nb}$ (рис. 2.209). У ядра аномально большой спин и магнитный момент. В экваторе оболочки три протонные и две нейтронные вакансии. Следствием маленького кластера ($_{12}\text{C}$) по отношению к параметрам оболочки является аномально большой по сравнению с C-C ядром $_{92}\text{Zr}$ зарядовый радиус ядра. Экспериментально наблюдаемое аномальное отклонение зарядового радиуса назвали $(j - 1)$ -аномалией [27].

$^{42}_{98}\text{Mo}$ (рис. 2.210). В экваторе ядра имеется два протонных "дефекта", по нейтронам оболочка ядра является магической ($16n$). Под рисунком приведены параметры еще пяти изотопов.

$^{43}_{99}\text{Tc}(9/2)$ (рис. 2.211). Это последнее ядро, где еще присутствует кластер $_{12}\text{C}$.

⁴⁴₁₀₂Ru (рис. 2.212). В оболочке ядра Mo произошла замена кислородного кластера на кластер из ²⁰Ne и ²²Ne. Ядро становится не просто вытянутым, а очень вытянутым. Например, у ядра ¹⁰²Ru $\beta = +0,264$. Так же, как у ядра Mo, здесь большое количество изотопов. Количество стабильных изотопов напрямую связано с наличием в экваторе оболочки нейтронных вакансий и жесткостью оболочки.

⁴⁵₁₀₃Rh(1/2) (рис. 2.213). Оболочка такая же, как и у ядра ⁹⁹Tc, где произошла замена внутреннего кластера ¹²C, на ¹⁶O и небольшая перегруппировка нуклонов в оболочке. Экватор сместился вниз, в нем три протонные вакансии. Так как два сверхзаполненных нейтрона разместились на разных полюсах с разной четностью, то их магнитные моменты суммируются.

⁴⁶₁₀₆Pd (рис. 2.214). Оболочка самого распространенного изотопа состоит из 86 нуклонов. Число протонов равно 36. В экваторе дополнительные протоны чередуются с протонными вакансиями. Дополнительные два нейтрона разместились в нижнем ярусе. Относительно малая деформация ядра (если учитывать, что кластером является Ne) обусловлена четырьмя дополнительными протонами в экваторе оболочки. Ядро имеет грушевидную форму.

⁴⁷₁₀₇Ag(1/2) (рис. 2.215). В экваторе оболочки три протонных вакансии.

⁴⁷₁₀₉Ag(1/2) (рис. 2.216). В оболочке ядра ¹⁰⁷Ag произошла замена внутреннего кластера ¹⁶O на изотоп ¹⁸O.

⁴⁸₁₁₄Cd (рис. 2.217). В оболочке ядра палладия кластер из ядра Ne заменен на ядро Mg. Так как деформация Mg больше деформации Ne, то и деформация изотопов кадмия больше, чем изотопов палладия. Большое число стабильных изотопов обусловлено большим числом в оболочке нейтронных вакансий.

⁴⁹₁₁₃In(9/2) (рис. 2.218). В качестве кластера по-прежнему остается ядро кислорода. Так же, как и в случае с ядром углерода, происходит нарастание зарядовой аномалии. Три нижних нуклонных яруса по нейтронам закрыты. По протонам формируется второй нуклонный экваториальный ярус. При этом в более заполненном экваториальном нуклонном ярусе имеется протонная вакансия. Сектор с "лишним" протоном и сектор с протонной вакансией дают суммарный спин секторов 3/2. Следовательно, орбитальный спин оболочки равен трем. Результирующий спин ядра 9/2.

$^{49}_{115}\text{In}(9/2)$ (рис. 2.219). Произошла замена кластера ^{16}O на кластер ^{18}O . Это следует из почти одинакового магнитного момента ядер ^{113}In и ^{115}In .

$^{50}_{112}\text{Sn}$ (рис. 2.220). На рисунке изображена структура самого легкого стабильного изотопа олова. Кластером является ядро ^{28}Si . Ядро имеет аномально большую сплюснутую форму ($\beta = -0,360$), что и отражается на форме внешней оболочки ($\beta = -0,116$) ядра ^{112}Sn . Оболочка из-за смещения экватора имеет грушевидную форму, и, следовательно, внутренний кластер размещается несимметрично относительно экватора. Это приводит к нивелированию деформации оболочки.

$^{50}_{120}\text{Sn}$ (рис. 2.221). На рисунке дана структура самого распространенного изотопа. По нейтронам оболочка является магической. По протонам это та же самая оболочка, что и у ядер палладия и кадмия, где кластером является ядро кремния. В таблице под рисунком приводятся параметры еще 12 изотопов олова.

$^{51}_{121}\text{Sb}(5/2)$ (рис. 2.222). Из рисунка видно, что в экваторе начинает формироваться второй экваториальный нуклонный ярус. Для формирования второго полноценного экваториального нуклонного яруса явно не хватает яруса из ядерных связей. Нижний ярус по протонам и нейтронам заполнен полностью, следовательно, имеется целый ярус из ядерных связей без нейтронов в вертикальных секторах. Этим стабильным ядром и завершается седьмая квазиоболочка.

$^{50}_{114}\text{Sn}$ (рис. 2.223). В [27] отмечается загадочность совпадения спектров (рис. 1.22) ядер ^{114}Sn и $^{54}_{118}\text{Xe}$. Из рисунков рис. 2.223 (^{114}Sn) и рис. 2.224 (^{118}Xe) видно, что оболочка двумя секторами разделена на две части. И хотя у ядер разные кластеры (Si и Mg) и разная деформация, спектральное совпадение обусловлено двумя "дефектными" секторами в обоих ядрах.

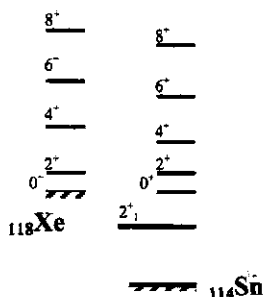


Рис. 1.22. Полоса внедренных состояний ^{114}Sn в сравнении с ираст-полосой ^{118}Xe .

$^{52}_{116}\text{Te}$ (рис. 2.224). Первое α -радиоактивное ядро. В результате α -распада получим ядро $^{50}_{106}\text{Sn}$. Время жизни ядра ^{116}Te 18,6 с. Оболочка состоит из 86 нуклонов, 40 из которых – протоны. Динамику радиоактивного распада опишем в отдельном разделе.

Из табл. 1.7 следует, что у ядер ^{107}Ag и ^{113}In аномально большой зарядовый радиус, у ядер ^{88}Sr и ^{120}Sn он аномально малый.

Таблица 1.7. Параметры ядерных оболочек наиболее распространенных изотопов седьмой квазиоболочки.

№	Изотопы	Параметры оболочки
1	$^{37}_{85}\text{Rb}$ (5/2) 72,17%	$^{31}_{16}\text{Ob. 41}$
2	$^{38}_{88}\text{Sr}$ 82,58% + 0,0860	$^{30}_{10}\text{Ob. 40}$
3	$^{39}_{89}\text{Y}$ (1/2) 100%	$^{33}_{12}\text{Ob. 45}$
4	$^{40}_{90}\text{Zr}$ 51,45% + 0,0740	$^{32}_{10}\text{Ob. 42}$
5	$^{41}_{93}\text{Nb}$ (9/2) 100%	$^{35}_{14}\text{Ob. 49}$
6	$^{42}_{98}\text{Mo}$ 24,13% + 0,0665	$^{34}_{16}\text{Ob. 50}$
7	$^{43}_{99}\text{Tc}$ (9/2) 2,111 Е 5 лет β	$^{37}_{18}\text{Ob. 55}$
8	$^{44}_{102}\text{Ru}$ 31,6% + 0,264	$^{34}_{16}\text{Ob. 50}$
9	$^{45}_{103}\text{Rh}$ (1/2) 100%	$^{37}_{18}\text{Ob. 55}$
10	$^{46}_{106}\text{Pd}$ 27,33% + 0,160	$^{36}_{18}\text{Ob. 54}$
11	$^{47}_{107}\text{Ag}$ (1/2) 51,839%	$^{39}_{20}\text{Ob. 59}$
12	$^{48}_{114}\text{Cd}$ 28,73% + 0,193	$^{36}_{20}\text{Ob. 56}$
13	$^{49}_{115}\text{In}$ (9/2) 4,41 Е 14 лет 95,7% β	$^{41}_{24}\text{Ob. 65}$
14	$^{50}_{120}\text{Sn}$ 32,59% - 0,120	$^{36}_{22}\text{Ob. 58}$

5.3. Квазиоболочка 8 $Z=42-46$ | Ядра $Z=51-68$ $A=100-116$ | $A=120-164$

Sb, Te, J, Xe, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Ca, Eu, Gd, Tb, Dy, Er.

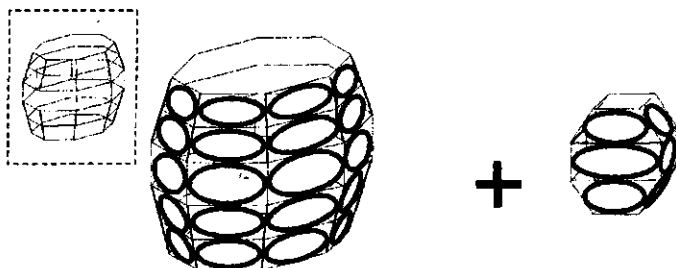


Рис. 1.23. Восьмисторонний пятиярусный каркас и каркас кластера из третьей группы.

В пятиярусной квазиоболочке ядерные связи по отношению к экватору стали располагаться симметрично, но при этом на первом этапе формирования квазиоболочки нарушилась симметрия расположения нуклонных ярусов (рис. 2.226). На рис. 2.227 показано сочетание поляризации ядерных связей в восьмой квазиоболочке.

$^{51}_{123}\text{Sb}(7/2)$ (рис. 2.228). Если в качестве внутреннего кластера возьмем ядро ^{16}O , то получим оболочку с магическим числом нейтронов (24) и тремя протонами сверх оболочки (40р). Для того чтобы получить спин $7/2$ и экспериментальный магнитный момент $3,36\mu_0$, необходимо третий протон сместить с экватора на один ярус ниже.

$^{52}_{120}\text{Te}$ (рис. 2.229). Ядро имеет вытянутую форму поверхности, следовательно, внутренним кластером является ядро неона. Из рис. 2.229 видно, что в оболочке явный дефицит нейтронов. В двух секторах по три нейтрона, относительно нуклонного экватора они размещены симметрично.

$^{52}_{130}\text{Te}$ (рис. 2.230). Добавив в оболочку десять нейтронов, получим наиболее распространенный изотоп ^{130}Te . Из таблицы под рисунком видно, что добавление нейтронов приводит к постепенному снижению деформации изотопов. У изотопа ^{134}Te деформация равна +0,0974. Такая необычная деформация ядра связана с тем, что в экваторе находится шесть "лишних" нейтронов (рис. 2.231). Число "свободных" нейтронов равно магическому числу 32p.

$^{53}_{127}\text{J}(5/2)$ (рис. 2.232). В качестве внутреннего кластера поместили ядро ^{18}O . В этом изотопе число нейтронов 24n. Четыре "лишних" протона размещаются в экваторе оболочки, а пятый смещается на нижний ярус.

$^{54}_{132}\text{Xe}$ (рис. 2.233). Изотопы этого ядра имеют еще более вытянутую форму, чем изотопы Te , что позволяет сделать предположение о более высокой деформации внутреннего кластера. Таким кластером является ядро ^{24}Mg . Два "лишних" нейтрона в оболочке ядра ^{132}Xe размещены в экваторе, что приводит к резкому снижению деформации ядра. Большое число стабильных изотопов связано с большим количеством нейтронных вакансий в оболочке ядра. В табл. 1.8 приведены параметры изотопов Te и Mg при размещении разных внутренних кластеров в одну и ту же оболочку.

$^{55}_{133}\text{Cs}(7/2)$ (рис. 2.234). Внутренним кластером является ядро ^{20}Ne . "Лишние" четыре нейтрона разместились в нижнем ярусе. Спин ядра велик из-за неравномерного размещения секторов с четырьмя нейтронами.

$^{56}_{138}\text{Ba}$ (рис. 2.235). В оболочке с 42 протонами размещается ядро ^{28}Si . Как известно, это ядро имеет большую сплюснутую деформацию, что и отражается на изотопах Ba .

$^{57}_{139}\text{La}(7/2)$ (рис. 2.236). Оболочка та же самая, что и у ядра ^{133}Cs . Произошла замена кластера ^{20}Ne на изотоп ^{26}Mg .

$^{58}_{140}\text{Ce}$ (рис. 2.237). В качестве кластера размещается ядро ^{32}S . Это ядро менее сплюснутое, чем ^{28}Si . Параметры изотопов Ba и Ce сведены в табл. 1.9. Наиболее распространенные ядра выделены эллипсом.

Таблица 1.8. Параметры ядра при размещении в оболочке кластера из ядра ^{20}Ne или ^{24}Mg .

от $^{42}\text{Ob}_{.100}$ до $^{42}\text{Ob}_{.112}$	$^{20}\text{Ne}^{90,48\%} + 0,350$	$^{24}\text{Mg}^{78,99\%} + 0,610$
$^{42}\text{Ob}_{.100}$	$^{52}_{120}\text{Te}^{0,093\%} + 0,147$	$^{54}_{124}\text{Xe}^{0,10\%} + 0,159$
$^{42}\text{Ob}_{.101}$	$^{121}\text{Te} (1/2)^{16,78 \text{ дн. } e}$	$^{125}\text{Xe} (1/2)^{16,9 \text{ ч. } e}$
$^{42}\text{Ob}_{.102}$	$^{122}\text{Te}^{2,59\%} + 0,146$	$^{126}\text{Xe}^{0,09\%} + 0,152$
$^{42}\text{Ob}_{.103}$	$^{123}\text{Te}(1/2)^{1,3E13 \text{ лет } 0,905\%}$	$^{127}\text{Xe} (1/2)^{36,4 \text{ дн. } e}$
$^{42}\text{Ob}_{.104}$	$^{124}\text{Te}^{4,79\%} + 0,142$	$^{128}\text{Xe}^{1,91\%} + 0,142$
$^{42}\text{Ob}_{.105}$	$^{125}\text{Te} (1/2)^{7,12\%}$	$^{129}\text{Xe} (1/2)^{26,4\%}$
$^{42}\text{Ob}_{.106}$	$^{126}\text{Te}^{18,93\%} + 0,135$	$^{130}\text{Xe}^{4,1\%} + 0,129$
$^{42}\text{Ob}_{.107}$	$^{127}\text{Te} (3/2)^{9,35 \text{ ч. } \beta}$	$^{131}\text{Xe} (3/2)^{21,2\%}$
$^{42}_{108}\text{Ob}_{.}$	$^{128}\text{Te} >^{8E} 24 \text{ лет } 2\beta^{31,70\%} + 0,128$	$^{132}\text{Xe}^{26,9\%} + 0,116$
$^{42}\text{Ob}_{.109}$	$^{129}\text{Te}(3/2)^{69,6 \text{ мин. } 2\beta}$	$^{133}\text{Xe} (3/2)^{5,243 \text{ дн. } \beta}$
$^{42}\text{Ob}_{.110}$	$^{130}\text{Te} \leq^{1,25 E21 \text{ лет } 33,87\%} + 0,120$	$^{134}\text{Xe}^{10,4\%} + 0,103$
$^{42}\text{Ob}_{.111}$	$^{131}\text{Te}(3/2)^{25,0 \text{ мин. } \beta}$	$^{135}\text{Xe} (3/2)^{9,14 \text{ ч. } \beta}$
$^{36}\text{Ob}_{.112}$	$^{132}\text{Te}^{78,2 \text{ ч. } \beta} + 0,111$	$^{136}\text{Xe} >^{2,36E21 \text{ лет } 2\beta} 8,9\% + 0,0828$

Таблица 1.9. Параметры ядра при размещении в оболочке кластера из ядра ^{28}Si , ^{32}S или ^{40}Ar .

от $^{42}\text{Об}_{.100}$ до $^{42}\text{Об}_{.112}$	^{28}Si ^{92,23%} -0,360	^{32}S ^{95,02%} -0,210	^{40}Ar ^{99,6%} -0,200
$^{42}\text{Об}_{.100}$	$^{56}_{128}\text{Ba}$ ^{2,43 дн. е} -0,274	$^{58}_{132}\text{Ce}$ ^{3,5 ч. е} -0,231	$^{60}_{140}\text{Nd}$ ^{3,37 дн. е} -0,105
$^{42}\text{Об}_{.101}$	$^{129}\text{Ba}(1/2)$ ^{2,23 ч. е}	$^{133}\text{Ce}(9/2)$ ^{4,9 ч. е}	$^{141}\text{Nd}(3/2)$ ^{2,49 ч. е}
$^{42}\text{Об}_{.102}$	^{130}Ba ^{0,106%} -0,241	^{134}Ce ^{75,9 ч. е} -0,206	^{142}Nd ^{27,13%} -0,0737
$^{42}\text{Об}_{.103}$	$^{131}\text{Ba}(1/2)$ ^{11,8 дн. е}	$^{135}\text{Ce}(1/2)$ ^{17,9 ч. е}	$^{143}\text{Nd}(7/2)$ ^{12,18%}
$^{42}\text{Об}_{.104}$	^{132}Ba ^{0,101%} -0,211	^{136}Ce ^{0,19%} -0,117	^{144}Nd ^{2,29 Е 15 лет} ^{23,80%} -0,111
$^{42}\text{Об}_{.105}$	$^{133}\text{Ba}(1/2)$ ^{10,52 лет е}	$^{137}\text{Ce}(3/2)$ ^{9,0 ч. е}	$^{145}\text{Nd}(7/2)$ ^{8,30%}
$^{42}\text{Об}_{.106}$	^{134}Ba ^{2,42%} -0,185	^{138}Ce ^{0,25%} -0,148	^{146}Nd ^{17,19%} -0,137
$^{42}\text{Об}_{.107}$	$^{135}\text{Ba}(3/2)$ ^{6,593%}	$^{139}\text{Ce}(3/2)$ ^{137,640 дн. е}	$^{147}\text{Nd}(5/2)$ ^{10,98 дн. β}
$^{42}\text{Об}_{.108}$	^{136}Ba ^{7,85%} -0,159	^{140}Ce ^{88,43%} -0,104	^{148}Nd ^{5,76%} -0,169
$^{42}\text{Об}_{.109}$	$^{137}\text{Ba}(3/2)$ ^{11,23%}	$^{141}\text{Ce}(7/2)$ ^{32,501 дн. β}	$^{149}\text{Nd}(5/2)$ ^{1,72 ч β}
$^{42}\text{Об}_{.110}$	^{138}Ba ^{71,70%} -0,120	^{142}Ce ^{>5 Е 16 лет} -0,164	^{150}Nd ^{1Е 18 лет} ^{2β 5,64%} -0,257
$^{42}\text{Об}_{.111}$	$^{139}\text{Ba}(7/2)$ ^{83,06 мин β}	$^{143}\text{Ce}(3/2)$ ^{33,10 ч. β}	$^{151}\text{Nd}(3/2)$ ^{12,44 мин β}
$^{36}\text{Об}_{.112}$	^{140}Ba ^{12,752 β} -0,186	^{144}Ce ^{284 дн. β} -0,209	^{152}Nd ^{11,4 мин. β} -0,336

$^{59}_{141}\text{Pr}(5/2)$ (рис. 2.238). Кластером, как и в ядре ^{139}La , является ядро $^{26}_{26}\text{Mg}$. В оболочке появилась одна не сбалансированная ядерная связка.

$^{60}_{144}\text{Nd}$ (рис. 2.239). В качестве кластера в оболочку с 42 протонами размещается ядро $^{40}_{40}\text{Ar}$. Массивный внутренний кластер перенасыщен нейтронами. В оболочке имеются нейтронные вакансии. С течением времени происходит "испарение" четырех нейтронов внутреннего кластера и их поглощение внешней оболочкой. Во время "испарения" нейтронов происходит срыв из внутреннего кластера двух протонов и двух нейтронов, которые формируют α -частицу. В главе 6 более подробно рассматривается процесс формирования α -частицы.

$^{60}_{142}\text{Nd}$ (рис. 2.240). В центре оболочки из 42 протонов размещен $^{38}_{38}\text{Ar}$. У стабильного ^{38}Ar наименьшая деформация поверхности ($\beta = -0,162$) по сравнению с другими стабильными изотопами (^{36}Ar и ^{40}Ar), что и послужило причиной выбора именно этого изотопа.

$^{61}_{145}\text{Pm}(5/2)$ (рис. 2.241). Оболочка такая же, как и у ^{141}Pr . Внутренний кластер из Mg заменен на $^{30}_{30}\text{Si}$. Магнитный момент ядра, возможно, равен $4,3\mu_0$. В [7, 8] нет данных о магнитном моменте этого ядра. Среди ядер Pm отсутствуют стабильные изотопы. Это, так же, как и у ядра Tc , связано с грушевидной формой оболочки. При грушевидной форме оболочки возникает проблема с размещением более массивного кластера.

$^{62}_{144}\text{Sm}$ (рис. 2.242). Ядро имеет почти сферическую форму, что позволяет делать предположение о внутреннем кластере из ядра $^{20}_{20}\text{Ca}$ ($\beta = +0,0800$). Четвертый ярус ядерных связок, возможно, имеет более высокий уровень возбуждения (8 ядерных связок с $l = 2$). Такое предположение позволяет объяснить равенство спина первого возбужденного состояния нулю. При возбуждении ядра необходима небольшая энергия для возбуждения третьего яруса ядерных связок.

$^{62}_{146}\text{Sm}$ (рис. 2.244). В оболочке предыдущего ядра внутренний кластер $^{40}_{40}\text{Ca}$ заменяется кластером $^{44}_{44}\text{Ca}$.

$^{62}_{148}\text{Sm}$ (рис. 2.245). В оболочку ядра ^{146}Sm добавляются два нейтрона. Излучение α -частицы происходит полностью за счет внутреннего кластера.

$^{62}_{150}\text{Sm}$ (рис. 2.246) имеет сильно вытянутую форму (+0,251). Предположив, что внутренним кластером является $^{22}_{48}\text{Ti}$ (+0,190), получим оболочку, в экваторе которой только 16 нуклонов. Их маленькое количество приводит к дополнительной деформации ядра. Антимагическое число нейтронов 89 [29] связано с появлением в оболочке неспаренной нейтронной вакансии, которая снижает ее прочность.

$^{62}_{152}\text{Sm}$ (рис. 2.247). Оболочка является магической по протонам и нейтронам, что обеспечивает распространенность изотопа до 26,7%.

$^{62}_{154}\text{Sm}$ (рис. 2.248). Размещение двух дополнительных нейтронов в нижний ярус увеличивает деформацию ядра до +0,305.

$^{63}_{151}\text{Er}(5/2)$ (рис. 2.249). По отношению к ^{145}Pm на четыре нуклона растет масса внутреннего кластера и 2 нуклона прибавляется во внешней оболочке ядра. Если в качестве внутреннего кластера взять ядро ^{32}Si , то возникнут проблемы с определением магнитного момента изотопа ^{153}Er . Спины ядер ^{151}Er и ^{153}Er одинаковые, а значения магнитных моментов (3,47 μ_0 и 1,54 μ_0 соответственно) сильно отличаются (рис. 2.250). Следовательно, в ^{153}Er два нейтрона добавляются во внешнюю оболочку. Если в ядре ^{151}Er поместить изотоп ^{34}Si , то в нижнем нуклонном ярусе оболочки останутся еще две нейтронные вакансии.

$^{64}_{146}\text{Gd}$ (рис. 2.251). Время жизни 48,27 дней. В ядре две нейтронные вакансии. То, что в первом возбужденном состоянии спин равен трем, выпадает из общей систематики. На рис. 2.252 приводится структура ядра в этом возбужденном состоянии. Стрелками показано, с какого и на какое место перешел тот протон, благодаря которому спин стал таковым.

$^{64}_{148}\text{Gd}$ (рис. 2.253). Ядро имеет вытянутую деформацию ($\beta = +0,107$), при α -распаде образуется ^{144}Sm с деформацией +0,0678. Следовательно, в ^{144}Sm внутренним кластером является ^{40}Ca (+0,0800). Вполне логично предположить, что внутренним кластером ^{148}Gd является ^{44}Ca (+0,146). Четыре нейтрона ^{44}Ca срываются и летят в центр оболочки. Затем происходит превращение нейтрона в протон и формирование в центре ядра α -частицы с последующим ее излучением. При превращении

нейтронов в протоны вылетевшие электроны захватываются протонами внешней оболочки ядра.

$^{64}_{150}\text{Gd}$ (рис. 2.254). В оболочку ядра ^{148}Gd добавлено два нейтрона.

$^{64}_{152}\text{Gd}$ (рис. 2.255). У ядра сильно вытянутая деформация, это можно связать с ^{48}Ti (+0,190). По протонам получаем симметричную оболочку. В процессе α -распада происходит превращение ядра ^{48}Ti в ядро ^{44}Ca .

$^{64}_{154}\text{Gd}$ (рис. 2.256). Аномально вытянутая деформация (+0,269). Если разместим в качестве внутреннего кластера ядро ^{50}Cr , деформация которого равна +0,238, то получим оболочку с магическим числом протонов и нейтронов (40p и 24n). Убирая два протона из экватора оболочки, мы еще больше усиливаем деформацию ядра.

$^{64}_{156}\text{Gd}$ (рис. 2.257). В нижнем нуклонном ярусе оболочки этого ядра на два нейтрона больше, чем у ^{154}Gd . Это еще больше усилило деформацию (+0,317).

$^{64}_{158}\text{Gd}$ (рис. 2.258). Дальнейшее увеличение деформации ядра (+0,335) означает, что вновь происходит добавление двух нейтронов в нижний ярус. Ядро имеет высокую распространенность благодаря тому, что по числу протонов оболочка является магической (40p).

$^{64}_{160}\text{Gd}$ (рис. 2.259). Добавление еще двух нейтронов уже в первый нуклонный ярус увеличивает деформацию до +0,344. Это значение будет выше только в области сверхтяжелых ядер.

$^{65}_{159}\text{Tb}(3/2)$ (рис. 2.260). Увеличение массы ядра на шесть нуклонов по сравнению с ^{153}Eu происходит полностью за счет внутреннего кластера. В оболочке два нейтрона заменены двумя протонами.

$^{66}_{148}\text{Dy}$ (рис. 2.261). Как и в ^{146}Gd , здесь повторяется ситуация с необычным значением спина ядра на первом возбужденном уровне. Структура ядра в первом возбужденном состоянии ($^{148}\text{Dy}^*(3)$) дана на рисунке 2.262.

$^{66}_{150}\text{Dy}$ (рис. 2.263.). Радиоактивный распад посредством излучения α -частицы происходит полностью за счет оболочки. В оболочке два протона превращаются в два нейтрона и выталкиваются в центр ^{40}Ca . Затем происходит их распад, захват еще двух нейтронов из внешней оболочки ядра и излучение α -частицы.

$^{66}_{152}\text{Dy}$ (рис. 2.264). Радиоактивный α -распад также полностью происходит за счет внешней оболочки.

$^{66}_{154}\text{Dy}$ (рис. 2.265). С ростом числа нейтронов во внешней оболочке постепенно увеличивается время жизни, при этом распад происходит только за счет оболочки.

$^{66}_{156}\text{Dy}$ (рис. 2.266). Первый стабильный изотоп. Высокая деформация (+0,237). Размещения ядра $^{48}_{81}\text{Tl}$ (+0,190) для образования такой деформации недостаточно, т.к. в экваторе четыре дополнительных протона. Предположение, что два протона из экватора смещены на ярус ниже, решает проблему большой деформации ядра.

$^{66}_{158}\text{Dy}$ (рис. 2.267). Рост деформации с +0,237 до +0,280 означает, что два дополнительных нейтрона разместились в нижнем ярусе.

$^{66}_{160}\text{Dy}$ (рис. 2.268). Внутренним кластером является ядро $^{50}_{82}\text{Sr}$ ($\beta = +0,238$). Деформация ^{160}Dy равна +0,299.

$^{66}_{162}\text{Dy}$ (рис. 2.269). Рост деформации до +0,310 обеспечивается за счет двух дополнительных нейтронов в нижнем ярусе.

$^{68}_{162}\text{Er}$ (рис. 2.270). Внутренним кластером является ядро $^{52}_{84}\text{Cr}$ (+0,176). Деформация ^{162}Er равна 0,249.

$^{68}_{164}\text{Er}$ (рис. 2.271). Во внутреннем кластере еще на два нейтрона больше. Восьмая квазиоболочка завершена.

Из табл. 1.10 следует, что максимальный зарядовый радиус должен быть у ядер ^{153}Eu и ^{159}Tb .

Таблица 1.10. Параметры ядерных оболочек наиболее распространенных изотопов восьмой квазиоболочки.

№	Изотопы	Параметры оболочки
1	$^{51}_{123}\text{Sb}$ (7/2) 57,36%	$^{43}_{24}\text{Ob. 67}$
2	$^{52}_{130}\text{Te}$ $\leq 1,25\text{E}21$ лет 33,87% + 0,120	$^{42}_{28}\text{Ob. 70}$
3	$^{53}_{127}\text{J}$ (5/2) 100%	$^{45}_{24}\text{Ob. 69}$
4	$^{54}_{132}\text{Xe}$ 26,9% + 0,116	$^{42}_{26}\text{Ob. 68}$
5	$^{55}_{133}\text{Cs}$ (7/2) 100%	$^{45}_{28}\text{Ob. 73}$
6	$^{56}_{138}\text{Ba}$ 71,70% - 0,120	$^{42}_{28}\text{Ob. 70}$
7	$^{57}_{139}\text{La}$ (7/2) 99,9098%	$^{45}_{28}\text{Ob. 73}$
8	$^{58}_{140}\text{Ce}$ 88,43% - 0,104	$^{42}_{26}\text{Ob. 68}$
9	$^{59}_{141}\text{Pr}$ (5/2) 100%	$^{47}_{28}\text{Ob. 75}$
10	$^{60}_{142}\text{Nd}$ 27,13% - 0,0737	$^{42}_{22}\text{Ob. 64}$
11	$^{61}_{145}\text{Pm}$ (5/2) 17,6234 лет β	$^{47}_{28}\text{Ob. 75}$
12	$^{62}_{152}\text{Sm}$ 26,7% + 0,250	$^{40}_{24}\text{Ob. 64}$
13	$^{63}_{153}\text{Eu}$ (5/2) 52,2%	$^{47}_{32}\text{Ob. 79}$
14	$^{64}_{158}\text{Gd}$ 28,2% + 0,335	$^{40}_{28}\text{Ob. 68}$
15	$^{65}_{159}\text{Tb}$ (3/2) 100%	$^{49}_{30}\text{Ob. 79}$
16	$^{66}_{162}\text{Dy}$ 25,5% + 0,310	$^{42}_{26}\text{Ob. 68}$

5.4. Квазиоболочка 9 $\begin{matrix} Z=44-50 \\ A=116-136 \end{matrix}$ | Ядра $\begin{matrix} Z=66-78 \\ A=164-194 \end{matrix}$

Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt.

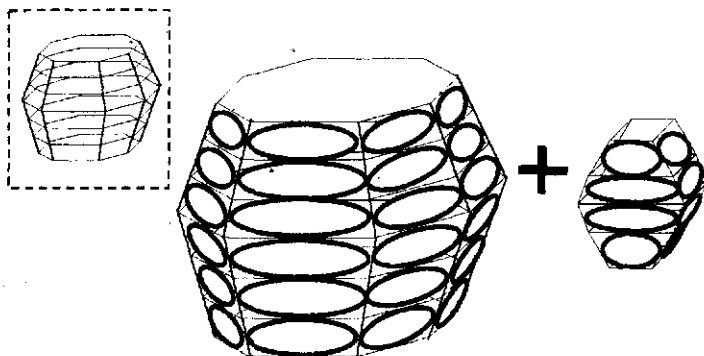


Рис. 1.24. Восьмисторонний шестиярусный каркас, и каркас кластера из третьей группы.

С добавлением шестого яруса (рис. 1.24) все ядра приобретают вытянутую деформацию. На рис. 2.272 показано сочетание поляризаций ядерных связок в девятой квазиоболочке.

$^{66}_{164}\text{Dy}$ (рис. 2.273). Деформация ядра выросла до +0,325, что на 0,015 больше, чем у ^{162}Dy . В оболочке появляется новая особенность. Относительно экватора оболочки симметричное расположение имеют не только протоны и нейтроны, но и ядерные связки.

$^{67}_{165}\text{Ho}(7/2)$ (рис. 2.274). Если в качестве внутреннего кластера разместить $^{44}\text{Са}$, то в оболочке ядра получится 74 нейтрона (без узловых нейтронов).

$^{68}_{166}\text{Er}$ (рис. 2.275). По протонам нарушается симметрия относительно экватора оболочки, т.к. два дополнительных протона размещаются не в экваторе, а на ярус ниже.

$^{68}_{168}\text{Er}$ (рис. 2.276). В оболочку предыдущего ядра добавляются два нейтрона, в результате чего нарушается симметрия относительно экватора и по нейтронам.

$^{68}_{170}\text{Er}$ (рис. 2.277). В нижний нуклонный ярус добавляются еще два нейтрона.

$^{69}_{169}\text{Tm}$ (рис. 2.278). Как и в ^{165}Ho , внутренним кластером является ^{44}Ca . Экватор ядра сформирован из двух нуклонных ярусов, что приводит к существенному нарушению симметрии относительно экватора, как по протонам, так и по нейтронам. Оболочка ядра имеет грушевидную форму.

$^{70}_{168}\text{Yb}$ (рис. 2.279). Оболочка ядра дважды магическая (48р и 24н), но из-за большого дефицита нейтронов распространенность изотопа остается незначительной (0,13%). Большую деформацию ядра можно обосновать тем, что четыре протона размещены ярусом ниже. Вслед за протонами смещаются и четыре нейтрона.

$^{70}_{170}\text{Yb}$ (рис. 2.280). Добавленные два нейтрона размещаются на один ярус выше экватора. В этом ярусе остаются еще две нейтронные вакансии, которые закрываются в изотопе $^{70}_{172}\text{Yb}$ (рис. 2.281).

$^{70}_{174}\text{Yb}$ (рис. 2.282). Дополнительные относительно ^{172}Yb два нейтрона находятся в нижнем нуклонном ярусе. Изотоп, относительно других изотопов, имеет максимальное распространение и максимальную деформацию (31,8%, $\beta = +0,290$).

$^{70}_{176}\text{Yb}$ (рис. 2.283). Деформация по отношению к ^{174}Yb снижается на 0,010. Вместо ^{48}Ti (+0,190) помещается изотоп $^{50}\text{Ti}^{5,4\%}$ +0,151. Оболочка ядра остается такой же, как и у ядра ^{174}Yb .

$^{71}_{175}\text{Lu}(7/2)$ (рис. 2.284). По отношению к ^{165}Ho число нуклонов во внешней оболочке увеличивается на шесть. В качестве внутреннего кластера используется ^{48}Ti . Из-за одного "лишнего" протона появляется нескомпенсированная ядерная связка.

$^{72}_{174}\text{Hf}$ (рис. 2.285). Аномально большая деформация +0,265. Наиболее вероятно, что внутренним кластером является ^{50}Cr ($\beta = +0,238$). В процессе α -распада два нейтрона из оболочки и два протона из ^{50}Cr формируют α -частицу.

$^{72}_{176}\text{Hf}$ (рис. 2.286). Во 2-й и 6-й сектор оболочки ядра ^{174}Hf добавляются два нейтрона.

$^{72}_{178}\text{Hf}$ (рис. 2.287). Оболочка является дважды магической (48р и 32п), что отражается на распространенности (27,297%).

$^{72}_{180}\text{Hf}$ (рис. 2.288). Во внутренний кластер добавляются два нейтрона. Деформация внутреннего кластера ($_{52}\text{Cr}$) при этом сильно меняется (с +0,238 до +0,176). Тем не менее, это никак не отразилось на деформации ^{180}Hf $^{35,100\%}_{+0,262}$. Это означает, что у оболочки с дважды магическим числом нуклонов повышенная жесткость ядерного каркаса.

$^{73}_{181}\text{Ta}(7/2)$ (рис. 2.289). Большое значение спина ядра ^{181}Ta означает, что в оболочке имеется как минимум три "дефекта". Следовательно, внутренним кластером является ядро $_{54}\text{Cr}$, т.к. при этом кластере в оболочке появляется две нейтронные вакансии. Высокая распространенность ядра свидетельствует, что большой момент оболочки увеличивает ее жесткость.

$^{74}_{182}\text{W}$ (рис. 2.290). В качестве внутреннего кластера размещен $_{56}\text{Fe}$ $^{91,72\%}_{+0,210}$. Оболочка по протонам остается магической. Деформация ^{182}W равна +0,237.

$^{74}_{184}\text{W}$ (рис. 2.291). Два нейтрона добавляются во внешнюю оболочку ядра. Уменьшение деформации ядра свидетельствует, что добавление двух нейтронов снижает ее жесткость. Оболочка дважды магическая (48р и 32 п). Распространенность 30,7%.

$^{75}_{187}\text{Re}(5/2)$ (рис. 2.292). Первое ядро, где два нейтрона разместились в верхнем нуклонном ярусе.

$^{76}_{186}\text{Os}$ (рис. 2.293). Размещая в качестве внутреннего кластера $_{58}\text{Ni}$, сохраняем магичность оболочки, как протонам, так и нейтронам. При α -распаде формирование α -частицы происходит за счет двух протонов внутреннего кластера и двух нейтронов внешней оболочки.

$^{76}_{188}\text{Os}$ (рис. 2.294). Два дополнительных нейтрона вновь разместились в верхнем нуклонном ярусе. Уменьшение деформации ядра связано с увеличением эластичности оболочки.

$^{76}_{190}\text{Os}$ (рис. 2.295). И еще два нейтрона разместились в верхнем нуклонном ярусе. Эластичность ядра при этом увеличилась. Деформация ядра незначительно отличается от деформации внутреннего кластера.

$^{76}_{192}\text{Os}$ (рис. 2.296). В оболочке ядра остались только две нейтронные вакансии, расположенные в первом ярусе. Оболочка получается уже перегруженной, но увеличению массы внутреннего кластера мешает особенность структуры ядра $^{60}_{60}\text{Ni}$. В этом ядре происходит существенная перестройка структуры ядерного каркаса (у ядра $^{60}_{60}\text{Ni}$ шестиугольная структура ядерного каркаса).

$^{77}_{193}\text{Ir}(3/2)$ (рис. 2.297). В оболочку ^{192}Os добавляется протон. С добавлением протона происходит дополнительное перемещение двух протонов из экватора на ярус ниже. Форма грушевидная.

$^{78}_{190}\text{Pt}$ (рис. 2.298). В качестве ядерного кластера разместился последний представитель третьей группы, $^{62}_{62}\text{Ni}^{3,634\%}_{+0,189}$. Излучение α -частицы полностью происходит за счет внутреннего кластера.

$^{78}_{192}\text{Pt}$ (рис. 2.299). Во втором нуклонном ярусе закрывается две нейтронные вакансии. Оболочка по нейтронам является магической ($32n$).

$^{78}_{194}\text{Pt}$ (рис. 2.300). Два "лишних" нейтрона разместились в верхнем ярусе. Деформация оболочки снижается за счет увеличения жесткости. На этом стабильном изотопе завершается девятая квазиоболочка.

В табл. 1.11 сведены параметры оболочек наиболее распространенных изотопов. Из табл. 1.11 видно, что у ядер этой квазиоболочки происходят значительные флуктуации числа нуклонов во внешних оболочках, а, следовательно, происходят и сильные флуктуации зарядового радиуса ядра.

На рис. 2.301 – 2.304 показана структура нестабильных изотопов $^{80}_{184}\text{Hg}$, $^{80}_{186}\text{Hg}$, $^{80}_{188}\text{Hg}$, $^{80}_{190}\text{Hg}$. Внутренним кластером каждого из них является – ядро $^{60}_{60}\text{Ni}$. Его оболочка шестисторонняя (рис. 2.177), само ядро является сплюснутым ($-0,178$). Сплюснутая деформация внутреннего кластера уравнивает вытянутую деформацию внешней оболочки, как результат, получим почти сферические изотопы Hg.

Таблица 1.11. Параметры ядерных оболочек наиболее распространенных изотопов девятой квазиоболочки.

№	Изотопы	Параметры оболочки
1	$^{66}_{164}\text{Dy}$ 28,2% +0,325	$^{44}_{24}\text{Об. 68}$
2	$^{67}_{165}\text{Ho}$ 100%	$^{47}_{26}\text{Об. 73}$
3	$^{68}_{166}\text{Er}$ 33,6% + 0,280	$^{46}_{24}\text{Об. 70}$
4	$^{69}_{169}\text{Tm}$ (1/2) 100%	$^{49}_{28}\text{Об. 77}$
5	$^{70}_{174}\text{Yb}$ 31,8% + 0,290	$^{48}_{30}\text{Об. 78}$
6	$^{71}_{175}\text{Lu}$ (7/2) 97,41%	$^{49}_{30}\text{Об. 79}$
7	$^{72}_{180}\text{Hf}$ 35,100% + 0,262	$^{48}_{32}\text{Об. 80}$
8	$^{73}_{181}\text{Ta}$ (7/2) 99,988%	$^{49}_{30}\text{Об. 79}$
9	$^{74}_{182}\text{W}$ 26,3% + 0,235	$^{48}_{30}\text{Об. 78}$
10	$^{75}_{187}\text{Re}$ (5/2) 4,35Е10 лет 62,60%	$^{49}_{34}\text{Об. 83}$
11	$^{76}_{192}\text{Os}$ 42,0% + 0,167	$^{48}_{38}\text{Об. 86}$
12	$^{77}_{193}\text{Ir}$ (3/2) 62,7%	$^{49}_{38}\text{Об. 87}$
13	$^{78}_{194}\text{Pt}$ 32,9% +0,152	$^{50}_{34}\text{Об. 84}$

5.5. Квазиоболочка 10 $Z=50-72$ | Ядра $Z=78-100$
 $A=137-195$ | $A=195-257$

Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu,
 Am, Cm, Bk, Cf, Es.

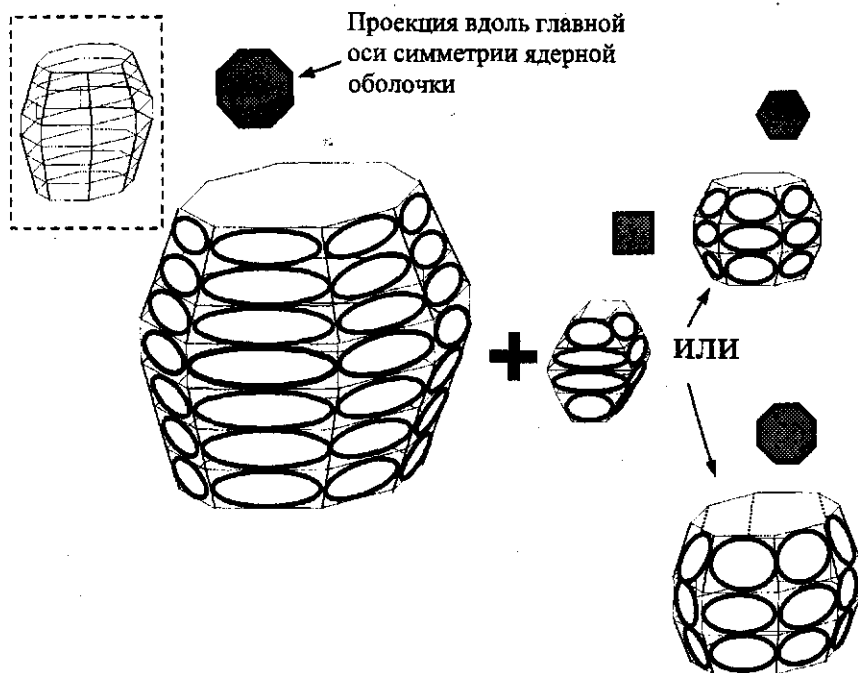


Рис. 1.25. Восьмисторонний семярусный каркас и каркасы внутренних кластеров из третьей, четвертой и пятой группы.

Особенность этой оболочки в том, что в ней уже размещаются ядра не только из третьей группы (квадратный каркас), но и с шестиугольной и восьмиугольной оболочкой (рис. 1.25).

Ядерные связи размещаются симметрично относительно экваториальных ядерных связей (рис. 2.305).

$^{78}_{195}\text{Pt}(1/2)$ (рис. 2.306). В качестве внутреннего кластера размещается ядро ^{58}Ni . По нейтронам в оболочке имеется вакансия. Протоны относительно экватора размещаются симметрично.

$^{78}_{196}\text{Pt}$ (рис. 2.307). Число нейтронов в оболочке магическое (32n). Деформация ядра (+0,146) меньше деформации внутреннего кластера (+0,170), что свидетельствует о высокой жесткости оболочки.

$^{78}_{198}\text{Pt}$ (рис. 2.308.) Добавление двух нейтронов в оболочку увеличивает ее жесткость, т.к. деформация ядра становится равной +0,136.

$^{79}_{197}\text{Au}(3/2)$ (рис. 2.309). Если в качестве внутреннего кластера размещается ядро ^{54}Fe , то не возникает проблем с определением магнитного момента.

$^{80}_{202}\text{Hg}$ (рис. 2.310). Изотопы ^{202}Hg имеют аномально малую деформацию, т.е. они почти сферические. Это можно обосновать тем, что в качестве кластера размещается шестисторонний (со сплюсненной деформацией) ^{60}Ni . Сплюсненная деформация ^{60}Ni (-0,178) компенсирует вытянутую деформацию внешней оболочки. Как следствие, получаем деформацию компромиссную, т.е. приближенную к сферической форме.

Большое число стабильных изотопов Hg обусловлено тем, что ядро находится в начале формирования квазиоболочки, и поэтому в ней много нейтронных вакансий.

$^{80}_{206}\text{Hg}$ (рис. 2.311). Ядро нестабильно, хотя по числу нейтронов (126) является магическим. Оболочка ядра магической не является.

$^{81}_{205}\text{Tl}(1/2)$ (рис. 2.312). Нечетный протон генерирует у оболочки орбитальный момент, который улучшает ее прочностные характеристики. ^{205}Tl переходит в категорию стабильных ядер.

$^{82}_{204}\text{Pb}$ (рис. 2.313). Это самый легкий стабильный (почти стабильный) изотоп свинца. В оболочке присутствуют четыре нейтронные вакансии.

$^{82}_{206}\text{Pb}$ (рис. 2.314). Добавление в оболочку двух нейтронов приводит к протонной перестройке. Деформация ядра при этом немного уменьшается, а распространенность изотопа увеличивается до 24,1%. Этим ядром завершается радиоактивный урановый ряд (^{238}U).

$^{82}_{206}\text{Pb}^*(3)$ (рис. 2.315). В первом возбужденном состоянии один из нейтронов переходит из верхнего яруса в нижний. Так как он переходит с нечетного яруса в четный, то меняется его спин с $+1/2$ на $-1/2$. Следовательно, у оболочки появляется орбитальный момент, равный двум. Суммируя орбитальный момент с суммарным спином секторов, получим экспериментальный спин ядра, равный трем.

$^{82}_{208}\text{Pb}$ (рис. 2.316). Добавление еще двух нейтронов вновь приводит к протонной перестройке во внешней оболочке. Это ядро завершает радиоактивный ряд ^{238}U . На рис. 2.361 показана вся радиоактивная цепочка этого ряда.

$^{83}_{209}\text{Bi}(9/2)$ (рис. 2.317). Добавление одного протона в оболочку ядра ^{208}Pb приводит к нарушению протонной и нейтронной симметрии относительно экватора. Суммарный спин секторов равен $3/2$. Следовательно, орбитальный момент оболочки равен 3. Результирующий момент ядра равен $9/2$.

$^{84}_{209}\text{Po}(1/2)$ (рис. 2.318). Замена нейтрона на протон снижает спин ядра до $1/2$. Это последнее ядро, где еще присутствует в качестве внутреннего кластера ядро ^{60}Ni .

$^{85}_{210}\text{At}(5)$ (рис. 2.319). Если в качестве внутреннего кластера поместить ядро ^{64}Zn , то орбитальный момент оболочки (без учета момента ядерной связи) будет равен четырем. Следовательно, результирующий спин ядра равен 5 ($2 + 4 - 1_{\text{св.}} = 5$).

$^{86}_{219}\text{Rn}(5/2)$ (рис. 2.320). По отношению к ядру ^{210}At масса внутреннего кластера увеличивается на 6 нуклонов и формируется из ядра ^{70}Zn .

$^{86}_{220}\text{Rn}$ (рис. 2.321). Деформация ядра очень странная ($+0,123$). Ядра ^{72}Gm и ^{74}Gm в качестве внутреннего кластера не подходят, т.к. их деформация равна $-0,231$ и $+0,240$ соответственно. Замена внутреннего кластера (^{20}Ni) ядра ^{74}Gm на ядро $^{18}\text{O}^{0,20\%}_{+0,157}$, добавив два протона во

внешнюю оболочку, решает проблему деформации ядра ^{220}Rn . Таким образом, внутренним кластером является шестисторонний изомер $^{72}\text{Gm}_{(m)(6)}$. Внешняя оболочка ядра ^{220}Rn помогает удержать кластер из 18 O внутри оболочки ядра ^{74}Gm . В свободном состоянии изомер $^{74}\text{Gm}_{(m)(6)}$ не существует.

$^{86}_{222}\text{Rn}$ (рис. 2.322). Добавление двух нейтронов в оболочку ядра ^{220}Rn приводит к деформации равной +0,140. Эта деформация так же является странной. Проблема снимается если в качестве внутреннего кластера поместить изомер $^{74}\text{Gm}_{(m)(6)}$.

$^{87}_{221}\text{Fr}(5/2)$ (рис. 2.323). Вполне возможно, что в этом ядре уже не изомер $^{72}\text{Gm}_{(m)(6)}$, а обычное (восьмистороннее) ядро $^{72}\text{Gm}_{(8)}$.

$^{88}_{224}\text{Ra}$ (рис. 2.324). Внутренним кластером является ядро ^{74}Gm . Это шестистороннее ядро с деформацией +0,240. Деформация ядра ^{224}Ra равна +0,172. То, что по протонам внешняя оболочка является магической (56p), вполне объясняет уменьшение деформации ядра по отношению к деформации внутреннего кластера. При кластерном распаде ^{224}Ra часть нуклонов внутреннего кластера (^{20}Ne) остается в оболочке, а часть излучается в виде ядра ^{12}C .

$^{89}_{225}\text{As}(3/2)$ (рис. 2.325). В оболочку ядра ^{221}Fr добавляется два протона и два нейтрона. Так как один протон находится в сверхзаполненном состоянии, происходит изменение расположения протонов, и, как следствие, с 5/2 до 3/2 уменьшается спин.

$^{89}_{227}\text{As}(3/2)$ (рис. 2.326). В оболочку ^{225}As добавляется два нейтрона.

$^{90}_{229}\text{Th}(5/2)$ (рис. 2.327). В оболочку ^{227}As добавляется протон и нейтрон.

$^{90}_{230}\text{Th}$ (рис. 2.328). Во внутреннем кластере происходит существенная перестройка. Внутренним кластером является восьмиугольное ядро $^{74}_{76}\text{Se}$. Внешняя оболочка по протонам имеет магическое число 56p.

$^{90}_{232}\text{Th}$ (рис. 2.329). Во внутренний кластер ядра ^{230}Th добавляется два нейтрона.

$^{91}_{231}\text{Pa}(3/2)$ (рис. 2.330). Как и в ^{232}Th , внутренним кластером является ^{78}Se .

$^{91}_{233}\text{Pa}(3/2)$ (рис. 2.331). В оболочку ядра ^{231}Pa добавляются два нейтрона.

$^{92}_{235}\text{U}(7/2)$ (рис. 2.332). В оболочку ^{233}Pa добавляю

тся протон и нейтрон. Этим ядром начинается радиоактивный ряд.

$^{92}_{236}\text{U}$ (рис. 2.333). В оболочку ядра ^{235}U добавляется нейтрон.

$^{92}_{238}\text{U}$ (рис. 2.334). В центре оболочки размещается изотоп ^{80}Se .

$^{93}_{237}\text{Np}(5/2)$ (рис. 2.335). В центре оболочки размещается ядро ^{82}Kr .

Ядрами ^{236}U , ^{238}U и ^{237}Np также начинаются соответствующие радиоактивные ряды.

$^{94}_{244}\text{Pu}$ (рис. 336). В центре оболочки размещается ядро ^{86}Kr .

$^{95}_{243}\text{Am}(5/2)$ (рис. 2.337). В центре оболочки размещается ядро из седьмой квазиоболочки ^{88}Sr , т.е. уже четырехъярусный восьмиугольник.

$^{96}_{247}\text{Cm}(9/2)$ (рис. 2.338). В оболочку ядра ^{243}Am добавляются один протон и три нейтрона.

$^{97}_{247}\text{Bk}(3/2)$ (рис. 2.339). В оболочке ядра ^{247}Cm нейтрон превращается в протон.

$^{98}_{251}\text{Cf}(1/2)$ (рис. 2.340). В оболочку ядра ^{247}Bk добавляются один протон и три нейтрона.

$^{99}_{252}\text{Es}(5)$ (рис. 2.341). В оболочку ядра ^{251}Cf добавляется протон. Этим ядром завершается самая многочисленная десятая квазиоболочка.

И, как обычно, параметры самых распространенных изотопов даны в табл. 1.12. Из табл. 1.12 видно, что флуктуации зарядовых радиусов с ростом их массы уменьшаются.

Таблица 1.12. Параметры ядерных оболочек наиболее распространенных изотопов десятой квазиоболочки.

№	Изотопы	Параметры оболочки
1	⁷⁸ ₁₉₅ Pt 33,8%	⁵⁰ ₃₁ Об. 81
2	⁷⁹ ₁₉₇ Au(3/2) 100%	⁵³ ₃₄ Об. 87
3	⁸⁰ ₂₀₂ Hg 29,86% + 0,086	⁵² ₃₄ Об. 86
4	⁸¹ ₂₀₅ Tl(1/2) 70,476%	⁵³ ₃₆ Об. 89
5	⁸² ₂₀₈ Pb 52,4%	⁵⁴ ₃₈ Об. 92
6	⁸³ ₂₀₉ Bi(9/2) 100%	⁵⁵ ₃₈ Об. 93
7	⁸⁴ ₂₀₉ Po(1/2) 102 лет α 99,74% ε 0,26%	⁵⁶ ₃₇ Об. 93
8	⁸⁵ ₂₁₀ At(5) 8,1 ч. ε 99,82% α 0,18%	⁵³ ₃₅ Об. 90
9	⁸⁶ ₂₂₂ Rn 3,8235 дн. + 0,140	⁵⁴ ₄₀ Об. 94
10	⁸⁷ ₂₂₃ Fr(3/2) 21,8 мин. β 99,99% α 0,01%	⁵⁵ ₄₀ Об. 95
11	⁸⁸ ₂₂₆ Ra 1600 лет + 0,192	⁵⁶ ₄₀ Об. 96
12	⁸⁹ ₂₂₇ As(3/2) 21,773 лет β 83%, α 1,38%	⁵⁷ ₄₀ Об. 97
13	⁹⁰ ₂₃₂ Th 1,435 Е 10 лет. α 100% +0,242	⁵⁶ ₄₂ Об. 98
14	⁹¹ ₂₃₁ Pa(3/2) 3,276 Е лет α	⁵⁷ ₄₀ Об. 97
15	⁹² ₂₃₈ U 4,468 Е 9 лет α 99,2745% +0,220	⁵⁸ ₄₄ Об. 102
16	⁹³ ₂₃₇ Np(5/2) 2,14 Е 6 лет α	⁵⁷ ₄₂ Об. 99
17	⁹⁴ ₂₄₄ Pu 8,08 Е 7 лет α 99,88%	⁵⁸ ₄₄ Об. 102
18	⁹⁵ ₂₄₃ Am(5/2) 7380 лет α	⁵⁷ ₄₂ Об. 99
19	⁹⁶ ₂₄₇ Cm(9/2) 1,56 Е 7 лет α	⁵⁸ ₄₃ Об. 103
20	⁹⁷ ₂₄₇ Bk(3/2) 1380 лет α	⁵⁹ ₄₄ Об. 103
21	⁹⁸ ₂₅₁ Cf(1/2) 1380 лет α	⁶⁰ ₄₇ Об. 107
22	⁹⁹ ₂₅₂ Es(5) 471,7 дн. α 76%	⁶¹ ₄₇ Об. 108

5.6. Квазиоболочка 11 $Z=73-75$ | Ядра $Z=101-111$
 $A=197-188$ | $A=259-272$

Fm, Md, No, Lu, Rf, Db, Sg, Bh, Hs, Mt, $^{111}_{272} ???$.

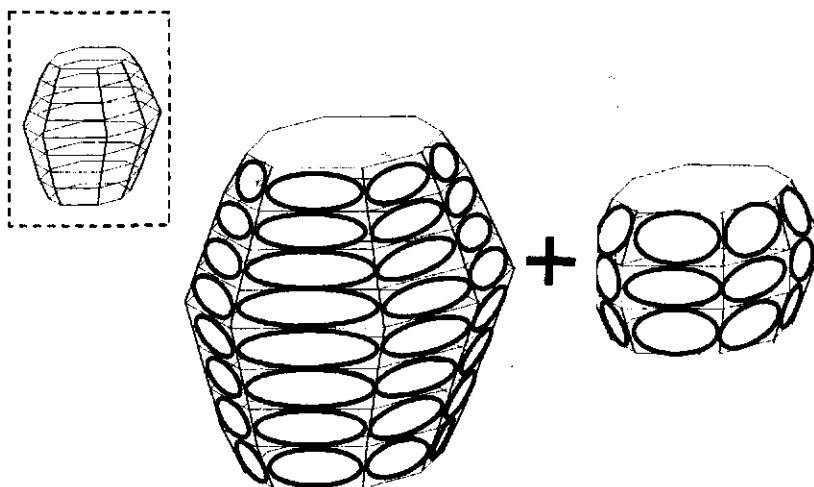


Рис. 1.26. Восьмисторонний восьмиярусный каркас и каркас кластера из шестой квазиоболочки.

На рис. 2.342 показано сочетание поляризаций ядерных связок в одиннадцатой квазиоболочке. Особенностью этой квазиоболочки является то, что все разнообразие параметров внутреннего кластера у ядер $^{100}_{255}\text{Fm}$ — $^{108}_{265}\text{Hs}$ ограничено изотопами криптона.

$^{98}_{252}\text{Cf}(1/2)$ (рис. 2.343). Внутренним кластером является ядро ^{84}Kr . По протонам в оболочке имеется две вакансии. Два "лишних" нейтрона заняли нижний ярус.

$^{100}_{255}\text{Fm}(7/2)$ (рис. 2.344). Число протонов во внешней оболочке является магическим (64р).

$^{100}_{257}\text{Fm}(9/2)$ (рис. 2.345). Во внешнюю оболочку добавляется два нейтрона. В области экватора оболочки происходит перестройка на протонам.

$^{101}_{260}\text{Md}$ (рис. 2.346). Внутренний кластер ($_{84}\text{Kr}$) заменен на ядро $_{86}\text{Kr}$. Во внешнюю оболочку добавляется протон. Возможный спин ядра равен $5/2$. Наличие трех нейтронных вакансий позволяет оболочке варьировать спином ядра.

$^{102}_{259}\text{No}$ (рис. 2.347). Добавление во внешнюю оболочку еще одного протона сопровождается заменой внутреннего кластера на ядро $_{84}\text{Kr}$.

$^{103}_{262}\text{Lr}$ (рис. 2.348). Вновь в качестве внутреннего кластера возвращается ядро $_{86}\text{Kr}$.

Внутренним кластером каждого из ядер $^{104}_{261}\text{Rf}$ (рис. 2.349), $^{105}_{262}\text{Db}$ (рис. 2.350), $^{106}_{263}\text{Sg}$ (рис. 2.351), $^{107}_{264}\text{Bh}$ (рис. 2.352) и $^{108}_{265}\text{Hs}$ (рис. 2.353) является ядро $_{84}\text{Kr}$. В ядре $^{108}_{265}\text{Hs}$ (рис. 2.353) экватор на протонам закрыт полностью.

$^{109}_{268}\text{Mt}(5)$ (рис. 2.354). Если в качестве внутреннего кластера поместить ядро $_{82}\text{Kr}$, то не возникнет проблем получения экспериментального спина 5 или 6. Спин 6 получается, если одну из ядерных связок во внешней оболочке перевести в возбужденное состояние. Один протон и один нейтрон во внешней оболочке размещаются в новых нуклонных ярусах, т.к. нуклонные ярусы на протонам и нейтронам закрыты полностью.

$^{111}_{272}???(5/2)$ (рис. 2.355). Размещая в качестве внутреннего кластера ядро $_{84}\text{Kr}$, мы сохраняем нейтронную структуру оболочки ядра $_{268}\text{Mt}$, но в сверхзаполненном состоянии уже находится три протона. Спин ядра при предложенной конфигурации равен $5/2$. Экспериментально спин ядра определить трудно, т.к. ядра рождаются в "разогретом" состоянии и за малое время существования не успевают перейти в свое основное состояние. Этим ядром завершается одиннадцатая квазиоболочка.

5.7. Квазиоболочка 12 $Z=72-88$ | Ядра $Z=110-116$
 $A=193-227$ $A=281-289$

$${}^{110}_{281}???, {}^{112}_{283}???, {}^{114}_{289}???, {}^{116}_{289}???,$$

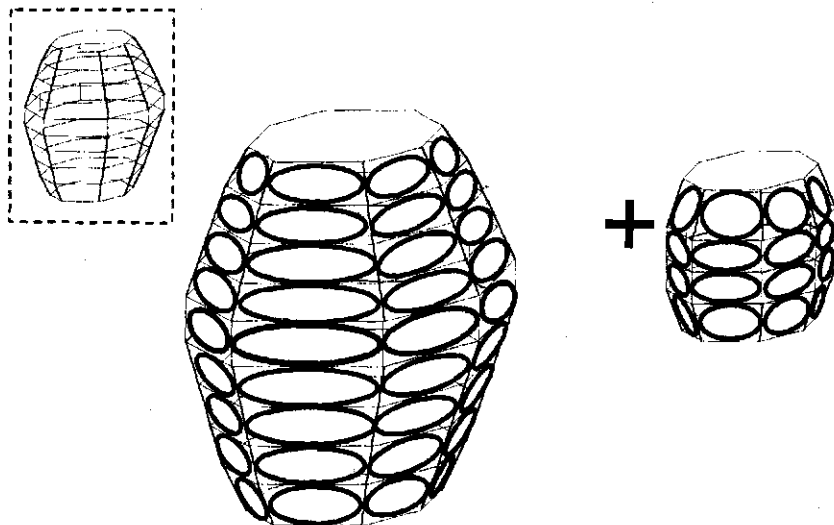


Рис. 1.27. Восьмисторонний девятирусный каркас и каркас кластера из пятой группы.

Двенадцатая квазиоболочка (рис. 1.27) является завершающей. Начинается она с ядра, имеющего заряд 110, и завершается, возможно, ядром с зарядом 120. Из экспериментов, проведенных в Дубне [30], следует существование 116 и 118 элементов. На рис. 2.356 показано сочетание поляризации ядерных связок двенадцатой квазиоболочки.

${}^{110}_{281}???(5/2)$ (рис. 2.357). Если в качестве внутреннего кластера поместить ядро ${}_{88}\text{Sr}$, то мы получим оболочку с числом протонов 72 (магическим) и числом нейтронов 49.

$^{112}_{283}???$ (рис. 2.358). В экватор оболочки ядра $^{110}_{281}???$ добавляется два протона. Один "лишний" нейтрон размещается на последнем нуклонном ярусе.

$^{114}_{289}???$ (рис. 2.359). Значительное увеличение числа нуклонов по отношению к ядру с зарядом 112 есть следствие замены внутреннего кластера $_{88}\text{Sr}$ на ядро $_{90}\text{Zr}$. По протонам структура оболочки остается такой же, как и у ядра с зарядом 112. Два нейтрона размещаются на первом нуклонном ярусе, три нейтрона – на последнем.

$^{116}_{289}???$ (рис. 2.360). Два нейтрона оболочки ядра $^{114}_{289}$ превращаются в два протона. Дополнительные два протона размещаются в экваторе оболочки. Из рис. 2.360 видно, что в области экватора имеется еще четыре протонные вакансии. А значит, есть шанс открыть 120 элемент.

Глава 6

Радиоактивность и деление ядер как проявление взаимодействия различных энергетических мод

Основной закон радиоактивного распада

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N, \quad N = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (11)$$

где N – число ядер, N_0 – число ядер при $t = 0$, λ – постоянная распада ($\lambda = \ln 2/T_{1/2}$), ничего не говорит о механизме и причине этого распада. Имеются работы [31], [32], [33], в которых постоянная распада увязывается с термодинамическим фактором на выделенных степенях свободы. Температура (T) связана с энергией реакции [31]

$$T = \sqrt{Q/a_F}, \quad a_F = A_F/9,5, \quad A_F = A + A_c. \quad (12)$$

В [31] получены следующие соотношения для постоянной распада

$$\lambda(A, Z) = \int \nu \frac{1}{T} \exp\left(-\frac{E_x}{T}\right) \rho(A, Z, \varepsilon) \rho(A_c, Z_c, \varepsilon_c) \times \quad (13)$$

$$\times D(E_k, \beta, \beta_c) \delta\left(\frac{Q - E_k - \varepsilon - \varepsilon_c - E^{\text{оэф}} - E^{\text{оэф}}_c}{T}\right) d\varepsilon d\varepsilon_c d\beta d\beta_c dE_k$$

для коэффициента прохождения

$$D = \exp\left(2\pi \frac{E_b}{\hbar \omega}\right) \equiv \exp\left(\frac{E_b}{\Theta}\right). \quad (14)$$

Энергия кулоновского взаимодействия двух деформированных осколков в точке контакта

$$B = \frac{e^2}{r_0} \frac{ZZ_c}{A^{1/3}(1+\beta) + A^{1/3}_c(1+\beta_c)} = B_0 \left(1 + \frac{A^{1/3}\beta + A^{1/3}_c\beta_c}{A^{1/3} + A^{1/3}_c}\right). \quad (15)$$

Частота столкновения кластеров с границами ядра

$$\nu = \sqrt{\frac{2(M + M_c)}{MM_c R}} E_k, \quad R = r_0 A^{1/3}, \quad r_0 = 1,2 \text{ фм}. \quad (16)$$

Соотношения (12 – 16) позволяют получить некоторые представления о структуре ядра, а именно: ядро – это сферический резонатор, внутри которого находится кластер. Взаимодействие резонатора с кластером генерирует низкочастотную моду. Зная расположение и связь нуклонов, можно определить механизм перекачки энергии из одной моды

в другую, а, следовательно, есть шанс добиться не только качественного, но и количественного совпадения с экспериментальными данными.

Если оболочка сферического резонатора состоит из гармонических осцилляторов (нуклонов), а из них формируются кластерные структуры, то эта оболочка представляет собой многомодовый резонатор. Часть гармонических осцилляторов имеют перпендикулярную ориентацию момента относительно главной оси симметрии ядра. Поэтому при жесткой кристаллической связи появляются нелинейные эффекты, связанные с гироскопическим моментом. Сочетание между нуклонами жесткой ядерной и кулоновской связей усиливает проявление нелинейных эффектов при перекачивании энергии из одних мод в другие. Нелинейные эффекты проявляются в виде периодической бифуркации, т.е. периодической аномальной концентрации энергии на выделенной моде. Если бифуркация энергии происходит на низкочастотной моде, то это может провоцировать кластерное излучение или деление ядра.

При f -излучении происходит излучение более тяжелых кластеров, чем α -частица. В нашей версии f -кластер существует в виде внутреннего кластера ядра, который сам является внутренним кластером (рис. 1.28). Его излучение также связано с бифуркационными процессами между всеми составляющими ядра. Из-за больших размеров f -кластера при излучении возможен срыв с внешней оболочки нескольких нейтронов.

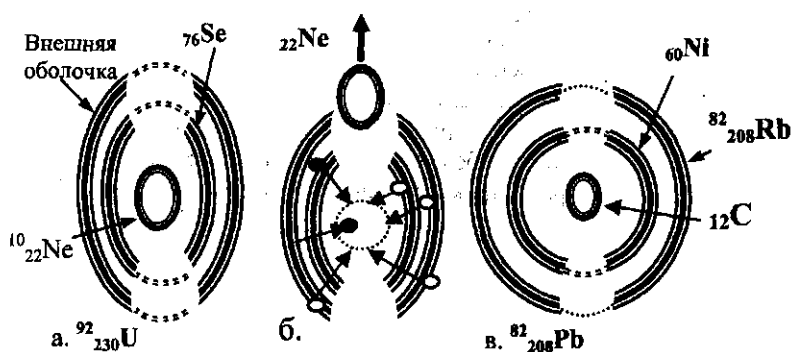


Рис. 1.28 (а, б, в). Механизм кластерного (^{22}Ne) распада ядра урана $^{92}_{230}\text{U}$.

а) Структура ядра $^{92}_{230}\text{U}$ построена на базе структуры ядра $^{90}_{230}\text{Th}$ (рис. 2.328), где во внешнюю оболочку добавлено два протона и на два нейтрона меньше. Внутренним кластером является ядро ^{76}Se (рис. 2.195). Внутри оболочки ядра ^{76}Se находится ядро ^{22}Ne .

б) Неон вылетает, и часть нуклонов внешней и внутренней оболочки срываются и летят в область, где находилось ядро неона.

в) Вместо неона формируется ^{12}C . Из ядра ^{12}C и его оболочки формируется ядро ^{60}Ni , которое является внутренним кластером ядра ^{230}U (рис. 1.28).

Маленькая вероятность f -излучения обусловлена геометрическими размерами внутреннего кластера. При излучении кластера из-за падения кулоновского напряжения во внешней оболочке возникают колебательные процессы большой амплитуды, при которых происходит срыв части нейтронов из оболочки и формирование из них нового внутреннего кластера, уже с меньшими параметрами, чем у излученного.

При делении ядра (рис. 1.29) происходит излучение более крупного кластера, который из-за своих геометрических размеров может сорвать не несколько нейтронов, а один или два ядерных яруса внешней оболочки. Причем более крупный кластер при излучении оставляет менее крупный во внешней оболочке, на месте менее крупного формируется новый кластер. При делении ядра и формировании внутри оболочки кластера оболочка подвергается большим амплитудным колебаниям. Таким образом, ядра в процессе формирования имеют более высокую температуру, чем в основном состоянии. В табл. 1.14. показано, на какие осколки происходит деление ядер $^{93}_{237}\text{Np}$ и $^{95}_{243}\text{Am}$. Из табл. 1.14 видно, что в исходной оболочке семь ярусов ядерных связок, а в продуктах распада их три и пять (один ярус взялся из внутреннего кластера). Часть нуклонов семиярусной оболочки ушла на формирование нового внутреннего кластера. Структура ядра Kf при делении может и не меняться.

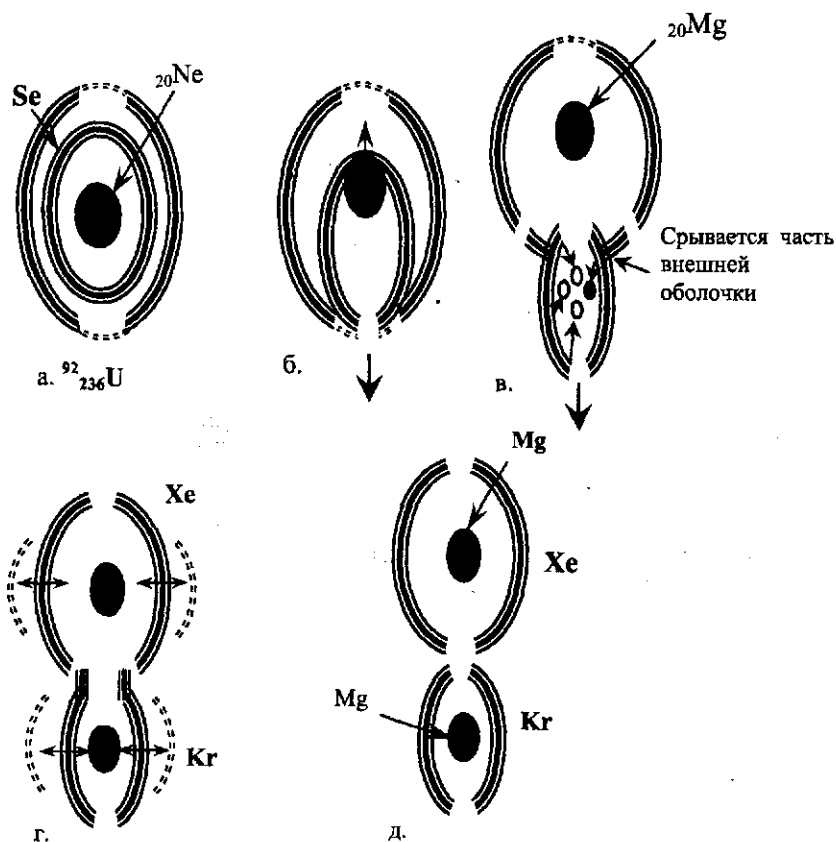


Рис. 1.29 (а, б, в, г, д). Механизм деления ядра урана

В табл. 1.15 показана схема деления ядра ${}^{98}_{252}\text{Cf}$ на два осколка. Осколки объединены двухсторонними стрелками. В ядре ${}^{252}\text{Cf}$ в отличие от ядер ${}^{237}\text{Np}$ и ${}^{243}\text{Am}$ происходит более симметричное деление. Если в седьмой квазиоболочке происходит рост массы осколка, то в восьмой, соответственно, происходит их уменьшение.

Таблица 1.14. Спонтанное деление ядер $^{93}_{237}\text{Np}$ и $^{95}_{243}\text{Am}$ на пару коррелированных осколков ^{36}Kr - ^{54}Xe .

Группа V ⬡				
Квазиобол. 6	Квазиобол. 7	Квазиобол. 8	Квазиобол. 9	Квазиобол. 10
$Z = 30 - 36$	$Z = 37 - 51$	$Z = 51 - 68$	$Z = 66 - 78$	$Z = 78 - 99$
$\Delta Z = 7, \Delta N = 10$ (3 яруса)	$\Delta Z = 14, \Delta N = 22$ (4 яруса)	$\Delta Z = 17, \Delta N = 24$ (5 ярусов)	$\Delta Z = 12, \Delta N = 18$ (6 ярусов)	$\Delta Z = 21, \Delta N = 38$ (7 ярусов)
$^{30}_{70}\text{Zn}$ $^{31}_{69}\text{Ga}$ $^{32}_{72}\text{Ge}$ $^{33}_{75}\text{As}$ $^{34}_{80}\text{Se}$ $^{35}_{79}\text{Br}$ ^{36}Kr - внут. класт. у ядер Np или Am	$^{37}_{85}\text{Rb}$ $^{38}_{98}\text{Sr}$ $^{39}_{89}\text{Y}$ $^{40}_{100}\text{Zr}$ $^{41}_{93}\text{Nb}$ $^{42}_{105}\text{Mo}$ $^{43}_{98}\text{Tc}$ $^{44}_{110}\text{Ru}$ $^{45}_{103}\text{Rh}$ $^{46}_{112}\text{Pd}$ $^{47}_{107}\text{Ag}$ $^{48}_{114}\text{Cd}$ $^{49}_{115}\text{In}$ $^{50}_{120}\text{Sn}$ $^{51}_{121}\text{Sb}$	$^{51}_{123}\text{Sb}$ $^{52}_{136}\text{Te}$ $^{53}_{127}\text{I}$ ^{54}Xe $^{55}_{133}\text{Cs}$ $^{56}_{144}\text{Ba}$ $^{57}_{139}\text{La}$ $^{58}_{148}\text{Ce}$ $^{59}_{141}\text{Pr}$ $^{60}_{152}\text{Nd}$ $^{61}_{145}\text{Pm}$ $^{62}_{152}\text{Sm}$ $^{63}_{151}\text{Eu}$ $^{64}_{158}\text{Gd}$ $^{65}_{159}\text{Tb}$ $^{66}_{162}\text{Dy}$ $^{68}_{164}\text{Er}$	$^{66}_{164}\text{Dy}$ $^{67}_{163}\text{Ho}$ $^{68}_{166}\text{Er}$ $^{69}_{169}\text{Tm}$ $^{70}_{174}\text{Yb}$ $^{71}_{175}\text{Lu}$ $^{72}_{180}\text{Hf}$ $^{73}_{181}\text{Ta}$ $^{74}_{184}\text{W}$ $^{75}_{185}\text{Re}$ $^{76}_{192}\text{Os}$ $^{77}_{193}\text{Ir}$ $^{78}_{194}\text{Pt}$	$^{78}_{195}\text{Pt}$ $^{79}_{197}\text{Au}$ $^{80}_{202}\text{Hg}$ $^{81}_{205}\text{Tl}$ $^{82}_{208}\text{Pb}$ $^{83}_{209}\text{Bi}$ $^{84}_{209}\text{Po}$ $^{85}_{210}\text{At}$ $^{86}_{222}\text{Rn}$ $^{87}_{223}\text{Fr}$ $^{88}_{226}\text{Ra}$ $^{89}_{227}\text{Ac}$ $^{90}_{232}\text{Th}$ $^{91}_{231}\text{Pa}$ $^{92}_{238}\text{U}$ $^{93}_{237}\text{Np}$ $^{94}_{239}\text{Pu}$ $^{95}_{243}\text{Am}$ $^{96}_{245}\text{Cm}$ $^{97}_{247}\text{Bk}$ $^{98}_{251}\text{Cf}$ $^{99}_{254}\text{Es}$

Таблица 1.15. Спонтанное деление ядра ^{252}Cf на пары коррелированных осколков ($^{112}\text{Pd} - ^{136}\text{Te}$, $^{110}\text{Ru} - ^{138}\text{Xe}$, $^{108}\text{Mo} - ^{144}\text{Ba}$, $^{100}\text{Zr} - ^{148}\text{Ce}$, $^{98}\text{Sr} - ^{152}\text{Nd}$).

Группа V ⬡				
Квазиобол. 7 $Z = 37 - 51$ $\Delta Z = 14, \Delta N = 22$ (4 яруса)	Квазиобол. 8 $Z = 51 - 68$ $\Delta Z = 17, \Delta N = 24$ (5 ярусов)	Квазиобол. 9 $Z = 66 - 78$ $\Delta Z = 12, \Delta N = 18$ (6 ярусов)	Квазиобол. 10 $Z = 78 - 99$ $\Delta Z = 21, \Delta N = 38$ (7 ярусов)	Квазиобол. 11 $Z = 98 - 111$ $\Delta Z = 13, \Delta N = 7$ (8 ярусов)
$^{37}_{85}\text{Rb}$ $^{38}_{98}\text{Sr}$ $^{39}_{90}\text{Y}$ $^{40}_{100}\text{Zr}$ $^{41}_{93}\text{Nb}$ $^{42}_{108}\text{Mo}$ $^{43}_{98}\text{Tc}$ $^{44}_{110}\text{Ru}$ $^{45}_{103}\text{Rh}$ $^{46}_{112}\text{Pd}$ $^{47}_{107}\text{Ag}$ $^{48}_{114}\text{Cd}$ $^{49}_{115}\text{In}$ $^{50}_{120}\text{Sn}$ $^{51}_{121}\text{Sb}$	$^{51}_{123}\text{Sb}$ $^{52}_{136}\text{Te}$ $^{53}_{122}\text{I}$ $^{54}_{138}\text{Xe}$ $^{55}_{133}\text{Cs}$ $^{56}_{144}\text{Ba}$ $^{57}_{120}\text{La}$ $^{58}_{148}\text{Ce}$ $^{59}_{141}\text{Pr}$ $^{60}_{152}\text{Nd}$ $^{61}_{145}\text{Pm}$ $^{62}_{152}\text{Sm}$ $^{63}_{151}\text{Eu}$ $^{64}_{158}\text{Gd}$ $^{65}_{159}\text{Tb}$ $^{66}_{162}\text{Dy}$ $^{68}_{164}\text{Er}$	$^{66}_{164}\text{Dy}$ $^{67}_{165}\text{Ho}$ $^{68}_{166}\text{Er}$ $^{69}_{169}\text{Tm}$ $^{70}_{174}\text{Yb}$ $^{71}_{175}\text{Lu}$ $^{72}_{180}\text{Hf}$ $^{73}_{181}\text{Ta}$ $^{74}_{184}\text{W}$ $^{75}_{185}\text{Re}$ $^{76}_{192}\text{Os}$ $^{77}_{193}\text{Ir}$ $^{78}_{194}\text{Pt}$	$^{78}_{199}\text{Pt}$ $^{79}_{197}\text{Au}$ $^{80}_{202}\text{Hg}$ $^{81}_{205}\text{Tl}$ $^{82}_{208}\text{Pb}$ $^{83}_{209}\text{Bi}$ $^{84}_{209}\text{Po}$ $^{85}_{210}\text{At}$ $^{86}_{222}\text{Rn}$ $^{87}_{223}\text{Fr}$ $^{88}_{226}\text{Ra}$ $^{89}_{227}\text{Ac}$ $^{90}_{232}\text{Th}$ $^{91}_{231}\text{Pa}$ $^{92}_{238}\text{U}$ $^{93}_{239}\text{Np}$ $^{94}_{239}\text{Pu}$ $^{95}_{243}\text{Am}$ $^{96}_{245}\text{Cm}$ $^{97}_{247}\text{Bk}$ $^{98}_{251}\text{Cf}$ $^{99}_{254}\text{Es}$	$^{98}_{252}\text{Cf}$ $^{100}_{257}\text{Fm}$ $^{101}_{255}\text{Md}$ $^{102}_{255}\text{No}$ $^{103}_{257}\text{Lu}$ $^{104}_{261}\text{Rf}$ $^{105}_{262}\text{Db}$ $^{106}_{263}\text{Sg}$ $^{107}_{262}\text{Bh}$ $^{108}_{265}\text{Hs}$ $^{109}_{268}\text{Mt}$ $^{111}_{272}\text{??}$

Параметрическое усиление энергии кластеров оболочки вызывает испарение из нее нейтронов и, как следствие, формирование в центре оболочки α -частицы (рис. 1.30).



Рис. 1.30 (а, б, в). Механизм формирования α -частицы и ее излучение.

Срыв нейтронов с оболочки внутреннего кластера приводит к уменьшению его геометрических размеров, охлаждению внешней оболочки. В охлажденной оболочке нейтроны становятся менее устойчивы к распаду. При распаде одного из нейтронов оболочки система приходит к некоторому температурному равновесию. Но если число протонов во внешней оболочке нечетное, то в оболочке появляется дислокация. Вокруг дислокации происходит концентрация напряжений. При распаде в оболочке второго нейтрона (в секторе с противоположной стороны) формируется два квазикристалла оболочки, связанных между собой двумя ослабленными секторами. Два квазикристалла формируют и новую колебательную моду, что снимает напряжение, связанное с новыми протонными дефектами. По существу, образуется новый уровень симметрии. И все же оболочка может вступить в конфликт с внутренним кластером из-за того, что новые протоны относительно экватора располагаются несимметрично, а поэтому провоцируется новый радиоактивный распад. В процессе этого распада уменьшается геометрический размер внешней оболочки. Это приводит к перестройке внутреннего кластера. Так происходит до тех пор, пока система не придет

в полное равновесие. Полное равновесие в данном случае означает, что сформировалось стабильное ядро.

В работе [34] предложено соотношение

$$\lg T_{1/2}^{\alpha} = -k + \mu(N - Z)/A, \quad (17)$$

где k и μ – постоянные. Здесь с единой позиции рассматриваются периоды распада всех трех мод. Изотон-аналоговые ядра объединены линией, соответствующей соотношению (17). В нашей интерпретации разность между числом нейтронов и числом протонов определяет запас энергии в высокочастотной моде (т.е. в температуре, определяемой нейтронами), а постоянные k и μ определяют скорость перераспределения этой энергии по другим энергетическим модам.

С микроскопической точки зрения срыв нейтрона из оболочки нарушает симметричное расположение нуклонов, где моменты нуклонов взаимоскомпенсированы, следовательно, появляется орбитальный и магнитный момент оболочки. У внутреннего кластера оболочки появляется орбитальный и магнитный момент с противоположной направленностью. Флуктуации магнитного поля ядра, воздействуя на магнитное поле нейтрона, втягивают его в центр оболочки, где происходит его распад (т.е. превращение в протон). Протон захватывает другие сорванные нейтроны формируя α -частицу. При превращении нейтронов в центре оболочки в протоны испущенные электроны захватываются протонами внешней оболочки.

Перекачивание энергии в высокочастотную составляющую приводит к превращению протона в нейтрон. При β -излучении возможно появление трех ротационных уровней $J_i \rightarrow J_i - 1; J_i; J_i + 1$. Какой именно ротационный уровень появляется, зависит от двух факторов. Первым фактором является принцип Паули, запрещающий находиться двум протонам или двум нейтронам рядом в одном кластере. Второй фактор связан с симметрией ядерной оболочки. Если нуклон, полученный в процессе β -излучения, не меняет нуклонный ярус или переходит на нуклонный ярус с такой же четностью, то это фейманский переход, а если он переходит на нуклонный ярус с противоположной четностью, то оболочка приобретает орбитальный момент с правой или левой спиральностью. Сам β -процесс может быть спровоцирован изменением нулевой температуры оболочки, а также созданием напряжения под воздействием внутреннего кластера на внешнюю оболочку.

На рис. 1.31 (а, б, в) показан механизм перехода протона из одного сектора в другой. При переходе протона из одного сектора в другой меняется его поляризация, что отражается на орбитальном и магнитном моменте оболочки. При переходе в соседний ярус происходит перезарядка протона с нейтроном (в вертикальном узле) и в верхний ярус уходит протон, который был нейтроном. Если изначально орбитальный момент ядра был $+1$, то при таком переходе он станет равным -1 .

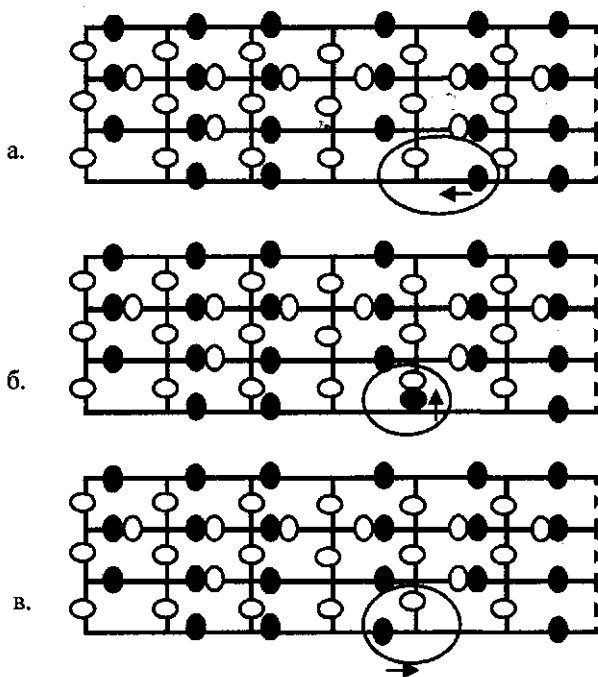
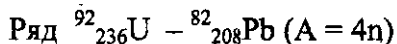


Рис. 1.31 а, б, в.

Проведем анализ радиоактивных рядов ${}^{236}\text{U} - {}^{208}\text{Pb}$, ${}^{236}\text{U} - {}^{206}\text{Pb}$, ${}^{235}\text{U} - {}^{207}\text{Pb}$ и ${}^{237}\text{Np} - {}^{209}\text{Bi}$ с помощью предложенного механизма радиоактивного распада.



На рис. 2.361 дана схема всей радиоактивной цепочки ряда ${}^{92}_{236}\text{U} - {}^{82}_{208}\text{Pb}$. Под химическим элементом приводится деформация ядра или спин.

${}^{92}_{236}\text{U}$ (рис. 2.362). Число "свободных" нейтронов равно 44, его можно считать полумагическим. В экваторе оболочки имеется два сектора, полностью закрытых по протонам и нейтронам. Протоны относительно экватора размещены асимметрично, следовательно, внутренний кластер относительно экватора внешней оболочки смещается в сторону полюса с меньшим числом протонов. Внутренний кластер ${}^{78}\text{Se}$ (трехъярусный восьмиугольник) по периметру экватора имеет 16 нуклонов. Во внешней оболочке по периметру 22 нуклона. Необходимо учесть, что экватор внутреннего кластера размещается между двумя нуклонными ярусами внешней оболочки, что увеличивает расстояние от нуклонов внутреннего кластера до нуклонов внешней оболочки. Альфа-распад полностью происходит за счет нуклонов внешней оболочки. Из экспериментальных данных следует, что нулевая температура ядра приблизительно равна 0.5 МэВ. По нашей версии, нейтрон – это разогретый протон. Следовательно, превращение нейтрона в протон означает, что часть температуры нейтрона перераспределяется на весь объем ядра. При этом суммарного снижения температуры ядра не происходит. В данном случае происходит перераспределение энергии от высокочастотной моды в низкочастотную составляющую.

Кулоновское отталкивание протонов внутреннего кластера от протонов внешней оболочки держит оболочку в напряжении. Если два нейтрона превращаются в два протона, то происходит резкое расширение внешней оболочки, в процессе которого возможно потеря ею части нейтронов. При действии обратной реакции оболочки на расширение возникает колебательный процесс. Колебания нуклонов генерируют наведенное электрическое поле и токи, происходит влияние на характер

движения сорванных нейтронов. После превращения свободного нейтрона в протон происходит захват второго нейтрона и срыв еще двух. После последовательного захвата двух нейтронов и превращения еще одного протона в нейтрон формируется α -частица, которая из-за высокой проницаемости полюсов оболочки покидает ядро.

$^{90}_{232}\text{Th}$ (рис. 2.363). Это ядро, как и ^{236}U , испытывает α -распад, но здесь несколько иная схема. При α -распаде внешняя оболочка уменьшается на два нейтрона и становится слишком тесной для внутреннего кластера из ядра ^{78}Se , что провоцирует кардинальную перестройку внутреннего кластера. В результате перестройки внутреннего кластера формируется ядро ^{76}Ge , которое имеет уже шестиугольную структуру (рис. 2.185). Два протона из внутреннего кластера и два нейтрона из внешней оболочки формируют α -частицу.

$^{88}_{228}\text{Ra}$ (рис. 2.364). После потери четырех протонов и четырех нейтронов и кардинальной перестройки внутреннего кластера оболочка ядра становится аномально "холодной" для данного количества нейтронов, из-за чего происходит превращение нейтрона из оболочки в протон.

$^{89}_{228}\text{As}(3)$ (рис. 2.365). Если в ядре ^{228}Ra β -излучение произошло в первом секторе внешней оболочки, то в ядре ^{228}As β -излучение происходит в пятом секторе внешней оболочки, где у протона спин (магнитный момент) имеет противоположную направленность. Формирование второго локального дефекта в пятом секторе экваториальной области оболочки повышает ее симметрию. Оболочка по первому и пятому секторам разделяется на два квазикластера, каждый из которых состоит из двух секторов. Поскольку суммарный спин квазикластера оболочки равен нулю, получим два массивных квазибозона, связанных между собой первым и пятым вертикальными секторами.

$^{90}_{228}\text{Th}$ (рис. 2.366). Ядро получилось в результате превращения одного из нейтронов пятого сектора внешней оболочки ядра ^{228}As . Вновь нарушается симметрия по протонам относительно экватора, что вызывает смещение внутреннего кластера. Напряжение во внешней оболочке, спровоцированное смещением внутреннего кластера, снимается α -распадом. В процессе α -распада внешняя оболочка теряет два протона, а внутренний кластер (^{76}Ge) – два нейтрона, т.е. превращается в изотоп ^{74}Ge .

$^{88}_{224}\text{Ra}$ (рис. 2.367). Радиоактивный α -распад ядра ^{224}Ra происходит за счет двух протонов внешней оболочки и двух нейтронов внутреннего кластера.

$^{86}_{220}\text{Rn}$ (рис. 2.368). Внутренним кластером является изомер $^{72}\text{Ge}_m$ (более подробно – на стр. 74).

$^{84}_{216}\text{Po}$ (рис. 2.369). Оболочка этого ядра такая же, как и у ^{220}Rn . Внутренним кластером является ядро ^{68}Zn .

$^{82}_{212}\text{Pb}$ (рис. 2.370). В ядре ^{216}Po α -распад произошел полностью за счет внутреннего кластера, где ядро ^{68}Zn превратилось в ^{64}Zn .

$^{83}_{212}\text{Bi}$ (рис. 2.371). Температура внешней оболочки ядра ^{212}Pb снизилась в результате двукратного α -распада, поэтому нейтрон превратился в протон. Нечетный протон во внешней оболочке воспринимается как локальный дефект.

$^{84}_{212}\text{Po}$ (рис. 2.372). Из-за превращения еще одного нейтрона в протон формируется новый локальный дефект, уже на новом уровне устанавливающий симметрию внешней оболочки.

$^{82}_{208}\text{Pb}$ (рис. 2.373). Ядро ^{212}Po излучает α -частицу полностью за счет нуклонов внутреннего кластера, что снижает напряжение, создаваемое внутренним кластером (^{60}Ni), на оболочку.

Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$ ($A = 4n + 2$)

На рис. 2.374 дана схема радиоактивной цепочки $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$.

$^{92}_{238}\text{U}$ (рис. 2.375). В ядре ^{238}U внутренний кластер формируется из ^{80}Se , где во внутреннем кластере на два нейтрона больше, чем у ^{236}U .

$^{90}_{234}\text{Th}$ (рис. 2.376). Если в ядре ^{236}U α -распад происходит полностью за счет внешней оболочки, то в ядре ^{238}U в формировании α -частицы участвуют два нейтрона из внутреннего кластера.

$^{91}_{234}\text{Pa}$ (4) (рис. 2.377). В результате α -распада ядра ^{238}U внешняя оболочка ядра ^{234}Th становится для данного количества нейтронов переохлажденной, т.е. температура, сконцентрированная в нейтронах, не уравнивается температурой оболочки ядра. Провоцируется β -распад.

$^{92}_{234}\text{U}$ (рис. 2.378). Локальный дефект от нечетного протона ядра ^{234}Pa уравнивается вторым локальным дефектом во внешней оболочке. Оболочка по протонам вновь становится асимметричной относительно экватора, внутренний кластер смещается.

$^{90}_{230}\text{Th}$ (рис. 2.379). Вызванное смещением внутреннего кластера напряжение во внешней оболочке ядра ^{234}U снимается через α -распад. В формировании α -частицы участвуют два протона внешней оболочки и два нейтрона внутреннего кластера.

$^{88}_{226}\text{Ra}$ (рис. 2.380). В ядре ^{230}Th внутренний кластер имеет anomalously большие размеры относительно размеров внешней оболочки. В процессе α -распада ядра ^{230}Th происходит кардинальная перестройка внутреннего кластера. Если в ядре ^{230}Th внутренний кластер имел восьмиугольную структуру, то в рассматриваемом ядре структура уже шестиугольная, т.к. внутренним кластером является ядро ^{74}Ge . Структура ядра ^{74}Ge изображена на рисунке 2.185.

$^{86}_{222}\text{Rn}$ (рис. 2.381). Значение деформации этого ядра очень странное. Проблема с деформацией ядра решается, если в ядре ^{74}Ge заменить внутренний кластер ^{20}Ne на ^{18}O . Более подробно — на стр. 75.

$^{84}_{218}\text{Po}$ (рис. 2.382). В процессе α -распада ядра ^{222}Rn формируется ядро ^{218}Po . Излучение α -частицы происходит полностью за счет внутреннего кластера. Следовательно, внутренним кластером вместо ^{72}Ge является ^{68}Zn , структура которого приводится на рис. 2.184.

$^{82}_{214}\text{Pb}$ (рис. 2.383). В этом ядре излучение также происходит полностью за счет внутреннего кластера, но при этом два нейтрона внешней оболочки превращаются в протоны.

$^{83}_{214}\text{Bi}(1)$ (рис. 2.384). Резкое уменьшение параметров внутреннего кластера приводит к "переохлаждению" внешней оболочки, что вызывает превращение нейтрона в протон.

$^{84}_{214}\text{Po}$ (рис. 2.385). Один нейтрон превращается в протон, симметрия оболочки восстанавливается, образуется второй локальный дефект.

$^{82}_{210}\text{Pb}$ (рис. 2.386). Ядро ^{214}Po испытывает α -распад полностью за счет нуклонов внутреннего кластера, которым является ядро ^{60}Ni .

$^{83}_{210}\text{Bi}$ (рис. 2.387). Уменьшение параметров внутреннего кластера вновь вызывает во внешней оболочке β -излучение. На рисунке 2.387 показано превращение нейтрона в протон и его переход из нижнего яруса в верхний. Так как переход осуществляется с четного на нечетный, то спин сектора оболочки меняется на единицу.

$^{84}_{210}\text{Po}$ (рис. 2.388). β -излучение восстанавливает симметрию оболочки. По такой же схеме, как и в ^{210}Bi , происходит перемещение двух нуклонов.

$^{82}_{206}\text{Pb}$ (рис. 2.389). Излучение ядром ^{210}Po α -частицы происходит полностью за счет нуклонов внешней оболочки ядра.

Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$ ($A = 4n + 3$)

На рис. 2.390 приводится схема радиоактивной цепочки $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$.

$^{92}_{235}\text{U}(7/2)$ (рис. 2.391). Внутренним кластером внешней оболочки ядра ^{235}U является ^{78}Se . Структура ядра ^{78}Se дана на рис. 2.195. Это трехъярусный восьмиугольник, внутренний кластер которого сформирован из ядра ^{20}Ne . В оболочке ядра ^{235}U нарушена симметрия расположения протонов, что провоцирует α -распад.

$^{90}_{231}\text{Th}(5/2)$ (рис. 2.392). Ядро ^{235}U излучает α -частицу за счет двух протонов внешней оболочки и двух нейтронов внутреннего кластера.

$^{91}_{231}\text{Pa}(3/2)$ (рис. 2.393). Удаление двух протонов внешней оболочки приводит ее к переохлаждению, из-за чего один нейтрон оболочки превращается в протон.

$^{89}_{227}\text{Ac}(3/2)$ (рис. 2.394). Излучение ядром ^{231}Pa α -частицы вновь происходит за счет нуклонов внешней оболочки и внутреннего кластера.

$^{90}_{227}\text{Th}(3/2)$ (рис. 2.395). В охлажденной внешней оболочке происходит β -излучение.

$^{88}_{223}\text{Ra}(1/2)$ (рис. 2.396). В оболочке ядра ^{227}Th нарушена симметрия расположения протонов относительно ее экватора, это вызывает α -распад.

$^{86}_{219}\text{Rn}(5/2)$ (рис. 2.397). Внутренний кластер (^{70}Zn) еще обладает восьмиугольной трехъярусной структурой.

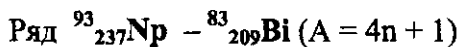
$^{84}_{215}\text{Po}(9/2)$ (рис. 2.398). При α -распаде ядра ^{219}Rn , внутренним кластером становится ^{66}Zn (у которого шестиугольная форма оболочки (рис. 2.182)).

$^{82}_{211}\text{Pb}(9/2)$ (рис. 2.399). Шестиугольная форма кластера ^{66}Zn для ядра ^{215}Po некомфортна. Поэтому происходит новый α -распад.

$^{83}_{211}\text{Bi}(9/2)$ (рис. 2.400). Из-за четырех α -распадов внешняя оболочка переохлаждается и, как следствие, происходит β -излучение.

$^{81}_{207}\text{Tl}(1/2)$ (рис. 2.401). Вновь происходит α -распад за счет нуклонов внутреннего кластера. В результате внутренним кластером становится ядро ^{60}Ni .

$^{82}_{207}\text{Pb}(1/2)$ (рис. 2.402). В ядре ^{207}Tl происходит последнее в этой цепочке β -излучение.



На рис. 2.403 приводится схема радиоактивной цепочки ${}^{93}_{237}\text{Np} - {}^{83}_{209}\text{Bi}$.

${}^{93}_{237}\text{Np}(5/2)$ (рис. 2.404). Внутренним кластером является ${}^{82}\text{Kr}$. Структура ${}^{82}\text{Kr}$ дана на рисунке 2.197.

${}^{91}_{233}\text{Pa}(3/2)$ (рис. 2.405). В результате α -распада ядра ${}^{237}\text{Np}$ получаем ядро ${}^{233}\text{Pa}$. α -частица полностью формируется за счет нуклонов внутреннего кластера. Уменьшение параметров внутреннего кластера снимает возбуждение ядерной связки внешней оболочки. В результате, имея точно такое же расположение нуклонов во внешней оболочке, получаем спин ядра не $5/2$, а $3/2$. Уменьшение параметров внутреннего кластера вызывает β -распад.

${}^{92}_{233}\text{U}(5/2)$ (рис. 2.406). После β -распада одна из ядерных связок внешней оболочки переходит в возбужденное состояние.

${}^{90}_{229}\text{Th}(5/2)$ (рис. 2.407). В этом ядре возможны три варианта распада: α -распад, ${}^{24}\text{Ne}$ -распад и деление. Внутренний кластер – ядро ${}^{78}\text{Se}$ (рис. 2.195). Внутренним кластером в ядре ${}^{78}\text{Se}$ является ${}^{20}\text{Ne}$.

При достижении ядром ${}^{229}\text{Th}$ некоторой температуры возможен кластерный распад через один из полюсов внешней оболочки. Повышение температуры может произойти и через взаимодействие с внешними частицами, и через перераспределение внутренней энергии от высокочастотной моды к низкочастотной. При взаимодействии различных мод возможны бифуркационные процессы, заканчивающиеся испарением внутреннего кластера ${}^{78}\text{Se}$, который при вылете может захватить несколько нейтронов из внешней оболочки.

${}^{88}_{225}\text{Ra}(1/2)$ (рис. 2.408). Уменьшение внутреннего кластера на два нейтрона при α -распаде в ядре ${}^{229}\text{Th}$ вновь приводит к β -излучению.

${}^{89}_{225}\text{As}(3/2)$ (рис. 2.409). В первом секторе нейтрон, превратившись в протон, перешел в третий нуклонный ярус. Процесс перехода осуществляется через последовательное выдавливание нуклона из одного яруса в соседний.

${}^{87}_{221}\text{Fr}(5/2)$ (рис. 2.410). Несимметричное расположение протонов относительно экватора внешней оболочки провоцирует α -распад ядра ${}^{225}\text{As}$.

${}^{85}_{217}\text{At}(9/2)$ (рис. 2.411). В ядре ${}^{221}\text{Fr}$ так же происходит α -распад, но уже за счет нуклонов внутреннего кластера. Если в ядре ${}^{221}\text{Fr}$ внутренний кластер имеет восьмиугольную форму, то в ядре ${}^{217}\text{At}$ он (${}^{68}\text{Zn}$ рис. 2.184) имеет шестиугольную форму.

${}^{83}_{213}\text{Bi}(9/2)$ (рис. 2.412). Для ядра ${}^{217}\text{At}$ внутренний кластер ${}^{68}\text{Zn}$ остается еще великоватым, и поэтому вновь за счет внутреннего кластера происходит α -распад, в результате которого формируется ядро ${}^{213}\text{Bi}$.

${}^{84}_{213}\text{Po}(9/2)$ (рис. 2.413). В оболочке ${}^{213}\text{Bi}$ происходит превращение нейтрона в протон.

${}^{82}_{209}\text{Pb}(9/2)$ (рис. 2.414). Излучение α -частицы из ядра ${}^{213}\text{Po}$ происходит за счет нуклонов внутреннего кластера.

${}^{83}_{209}\text{Bi}(9/2)$ (рис. 2.415). Последнее β -излучение из оболочки ядра ${}^{209}\text{Pb}$ приводит рассматриваемый комплекс из двух внутренних кластеров и внешней оболочки в категорию стабильных ядер.

И так, зная деформацию ядер и особенности их структуры, мы можем отследить, какие нуклоны принимают непосредственное участие в радиоактивном распаде ядра. Радиоактивные α - и f -излучения приводят к изменению температурного режима ядра, а это, в свою очередь, провоцирует β -излучение. В ядре, которое является многоуровневой средой из кластеров различных масштабов и степеней связи с основной частью ядра, возможно формирование энергетического потока из одной моды в другую. Аналогичная картина возникает и в турбулентной среде. Периодическая концентрация энергии на какой-то выделенной моде при достижении некоторой амплитуды запускает механизм α - и β -излучения или даже деление ядра. В дважды магических ядрах все эти процессы подавлены, т.к. ядра имеют более устойчивую (жесткую) структуру. Выделение среди ядер магических и дважды магических привело к созданию оболочечной модели ядра.

Возникает естественный вопрос: как связать рассматриваемые структуры ядер с общепринятой оболочечной моделью, где нуклоны количественно распределены по различным энергетическим уровням.

В нашей версии спин ядра определяется следующим образом:

$$1) \quad 1/2 \pm 1_{\text{орб.}} = -1/2, 3/2;$$

$$2) \quad 1/2 \pm 1_{\text{орб.}} - 1_{\text{яд. св.}} = 1/2;$$

$$3) \quad 1/2 \pm 1_{\text{орб.}} + 1_{\text{яд. св.}} = -3/2, 5/2;$$

$$4) \quad 1 \pm 2_{\text{орб.}} = -1, 3;$$

$$5) \quad 1 \pm 2_{\text{орб.}} - 1_{\text{яд. св.}} = 0, 2;$$

$$6) \quad 1 \pm 2_{\text{орб.}} + 1_{\text{яд. св.}} = -2, 4;$$

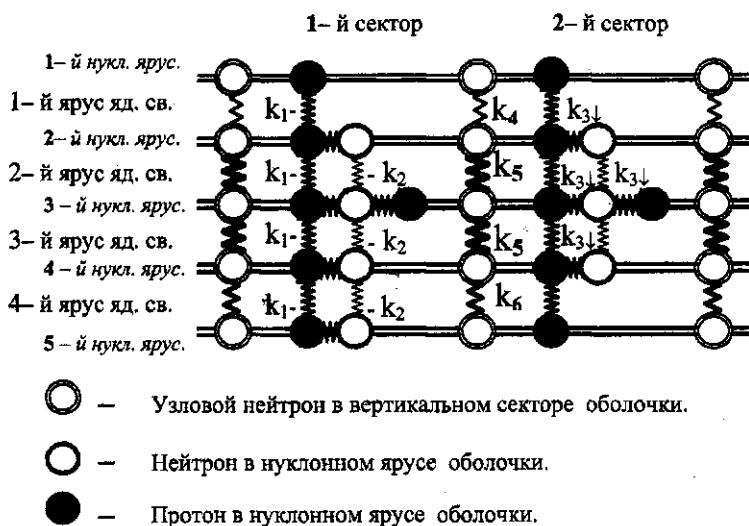
$$7) \quad 3/2 \pm 3_{\text{орб.}} = -3/2, 9/2;$$

$$8) \quad 3/2 \pm 3_{\text{орб.}} - 1_{\text{яд. св.}} = -1/2, 7/2;$$

$$9) \quad 3/2 \pm 3_{\text{орб.}} + 1_{\text{яд. св.}} = -5/2, 11/2.$$

Выделенные значения есть суммарный спин некомпенсированных нуклонов, которые и определяют орбитальный момент ядерной оболочки. Последний перпендикулярен главной оси симметрии ядра из-за специфики расположения некомпенсированных нуклонов. Если имеется некомпенсированный момент ядерной связки, то он также участвует в формировании орбитального момента. В отличие от фермионов, спин ядерной связки равен орбитальному моменту. Появление спина ядерной связки в орбитальном моменте ядра связано с нарушением симметрии расположения нуклонов в оболочке. Особенности расположения нуклонов также отражаются на ее жесткости.

На рис. 1.32 изображен фрагмент четырехъярусной ядерной оболочки. Ядерные связки и кулоновское поле нуклонов заменены на пружины. Коэффициент жесткости пружин, которыми связаны нуклоны, зависит от яруса, от заряда, от того, является связь между ними горизонтальной или вертикальной. Для четырехъярусного фрагмента мы определили шесть коэффициентов жесткости, что эквивалентно шести энергетическим уровням. Число нуклонов, связанных пружинами одного и того же коэффициента жесткости, равно числу нуклонов на одном энергетическом уровне.



k_1 – коэффициент жесткости между протонами из разных нуклонных ярусов.

k_2 – коэффициент жесткости между нейтронами из разных нуклонных ярусов.

k_3 – коэффициент жесткости между нуклонами из одного нуклонного яруса.

$k_4, 5, 6$ – коэффициенты жесткости ядерных связей из разных ярусов.

Рис. 1.32. Фрагмент четырехъярусной оболочки ядра с распределением различных коэффициентов жесткости связи между нуклонами и ядерными связками.

При нескольких коэффициентах жесткости гамильтониан (18) имеет многомодовое решение

$$H = E_n + U = \frac{A_i}{2} [(\Delta\delta_j)] + A_i \frac{k_i}{2} (\Delta\delta_j)^2. \quad (18)$$

где Δx_i — проекция смещения из положения равновесия нуклонов с массой m на соответствующую координатную ось. Используя экспериментальные данные энергии возбуждения нуклонов, несложно распределить нуклоны по общепринятым оболочечным уровням (модам).

В случае ротационного спектра необходимо учитывать наличие внутреннего кластера, который связан с оболочкой только через кулоновское поле протонов. В работе [35] проводится анализ γ -вибрации бесспиновых частиц, движущихся в среднем поле неаксиального вращения Ω -осциллятора. В нашем случае бесспиновой частицей является внутренний кластер, находящийся в центре вращающейся внешней оболочки. Так как в оболочке имеются нейтроны с перпендикулярным моментом относительно момента нуклонов в горизонтальном ярусе, то при вращении она приобретает прецессию. Таким образом, вращающаяся оболочка есть не что иное, как вращающийся осциллятор, в поле которого находится кластер с нулевым спином. После достижения определенного критического момента ядра во вращение внешней оболочки включается и внутренний кластер с собственной прецессионной частотой. Аналогичная ситуация имеется во вращающемся жидком гелии, где после достижения критической скорости вращения сосуда на оси вращения появляется вихревая нить.

Принудительное вовлечение внутреннего кластера во вращение, как и в жидком гелии, имеет квантовый характер. Этот процесс сопровождается явлением *backbending* и падением $\hbar\Omega$ под твердотельную линию:

$$\hbar\Omega = \frac{\hbar^2}{\mathfrak{I}_0} I, \quad (19)$$

где

$$\mathfrak{I}_0 = \frac{2}{5} MR^2 \quad (20)$$

— твердотельное значение момента инерции ядра.

В несферических ядрах без внутреннего кластера эффект *бэкбендинга* связан с большой амплитудой прецессионного колебания оболочки. После достижения некоторого критического значения амплитуды прецессионного колебания ядерная связка переходит в возбужденное состояние; как следствие, нарушается линейный характер изменения орбитального момента.

Из-за особенности расположения узловых нейтронов у нуклонов появляется прецессионное вращение при любом вращении ядра. В свою очередь, прецессия нуклонов приводит к вибрации ядерных связей. Следовательно, ротационный спектр необходимо рассматривать в едином комплексе с вибрационным (фононным) спектром

$$H = H_{rot} + H_{vib} + H'_{vib-rot}. \quad (21)$$

В модели самосогласованных фононов [36] проведены результаты расчетов квадрупольно-октупольных спектров ядер редкоземельной области через гамильтониан (21). Параметрами этой модели служат коллективные массы C_r и жесткости B_r (или $\omega_r = \sqrt{C_r/B_r}$), а также статический момент инерции ядра. Эти параметры определяются при описании спектров конкретных ядер по головным уровням полос и по уровню с $I^\pi = 2^+$ основной полосы. Хорошее качественное согласие с экспериментальными данными получается, если рассматривать в едином комплексе ротационный и вибрационный спектр.

В [37] отмечается высокая предсказуемость соотношения

$$E(I) = a_1 I + a_2 I^2 + a_3 I^3, \quad (22)$$

где параметры a_1 , a_2 , a_3 определяются моментом инерции основного состояния, параметром мягкости и параметром асимметрии ядра. Для определения параметров a_1 , a_2 , a_3 используются известные экспериментальные значения самых нижних уровней с моментами $I^\pi = 2^+$, 4^+ и 6^+ , а затем находим положение уровней этой же полосы с $I^\pi = 8^+$, 10^+ ... Модель переменного момента инерции с динамической асимметрией применима для всех трех основных типов возбуждения в четно-четных ядрах: для ротационных состояний (расстояние между соседними уровнями $\epsilon = E(I) - E(I-2)$ увеличивается с увеличением I), для вибрационных состояний (ϵ остается примерно постоянным) и для уровней магических и околомагических ядер (ϵ уменьшается с увеличением I).

В нашей интерпретации, хорошее совпадение этой модели с экспериментальными данными связано с тем, что она учитывает асимметрию вращения аксиального ротатора, генерируемую нейтронами в вертикальных узлах ядерной оболочки. Чем больше момент ядра, тем сильнее влияние узловых нейтронов.

Увеличение $\epsilon = E(I) - E(I-2)$ связано с увеличением I . Это обусловлено ростом жесткости каркаса ядерной оболочки. В магических и околомагических ядрах жесткость ядерного каркаса максимальна, и

увеличение I приводит только к ее снижению, а, следовательно, к уменьшению ε .

В работе [38] анализируется проявление в ротационном спектре явления, похожего по своей природе на джозефсоновские колебания. Соотношение (23) [38] дает хорошее соответствие с экспериментом основных вращательных полос сильно деформированных четно-четных ядер до энергий

$$\varepsilon(J) \approx \varepsilon_0 \sin^2(\pi J/N) \quad (23)$$

с одинаковым для всех ядер значением $\varepsilon_0 \approx 6,7$ МэВ и одним подгочичным параметром N .

В нашем случае, ядерная связка объединяет между собой нуклоны, имеющие разную температуру. В основном состоянии, у ядерной связки энергия равна 31 МэВ, а в возбужденном состоянии 37 МэВ. Это следует из параметров $\pi^{\pm, 0}$ мезонов (глава 1). Вращение ядра приводит к дополнительной прецессии нуклонов приводящей к вибрации ядерных связок, что эквивалентно наличию периодического внешнего поля. Вибрации ядерных связок естественно отражается и на характере ротационного спектра [38]

$$\varepsilon(J) = B J(J+1)(1 - DJ(J+1) + \dots), \quad (24)$$

где $\varepsilon_f = 37$ МэВ, $B \approx \varepsilon_f (4/3Z)^2$, $D \approx 2(4/3Z)^2$. Упрощенный вариант соотношения (24):

$$\varepsilon(J) \approx \varepsilon_0 \sin^2(\pi J/N), \quad (25)$$

где $\varepsilon_0 = \varepsilon_f(3/4\pi)^2 \approx 6,664$ МэВ $\pi (J(J+1))^{1/2}/Z = \pi |J|/Z$, неплохо описывает основные вращательные полосы. Поправочный коэффициент (N) в нашем случае равен числу нейтронов в вертикальных узлах оболочки.

Свой вклад во вращательный спектр ядра вносит и внутренний кластер, у которого нет жесткой связи с внешней оболочкой. Это выражается в появлении низкочастотной составляющей в энергетическом спектре и в нерегулярности возрастания вращательной энергии с ростом J .

В работе [39] рассматривается гамильтониан нечетно-нечетного ядра в модели «аксиальный ротатор + 2 квазичастицы»

$$H = H_n + H_p + A [I^2 - I_z^2 - 2 [L_+ J_- + L_- J_+] + (J^2 - J_z^2)] + V_{np}, \quad (26)$$

где $A = V^2/2\theta$ – инерционный параметр, H_n , H_p – одночастичные гамильтонианы нейтрона и протона, $J = j_n + j_p$, член $[L_+ J_- + L_- J_+]$ – кориолисовое взаимодействие нечетных нуклонов с вращением остова

$I_{\pm} = I_x \pm iI_y$, $J_{\pm} = J_x \pm iJ_y$, индексы x и y – проекции на оси, перпендикулярные оси симметрии z . Член в круглых скобках представляет собой энергию отдачи ротатора, которая зависит только от квантовых чисел нечетных нуклонов.

В нашем случае этот гамильтониан имеет несколько иную интерпретацию. Нечетный нуклон генерирует орбитальный момент оболочки. Ось орбитального момента оболочки направлена перпендикулярно главной оси симметрии, а значит, перпендикулярно моментам узловых нейтронов в вертикальных секторах. Следовательно, появляется кориолисовое взаимодействие между по-разному ориентированными нуклонами в оболочке. Момент оболочки сгенерирован одним нуклоном, но формально можно рассматривать конфликтную связь между двумя нуклонами, один из которых имеет горизонтальное расположение, а другой – вертикальное. В действительности из-за кристаллического характера оболочки гироскопическое взаимодействие имеет коллективный характер, т.е. прецессия появляется у всех нуклонов оболочки.

Заключение

Предположив, что источником ядерных сил являются два замкнутых магнитных жгута, которые вследствие нелинейных эффектов вакуума стягиваются в два сингулярных кольца, мы получили нуклонные кристаллические структуры. Ядерная кристаллическая структура формируется на базе *каркаса из ядерных связей* (замкнутых жгутов), скрепленных между собой нуклонами.

Нуклоны в ядерном каркасе мы размещали, следуя трем ограничениям, связанным соответственно:

- с принципом Паули для фермионов: в одной связке запрещается размещать два одинаковых нуклона рядом.

- с тем, что в вертикальных секторах всех квазиоболочек, кроме первой, можно размещать только нейтроны (не протоны).

- с тем, что внутренним кластером оболочки может быть только $\text{C}-\text{C}$ ядро.

В табл. 2.1 показаны деформация внутреннего кластера и ядра. Из таблицы видно, что наблюдается четкая корреляция между деформацией внутреннего кластера и ядра. Незначительные отклонения в корреляции связаны с тем, что иногда ядро приобретает форму груши

С помощью экспериментальных данных о деформации, магнитном моменте и спине ядра мы определили закономерности расположения нуклонов в ядре. Вполне возможно, что в структуре некоторых ядер, приведенных в приложении, необходима еще незначительная коррекция, т.к. нельзя исключить вариаций с теми изотопами, которые являются внутренними кластерами оболочек.

Существование ядерного каркаса объясняет три парадокса ядерной физики.

Первый парадокс – существование гигантского резонанса. Корреляция колебательных амплитуд нуклонов через ядерный каркас приводит к значительному росту результирующей амплитуды без развала ядра. Известно, что суммарная амплитуда N коррелированных осцилляторов может в \sqrt{N} раз превышать суммарную амплитуду полностью независимых.

Второй парадокс – это наличие нескольких взаимоисключающих друг друга ядерных моделей.

- Двухмерная каркасная структура ядерных связок отражает капельную модель ядра, в которой насыщение ядерных сил происходит пропорционально количеству нуклонов ($W \approx \varepsilon A$).

- Наличие кластеров в узлах ядерных связок и самостоятельного кластера в тяжелых ядрах отражает кластерные особенности ядер.

- Оболочечные свойства ядер связаны с симметрией формирования ядерного каркаса из ядерных связок и-расположения нуклонов в ядерном каркасе. Магические числа-нуклонов отражают особенности симметрии кристаллической структуры оболочки. Форма дважды магических ядер приближена к сферической, их ядерный каркас более жесткий. Жесткость ядерного каркаса определяет масштаб энергетической щели между возбужденными состояниями.

- Из-за кластерного (компактного) расположения нуклонов в узлах ядерного каркаса формируются большие межнуклонные пустоты, что больше характеризует газовые свойства. Однако такой самостоятельностью, как в газовой модели, нуклон не обладает. Нечетный "замороженный" спин нуклона генерирует не орбитальный момент нечетного нуклона, а вращение всего ядерного каркаса. Это приводит к третьему парадоксу.

Третий парадокс связан с классическим:

$$M = \hbar J, \quad (27)$$

а не квантовым:

$$M^2 = \hbar^2 J(J+1), \quad (E_{вр.} = \hbar^2 J(J+1)/2\mathcal{I}) \quad (28)$$

где $J = K, K+1, \dots, \mathcal{I}$ - момент инерции, подходом к определению орбитального или спинового момента ядра.

Для ядра проблемы квантового характера энергетического спектра как таковой не существует, т.к. в уравнении Гамильтона

$$\hbar \dot{P} = -\frac{\partial H}{\partial Q} = -\frac{\partial U(Q)}{\partial Q}, \quad \hbar \dot{Q} = -\frac{\partial H}{\partial P} = P\hbar\omega_0 / 2j \quad (29)$$

потенциальная яма ядра $U(Q)$ задает параметры основных мод. Например, для квантования монополюных колебаний оболочки относительно положения равновесия можно использовать классическое правило Бора-Зоммерфельда

$$2 \int_{Q_1}^{Q_2} dQ \sqrt{(E - U(Q)) \frac{4j}{\hbar \omega_0}} = 2\pi\nu, \quad \nu = 0, 1, 2, \dots, \quad (30)$$

где геометрические размеры и жесткость (зависящую от особенностей расположения нуклонов и характера их связи) определяют основные моды ядра.

Квантовый характер момента нуклона есть внешнее проявление его сложной внутренней структуры. Возможно, в протоне существует своя "конфликтная" связь между его частями. Из-за нее возникает дополнительное гироскопическое взаимодействие, существование которого не учитывается в классическом моменте нуклона (27).

Фиксируя положение нуклонов, ядерные связи ограничивают количество их степеней свободы. Ограничение степеней свободы нуклона приводит к нагреванию (вибрациям) ядерных связок, а следовательно, и к нагреванию всего ядра ($\sim 0,5$ МэВ). Таким образом, дополнительные степени свободы, связанные с квантовым характером момента инерции нуклона, переориентировались на нагрев ядра, спектр которого имеет квантовый характер.

Для решения вопроса о механизме β -распада необходимо рассмотреть структуру "черного ящика" нуклона. Небольшим продвижением является предложенная (на качественном уровне) структура $\pi^{\pm,0}$ и $K^{\pm,0}$ мезонов. Если бозон – это замкнутая вихревая магнитная трубка, то какова же топологическая структура фермиона? Возможно, понимание структуры ядра позволит нам продвинуться в решении этой проблемы.

Приложение

Расположение ядерных связок в квазиоболочках

Группа I

Квазиоболочка $0 \quad Z=1-3, \quad A=1-7$



Рис. 2.1. Протон.

Рис. 2.2. Нейтрон.

Рис. 2.3. Ядерная связка.

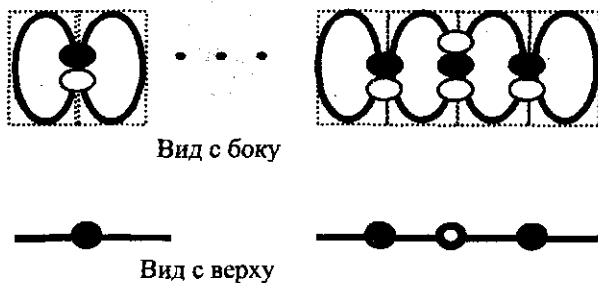


Рис. 2.4. Квазиоболочка формируется из ядерных связок и нуклонов в плоскости.

Группа II

Квазиболочка 1 $Z=4-8$, $A=9-16$

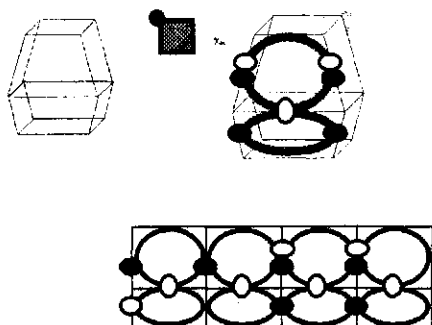


Рис. 2.5. Четырехсторонняя квазиболочка сформирована из двух ядерных ярусов.

Группа III

Квазиболочка 2 $Z=9-14, A=19-28$

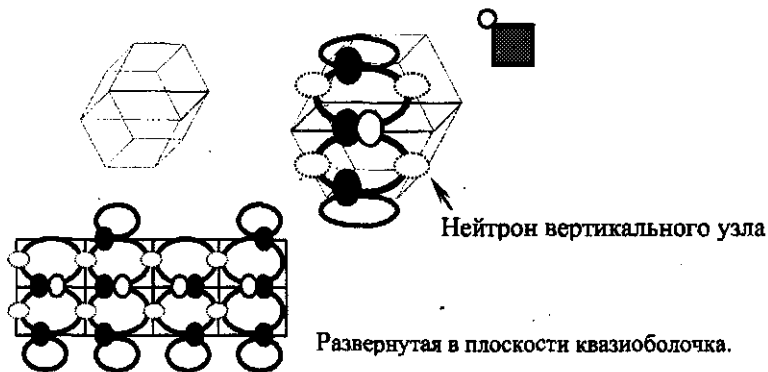


Рис. 2.6. Квазиболочка сформирована из двух усеченных пирамид, в вертикальных узлах размещены только нейтроны.

Квазиболочка 3 $Z=14-20, A=29-40$

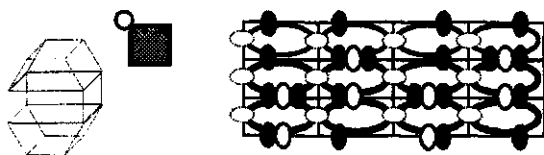


Рис. 2.7. Трехъярусный каркас квадратной квазиболочки 3 и ее развернутый вид на примере ядра ${}_{40}\text{Ca}$.

Квазиболочка 4 $Z=20-28, A=40-62$

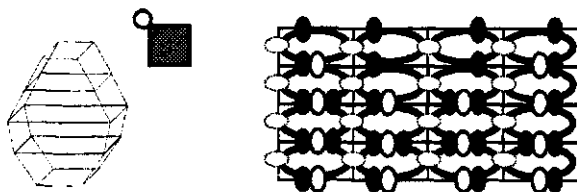


Рис. 2.8. Четырехъярусный каркас квадратной квазиболочки 4 и ее развернутый вид на примере ядра ${}_{56}\text{Fe}$.

Группа IV

Квазиболочка **5** $\begin{matrix} Z=21-24 \\ A=48-54 \end{matrix}$ | Ядро $\begin{matrix} Z=27-32 \\ A=60-76 \end{matrix}$

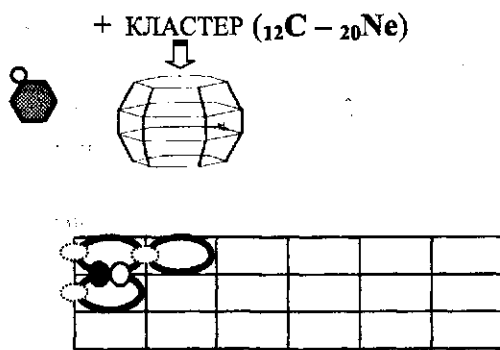


Рис. 2.9. Трехъярусный каркас шестигоронней квазиболочки 5

Группа V

Квазиоболочка **6** $Z = 24 - 27$ | Ядро $Z = 30 - 36$
 $A = 57 - 60$ | $A = 69 - 86$

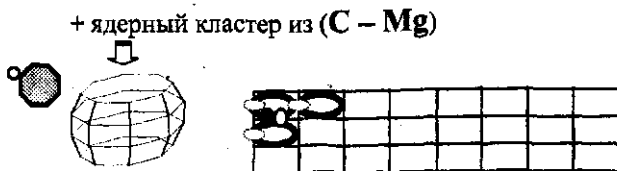


Рис. 2.10. Трехъярусный каркас восьмисторонней квазиоболочки 6

Квазиоболочка **7** $Z = 30 - 41$ | Ядро $Z = 37 - 51$
 $A = 70 - 99$ | $A = 85 - 124$

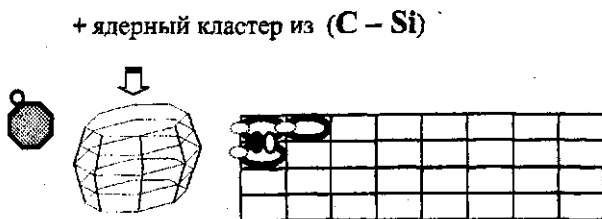


Рис. 2.11. Четырехъярусный каркас восьмисторонней квазиоболочки 7

Квазиоболочка **8** $Z = 42 - 47$ | Ядро $Z = 51 - 68$
 $A = 100 - 119$ | $A = 120 - 164$

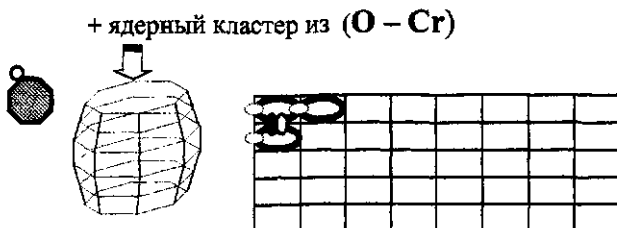


Рис. 2.12. Пятиъярусный каркас восьмисторонней квазиоболочки 8

Квазиоболочка **9** $Z=44-50$ | Ядро $Z=66-78$
 $A=116-135$ | $A=164-194$

+ ядерный кластер из ядер (Ca - Ni)

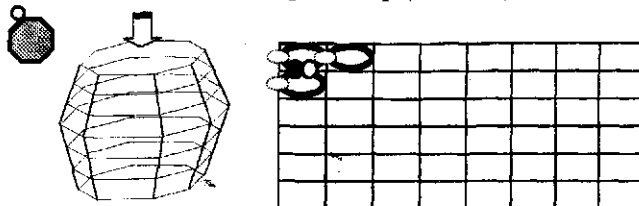


Рис. 2.13. Шестиярусный каркас восьмисторонней квазиоболочки **9**

Квазиоболочка **10** $Z=50-61$ | Ядро $Z=78-199$
 $A=137-164$ | $A=195-252$

+ ядерный кластер из ядер (Ni - Sr)

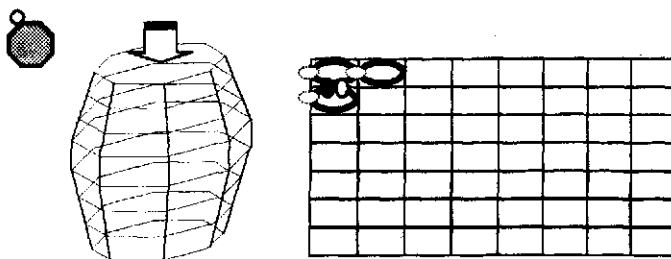


Рис. 2.14. Семьярусный каркас восьмисторонней квазиоболочки **10**

Квазиболочка 11 $Z = 62 - 75$ | Ядро $Z = 98 - 111$
 $A = 168 - 188$ | $A = 252 - 272$

+ ядерный кластер из изотопов ($82 - 86\text{Kr}$)

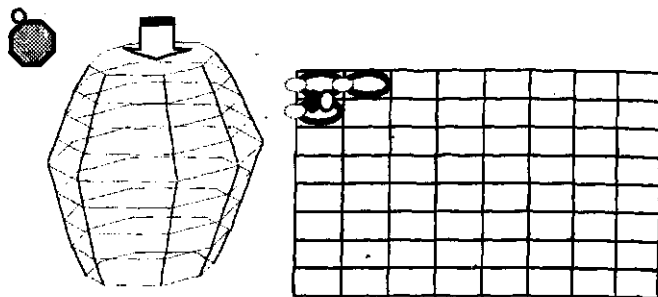


Рис. 2.15. Восьмирибный каркас из ядерных связей квазиболочки 11.

Квазиболочка 12 $Z = 72 - 76$ | Ядро $Z = 110 - 116$
 $A = 193 - 199$ | $A = 261 - 289$

+ ядерный кластер из ядер (Sr и Zr).

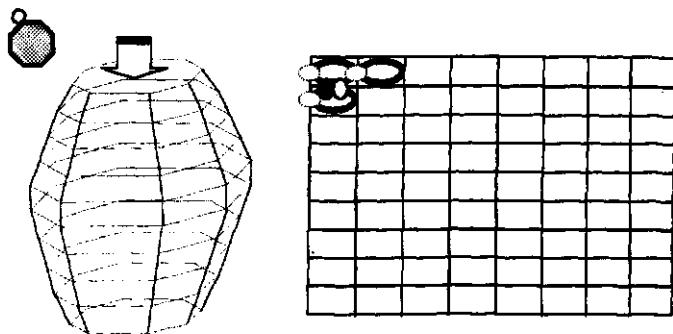


Рис. 2.16. Девятирибный каркас из ядерных связей квазиболочки 12.

Расположение нуклонов в квазиболочках

Группа I

Квазиболочка 0 $Z = 1 - 3, A = 1 - 7$

H, He, Li



Рис. 2.17. Структура ядра ${}^1_2\text{H}(1/2)^{0,015\%}$.



$$l = 2_{\text{орб.}}$$

$$1/2 + 1/2 = 1, -2_{\text{орб.}} = -1$$

$$\mu = (p + (-n))/k = (2,7928 - 1,913)/1,0266 = 0,857$$

Рис. 2.18. Схематичное изображение ${}^1_2\text{H}(1/2)^{0,015\%}$.

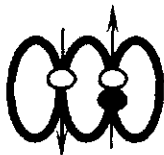


Рис. 2.19. ${}^1_3\text{H}$



$$I = 1 - 1_{\text{св.}} = 0_{\text{орб.}}$$

$$-1/2 \quad +1 = 1/2, -0 = 1/2$$

$$\mu = p \times k = 2,7928 \times 1,066 = 2,978$$

$I_{\text{св.}}$ - единичный момент ядра генерируемый не скомпенсированной ядерной связкой.

Рис. 2.20. ${}^1_3\text{H}$ 12,33 лет (β)



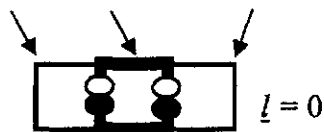
$$I = 1 - 1_{\text{св.}} = 0_{\text{орб.}}$$

$$-1/2 \quad +1 = 1/2, -0 = 1/2$$

$$\mu = n \times k = -1,913 \times 1,112 = -2,128$$

Рис. 2.21. ${}^2_3\text{He}$ $^{0,000137\%}$

$$l_{\text{св. 1.}} = -1 \quad l_{\text{св. 2.}} = +2 \quad l_{\text{св. 3.}} = -1$$



$$-1 \quad +1 = 0$$

Рис. 2.22. ${}^2_4\text{He}^{99,99863\%}_{+0,172}$



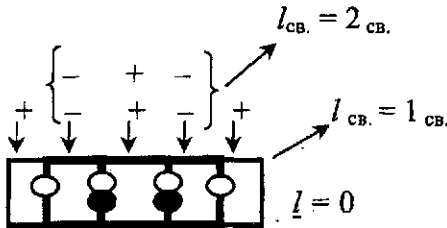
$$l = -1_{\text{орб.}}$$

$$-1/2 \quad +1 \quad -1 \approx -1/2, + (-1_{\text{орб.}}) = 3/2$$

$$\mu^* \approx -\pi \times k + l = -1,9 \times 1,2 + 1_{\text{орб.}} \approx -1,3$$

μ^* – со звездочкой означает, что нет данных о магнитном моменте этого ядра

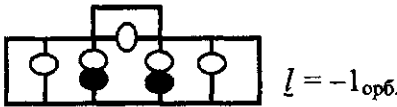
Рис. 2.23. ${}^2_5\text{He}^{0,60 \text{ МэВ}} (\alpha, \pi)$



$$-1/2 + 1 - 1 + 1/2 = 0$$

"±" – четность ядерной связки. " = " или " + " четность ядерной связки с моментом $I = 2$.

Рис. 2.24. ${}^2_6\text{He}^{806,7 \text{ мс}(\beta)}_{+0,736}$



$$-1/2 + 1 + 1/2 - 1 - 1/2 = -1/2, + (-1_{\text{орб.}}) = 3/2$$

$$\mu^* \approx n \times k + I = -1,9 \times 1,2 + 1_{\text{орб.}} \approx 1,3$$

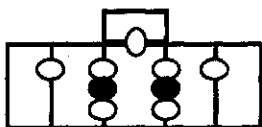
Рис. 2.25. ${}^2_7\text{He}^{0,160 \text{ мкс}(\alpha)}$

$$\begin{array}{ccccc} - & + & - & & \\ + & - & + & - & + \end{array}$$



$$-1/2 + 3/2 - 3/2 + 1/2 = 0$$

Рис. 2.26. ${}^2_8\text{He}^{8119,0 \text{ мс}(\beta, \beta_{16\%})}$

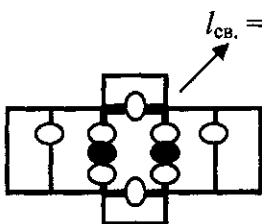


$$\underline{l} = 1_{\text{орб.}}$$

$$-1/2 + 3/2 \quad 1/2 \quad -3/2 + 1/2 = 1/2 - 1 = 1/2^*$$

$$\mu^* \approx n \times k - 1_{\text{орб.}} = -1,9/1,2 - 1_{\text{орб.}} \approx -2,6$$

Рис. 2.27. ${}^2\text{He}^{(n)}$



$$\underline{l} = 0$$

$$-1/2 + 3/2 \pm 1/2 - 3/2 + 1/2 = 0$$

Рис. 2.28. ${}^2_{10}\text{He}$.



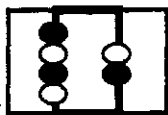
$$\underline{l} = -1_{\text{орб.}}$$

$$-1/2 \quad +1 \quad -1 = -1/2, + (-1_{\text{орб.}}) = 3/2$$

$$\mu^* \approx p \times k + \underline{l} = 2,79 \times 1,2 + 1_{\text{орб.}} \approx 4,3$$

Рис. 2.29. ${}^3_5\text{Li}^{1,5 \text{ МэВ}} (\alpha, p)$

$$l_{св.} = -1_{св.} \quad l_{св.} = +4_{св.} \quad l_{св.} = -1_{св.}$$



$$\underline{l} = 2_{орб.} - 2_{св.} = 0$$

$$+2 \quad -1 \quad = 1, -0_{орб.} = 1$$

$$\mu = D/k - \underline{l} = 0,88/1,074 - 2_{орб.} = 0,82$$

Рис. 2.30. ${}^3_6\text{Li}$ 7,5%

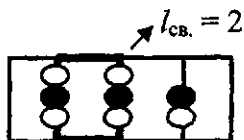


$$\underline{l} = 1_{орб.}$$

$$-1 \quad +3/2 \quad -1 \quad = -1/2, +(-1_{орб.}) = 3/2$$

$$\mu = (p/k) + \underline{l} = (2,79/1,24) + 1_{орб.} = 3,25$$

Рис. 2.31. ${}^3_7\text{Li}$ 92,5%



$$\underline{l} = 2 - 1_{св.} = 1_{орб.}$$

$$-3/2 \quad +3/2 \quad -1 \quad = 1 + 1 = 2$$

$$\mu = D/k - \underline{l} = 0,8798/1,35 - 1_{орб.} = 1,65$$

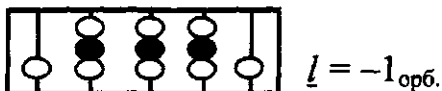
Рис. 2.32. ${}^3_8\text{Li}$ 838 мс (β, β2α)



$$-3/2 + 3/2 - 3/2 = -3/2, -(-3_{\text{орб.}}) = 3/2$$

$$\mu = (2n + p)/k - \underline{l} = (6,8)/1,11 - 3_{\text{орб.}} = 3,44$$

Рис. 2.33. ${}^3_9\text{Li}$ 178,3 мс (β, βn 49,5%, βn 2α)



$$-1/2 + 3/2 - 3/2 + 3/2 - 1/2 = 1/2, +(-1_{\text{орб.}}) = 1/2$$

$$\mu = p/k + \underline{l} = 2,79/1,034 + 1_{\text{орб.}} = 3,7$$

Рис. 2.34. ${}^3_{11}\text{Li}$ 8,7 мс (β, βn α 0,027%)



$$-3/2 + 3/2 = 0$$

Рис. 2.35. ${}^4_6\text{Be}$ ${}^{92}\text{кэВ}$ (α, 2p)



$$I = -1_{\text{орб.}}$$

$$-1 + 3/2 - 1 = -1/2, + (-1_{\text{орб.}}) = 3/2$$

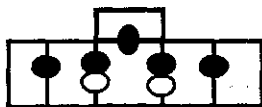
$$\mu^* \approx \pi/k + I \approx -1,9/1,2 + 1_{\text{орб.}} \approx -0,6$$

Рис. 2.36. ${}^4_7\text{Be}^{53,29 \text{ лн. (e)}}$



$$+1 - 2 + 1 = 0$$

Рис. 2.37. ${}^4_8\text{Be}^{6,8 \text{ эВ (2}\alpha)}$ а, б. (два состояния изоспина).



$$I = 1_{\text{орб.}}$$

$$-1/2 + 2 - 1/2 + 2 - 1/2 = -1/2, - 1_{\text{орб.}} = 3/2$$

$$\mu^* \approx \rho/k - I = 2,79/1,2 - 1_{\text{орб.}} \approx 2,3$$

Рис. 2.38. ${}^5_7\text{B}^{1,4 \text{ МэВ (p, } \alpha)}$



$$l_{\text{св.}} = 2 - 1_{\text{св.}} = 1_{\text{орб.}}$$

$$+3/2 - 3/2 + 1 = 1, +1_{\text{орб.}} = 2$$

$$\mu = D/k - l = 0,88/1,14 - 2_{\text{орб.}} = 1,02$$

Рис. 2.39. ${}^5_8\mathbf{B}^{770}$ мс (е, еа, е2а)

$$l = 0$$

$$-1/2 + 3/2 - 3/2 + 1/2 = 0$$

Рис. 2.40. ${}^6_8\mathbf{C}^{230}$ кэВ (а, р)

$$l = 3_{\text{орб.}}$$

$$+3/2 - 3/2 + 3/2 = 3/2, - 3_{\text{орб.}} = 3/2$$

$$\mu^* \approx (2p-n)/k - l = (3,67/1,2) - 3_{\text{орб.}} \approx 0,33$$

Рис. 2.41. ${}^6_9\mathbf{C}^{126,5}$ мс (е, ер, е2а)

Группа II

Квазиоболочка 1 $Z = 4 - 9, A = 9 - 17$

Be, B, C, N, O

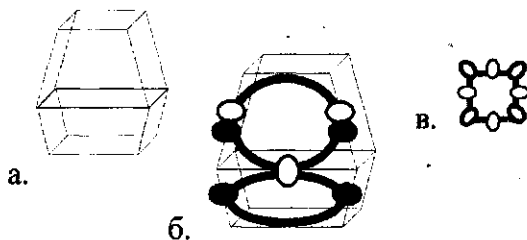
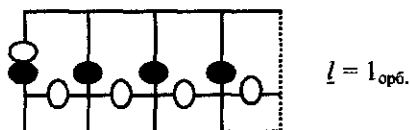


Рис. 2.42. Объемная структура первой квазиоболочки на примере ядра кислорода. На рисунке 2.42 (а) изображен каркас ядерной оболочки. На рис.2.42 б. изображены нуклоны и ядерные связки только на одной из четырех сторон. На рисунке 2.42 (в) вид оболочки с верху.



$$+1_{+1/2} +1_{+1/2} +1_{+1/2} -1_{-1/2} -1_{-1/2} -1_{-1/2} -1_{-1/2} = +1_{+1/2}, +1_{\text{орб.}} = 3/2$$

$$\mu = n \times k + \underline{l} = -1,913 \times 1,14 + 1_{\text{орб.}} = -1,18$$

Рис. 2.43. ${}^4\text{Be}^{100\%}$

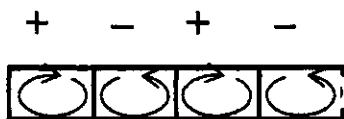


Рис. 2.44. Сочетание поляризаций ядерных связей развернутых в плоскость.

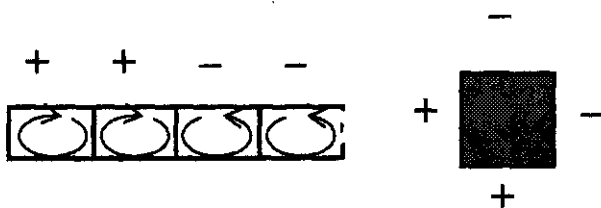
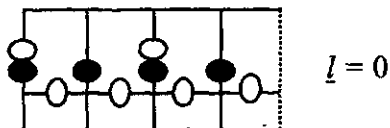
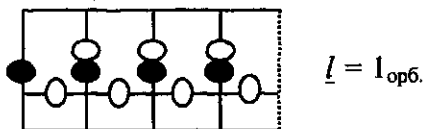


Рис. 2.45. Сочетание поляризаций ядерных связей свернутых в квадрат.



$$+1 \quad +1/2 \quad -1 \quad -1/2 = 0$$

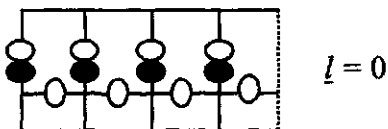
Рис. 2.46. ${}^4_{10}\text{Be}$ $1,51\text{E6 лет } (\beta)$



$$+1/2 \quad +1 \quad -1 \quad -1 = -1/2, +1_{\text{орб.}} = 1/2$$

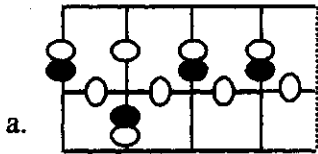
$$\mu^* \approx n \times k + \underline{l} = -1,9 \times 1,2 + 1_{\text{орб.}} \approx -1,3$$

Рис. 2.47. ${}^4_{11}\text{Be}$ $13,81\text{с } (\beta, \beta_{\text{п}} 3,1\%)$

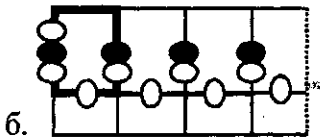


$$+3/2 \quad +3/2 \quad -3/2 \quad -3/2 = 0$$

Рис. 2.48. ${}^4_{12}\text{Be}$ $24,4 \text{мс } (\beta, \beta_{\text{п}} < 1\%)$ $+1,11$



$$\underline{I} = 1_{\text{орб.}}$$

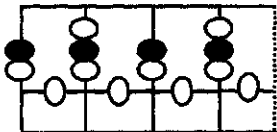


$$\underline{I} = 1_{\text{орб.}} + 1_{\text{св.}} = 2_{\text{орб.}}$$

а) $+1 \quad +1/2 \quad +1 \quad -1 = 1/2, -1_{\text{орб.}} = 1/2$

б) $+3/2 \quad +1 \quad -1 \quad -1 = 1/2, +2_{\text{орб.}} = 5/2$

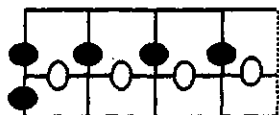
Рис. 2.49. ${}^4_{13}\text{Be} (1/2, 5/2)$.



$$\underline{I} = 0$$

$+1 \quad +3/2 \quad -1 \quad -3/2 = 0$

Рис. 2.50. ${}^4_{14}\text{Be}^{4,2 \text{ мс}} (\beta)$

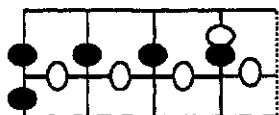


$$l = 1_{\text{орб.}}$$

$$+0 +1/2 -1/2 -1/2 = -1/2, -1_{\text{орб.}} = 3/2$$

$$\mu^* \approx p \times k - l = 2,79 \times 1,1 - 1_{\text{орб.}} \approx 1,07$$

Рис. 2.51. ${}^5_9\mathbf{B}^{0,54}$ $\text{KB}(p, 2\alpha)$

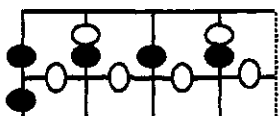


$$l = 2_{\text{орб.}}$$

$$+0 +1/2 -1/2 -1 = -1, -2_{\text{орб.}} = 3$$

$$\mu = (n - p) / k - l = 4,7 / \times 1,24 - 2_{\text{орб.}} = 1,8$$

Рис. 2.52. ${}^5_{10}\mathbf{B}^{19,9\%}$

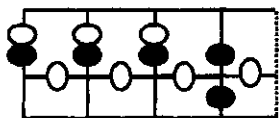


$$l = 1_{\text{орб.}}$$

$$+0 +1 -1/2 -1 = -1/2, -1_{\text{орб.}} = 3/2$$

$$\mu = p/k - l = 2,79 \times 1,3 - 1_{\text{орб.}} = 2,67$$

Рис. 2.53. ${}^5_{11}\mathbf{B}^{80,1\%}$

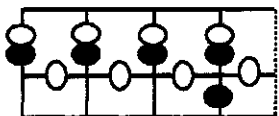


$$\underline{l} = 2_{\text{орб.}}$$

$$+1 \quad +1 \quad -1 \quad -0 = 1, -2_{\text{орб.}} = 1$$

$$\mu = D \times k - \underline{l} = 0,88 \times 1,14 - 2_{\text{орб.}} = 1$$

Рис. 2.54. ${}^5_{12}\mathbf{B}^{20,20 \text{ мс}} (\beta, \beta\alpha 1,58\%)$

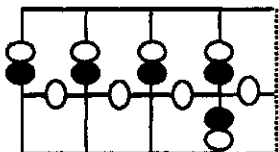


$$\underline{l} = 1_{\text{орб.}}$$

$$+1 \quad +1 \quad -1 \quad -1/2 = 1/2, +1_{\text{орб.}} = 3/2$$

$$\mu = 2,79/k + \underline{l} = 2,79/1,28 + 1_{\text{орб.}} = 3,18$$

Рис. 2.55. ${}^5_{13}\mathbf{B}^{17,36 \text{ мс}} (\beta, \beta\alpha 0,28\%)$

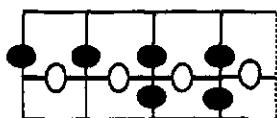


$$\underline{l} = 2_{\text{орб.}}$$

$$+1 \quad +1 \quad -1 \quad -0 = 1, +2_{\text{орб.}} = 3$$

$$\mu^* \approx D \times k - \underline{l} = 0,88/0,1 - 2_{\text{орб.}} \approx -1,2.$$

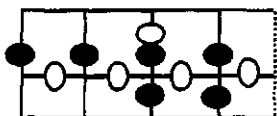
Рис. 2.56. ${}^5_{14}\mathbf{B}^{16,1 \text{ мс}} (\beta)$



$$\underline{l} = 0$$

$$+1 \quad +3/2 \quad -3/2 \quad -1 = 0$$

Рис. 2.57. ${}^6_{10}\text{C}^{19,255 \text{ с (e)}}$

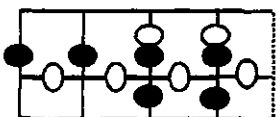


$$\underline{l} = 1_{\text{орб.}}$$

$$+1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -0 = +1/2, +1_{\text{орб.}} = 3/2$$

$$\mu = n \times k + \underline{l} = -1,91 \times 1,03 + 1_{\text{орб.}} = -0,97$$

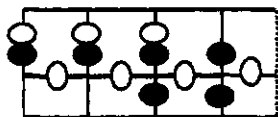
Рис. 2.58. ${}^6_{11}\text{C}^{20,385 \text{ млн (e)}}$



$$\underline{l} = 0$$

$$-1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad +1/2 = 0$$

Рис. 2.59. ${}^6_{12}\text{C}^{98,90\%}_{-0,290}$

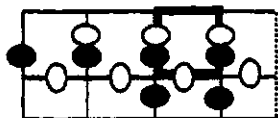


$$\underline{l} = 1_{\text{орб.}}$$

$$-1 \quad +1 \quad -1/2 \quad +0 = -1/2, + 1_{\text{орб.}} = 1/2$$

$$\mu = n \times k + \underline{l} = -1,91/1,12 + 1_{\text{орб.}} = 0,7$$

Рис. 2.60. ${}^6_{13}\text{C}^{1,10\%}_{-0,190}$

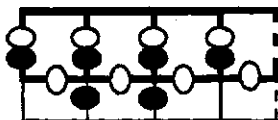


$$\underline{l} = 1 + 1_{\text{св.}} = 2_{\text{орб.}}$$

$$-1/2 \quad +1 \quad -1/2 \quad +1/2 = 1/2, + 2_{\text{орб.}} = 5/2$$

$$\mu = n \times k + \underline{l} = -1,91 / 1,19 + 2_{\text{орб.}} = 0,4$$

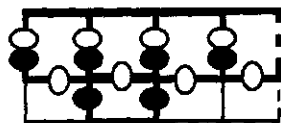
Рис. 2.61. ${}^6_{13}\text{C}^*$



$$\underline{l} = 0$$

$$+1 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -1 = 0$$

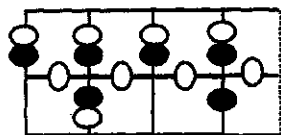
Рис. 2.62. ${}^6_{14}\text{C}^{5730 \text{ лет } (\beta)}_{-0,231}$



$$\underline{l} = 1_{\text{ядерной связи (св.)}}$$

$$+3/2 + 2 - 3/2 - 2 = 0, +1_{\text{св.}} = 1$$

Рис. 2.63. ${}^6_{14}\text{C} (1)^*$ (первое возбужденное состояние)

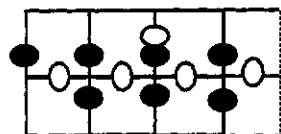


$$\underline{l} = 1_{\text{орб.}}$$

$$+1 - 0 + 1 - 1/2 = -1/2, +1 = 1/2$$

$$\mu = n/k = -1,91 \times 1,22 + 1_{\text{орб.}} = -1,33$$

Рис. 2.64. ${}^6_{15}\text{C}^{2,449\text{с}(\beta)}$

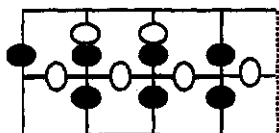


$$\underline{l} = 2_{\text{орб.}}$$

$$+1/2 - 0 + 1/2 - 0 = 1, -2_{\text{орб.}} = 1$$

$$\mu = D/k - \underline{l} = 0,88 \times 1,75 - 2_{\text{орб.}} = 0,46$$

Рис. 2.65. ${}^7_{12}\text{N}^{11,000\text{мс}(\epsilon, \epsilon\alpha 3,44\%)}$

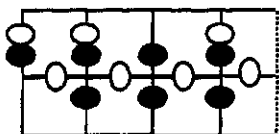


$$\underline{l} = 1_{\text{орб.}}$$

$$+1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -0 = 1/2, -1_{\text{орб.}} = 1/2$$

$$\mu = (-2n + p) \times k - \underline{l} = 1,03 \times 1,28 - 1_{\text{орб.}} = 0,32$$

Рис. 2.66. ${}^7_{13}\text{N}^{9,965 \text{ мин } \underline{l}}$

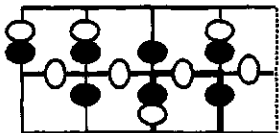


$$\underline{l} = 2_{\text{орб.}}$$

$$+1 \quad +1/2 \quad -0 \quad -1/2 = 1, -2_{\text{орб.}} = 1$$

$$\mu = D/k - \underline{l} = 0,88 \times 1,74 - 2_{\text{орб.}} = 0,47$$

Рис. 2.67. ${}^7_{14}\text{N}^{99,63\%}$

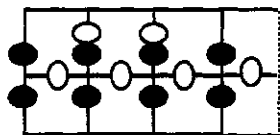


$$\underline{l} = 3_{\text{орб.}} - 1_{\text{св.}} = 2$$

$$+1 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 = 3/2, -2_{\text{орб.}} = 1/2$$

$$\mu = p/k - \underline{l} = 2,79 / 1,223 - 2_{\text{орб.}} = 0,28$$

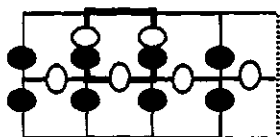
Рис. 2.68. ${}^7_{15}\text{N}^{0,37\%}$



$$I = 0$$

$$+0 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -0 = 0$$

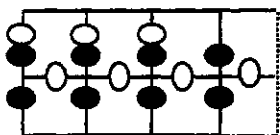
Рис. 2.69: ${}^8_{14}\text{O}^{70.606 \text{ с } e}_{+0,0861}$



$$I = 1_{\text{св.}}$$

$$+0 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -0 = 0, +1_{\text{св.}} = 1$$

Рис. 2.70. ${}^8_{14}\text{O}(1)^*$ (первое возбужденное состояние)

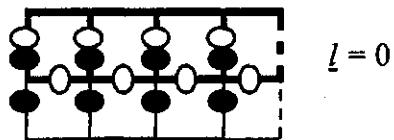


$$I = 1_{\text{орб.}}$$

$$+1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -0 = 1/2, -1_{\text{орб.}} = 1/2$$

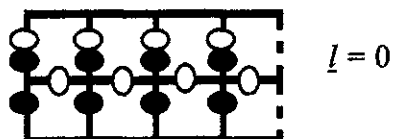
$$\mu = n/k - I = 1,91/1,2 - 1_{\text{орб.}} = 0,71$$

Рис. 2.71. ${}^8_{15}\text{O}^{122,24 \text{ с } (e)}$



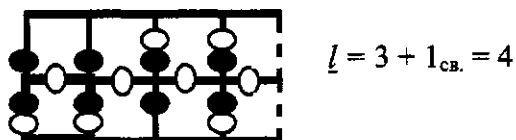
$$+1/2 + 1/2 - 1/2 - 1/2 = 0$$

Рис. 2.72. ${}^8_{16}\text{O}^{99,76\%}_{+0,0840}$



$$+1/2 + 1/2 - 1/2 - 1/2 = 0$$

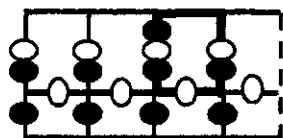
Рис. 2.73. ${}^8_{16}\text{O}(0)^*$ (первое возбужденное состояние)



$$-1/2 - 1/2 - 1/2 + 0 = -3/2, + 4_{\text{орб.}} = 5/2$$

$$\mu = n \times k - l = -1,91 \times 1,1 + 4_{\text{орб.}} = 1,89$$

Рис. 2.74. ${}^8_{17}\text{O}^{0,038\%}$



$$\underline{l} = 1 + 1_{\text{св.}} = 2$$

$$+1/2 + 1/2 - 0 - 1/2 = 1/2, + 2_{\text{орб.}} = 5/2$$

$$\mu = p/k + \underline{l} = 2,79/1,026 + 2_{\text{орб.}} = 4,72$$

Рис. 2.75. ${}^9_{17}\text{F}^{64,50(25)} \text{ с е}$

Группа III

Квазиоболочка 2 $Z = 8 - 14, A = 18 - 28$

O, F, Ne, Na, Mg, Al, Si

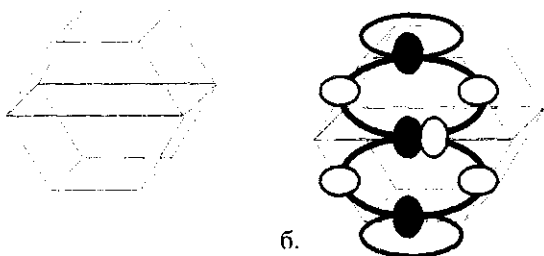


Рис. 2.76. (а, б). Объемная структура второй квазиоболочки

а) Контур каркаса из ядерных связей

б) Расположение ядерных связей и нуклонов на передней стороне каркаса.

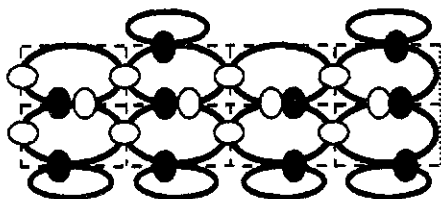


Рис. 2.77. $^{10}_{20}\text{Ne}$. Развернутое изображение ядерной оболочки на примере ядра ^{20}Ne .

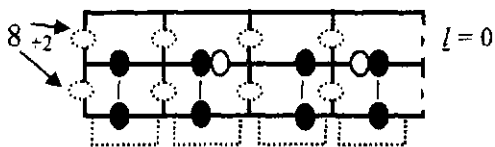
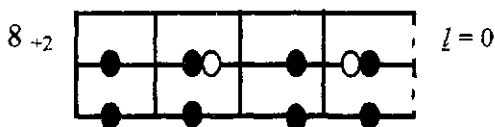


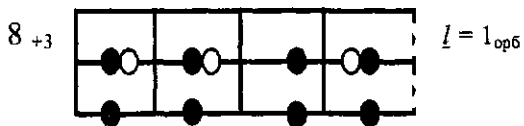
Рис. 2.78. ${}^8_{18}\text{O}$

Схематическое изображение второй оболочки. То, что изображено штрих-пунктиром, в дальнейшем не изображаем.



+0 +1/2 -0 -1/2 = 0

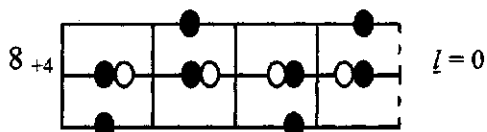
Рис. 2.79. ${}^8_{18}\text{O}^{0,20\%}_{+0,157}$



+1/2 +1/2 -0 -1/2 = 1/2 + 1_{орб} = 3/2

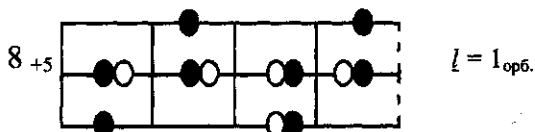
$$\mu = n/k + l = -1,91/1,12 + 1_{орб} = -0,721$$

Рис. 2.80. ${}^8_{19}\text{O}^{26,91с(\beta)}$



$$+1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 = 0$$

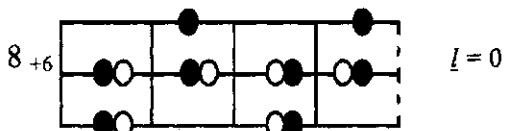
Рис. 2.81. ${}^8_{20}\mathbf{O}^{13,57 \text{ c}(\beta)}_{+0,171}$



$$+1/2 \quad +1/2 \quad 0 \quad -1/2 = 1/2, +1_{\text{орб.}} = 3/2$$

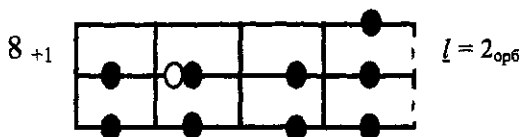
$$\mu^* \approx n/k + \underline{l} \approx -1,91 / 1,01 + 1_{\text{орб.}} \approx -0,89$$

Рис. 2.82. ${}^8_{21}\mathbf{O}^{3,42 \text{ c}(\beta)}$



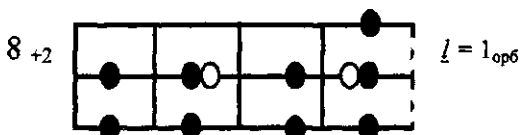
$$-1/2 \quad +0 \quad +1/2 \quad -0 = 0$$

Рис. 2.83. ${}^8_{22}\mathbf{O}^{2,25 \text{ c}(\beta)}$



$$+0 \quad +1/2 \quad -0 \quad +1/2 = 1, -2 = 1$$

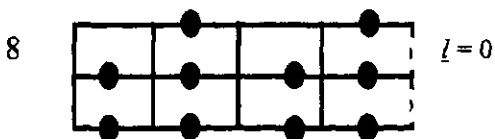
Рис. 2.84. ${}^9_{18}\text{F}^{109,77 \text{ мн. } e}$



$$+0 \quad +1/2 \quad -0 \quad -0 = 1/2, -1 = 1/2$$

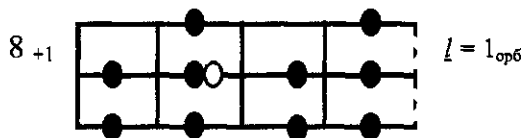
$$\mu = n \times k - 1 = 2,79 \times 1,3 - 1 = 2,63$$

Рис. 2.85. ${}^9_{19}\text{F}^{100\%}$



$$+0 \quad +1/2 \quad -0 \quad -1/2 = 0$$

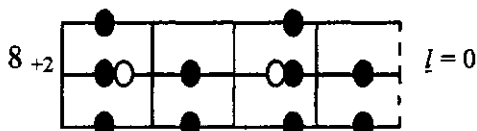
Рис. 2.86. ${}^{10}_{18}\text{Ne}^{5,319 \text{ e } (e)_{+0,325}}$



$$+0 \quad +0 \quad -0 \quad -1/2 = -1/2, +1_{\text{орб.}} = 1/2$$

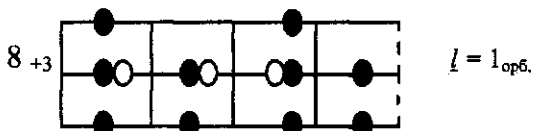
$$\mu = n/k + \underline{l} = -1,91/1,013 + 1_{\text{орб.}} = -1,88$$

Рис. 2.87. $^{10}_{19}\text{Ne}^{17,22 \text{ с (e)}}$



$$+0 \quad +0 \quad -0 \quad -0 = 0$$

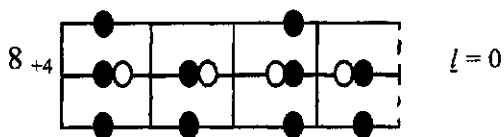
Рис. 2.88. $^{10}_{20}\text{Ne}^{90,48\% +0,350}$



$$0 \quad +1/2 \quad 0 \quad 0 = +1/2, +1_{\text{орб.}} = 3/2$$

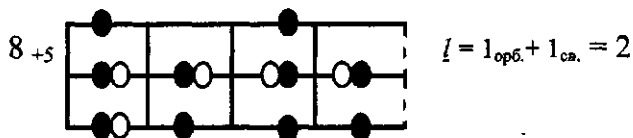
$$\mu = n/k + \underline{l} = 1,91/1,15 + 1_{\text{орб.}} = -0,66$$

Рис. 2.89. $^{10}_{21}\text{Ne}^{0,27\%}$



$$0 + 1/2 + 0 - 1/2 = 0$$

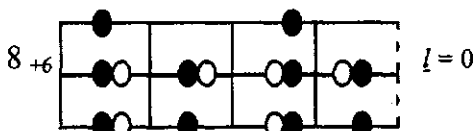
Рис. 2.90. $^{10}_{22}\text{Ne}^{9,25\%}_{+0,397}$



$$+1/2 - 1/2 + 0 + 1/2 = 1/2, + 2 = 5/2$$

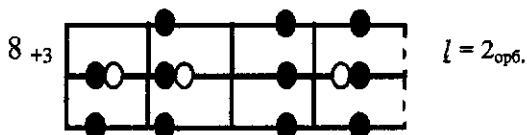
$$\mu = n \times k + I = -1,91 \times 1,09 + 2_{\text{опб.}} = -0,08$$

Рис. 2.91. $^{10}_{23}\text{Ne}^{37,24\%(\beta)}$



$$+1/2 - 1/2 - 1/2 + 1/2 = 0$$

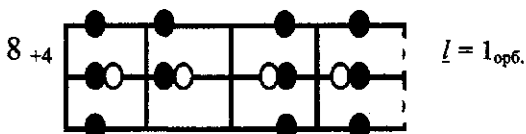
Рис. 2.92. $^{10}_{24}\text{Ne}^{3,38 \text{ мект}(\beta)}_{+0,318}$



$$-1/2 \quad +0 \quad -1/2 \quad 0 = -1, -2_{\text{орб.}} = 3$$

$$\mu = (p - n)/k - l = 4,7/1,256 - 2_{\text{орб.}} = 1,746$$

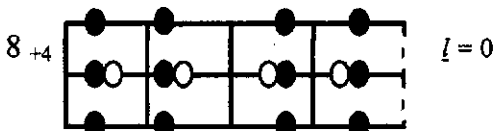
Рис. 2.93. $^{11}_{22}\text{Na}$ $^{2,6088}_{\text{лет}}(\nu)$



$$+0 \quad -1/2 \quad -0 \quad -0 = -1/2, -1_{\text{орб.}} = 3/2$$

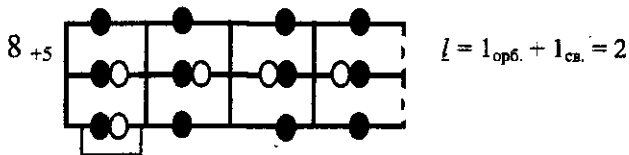
$$\mu = p \times k - l = 2,79 \times 1,15 - 1_{\text{орб.}} = 2,22$$

Рис. 2.94. $^{11}_{23}\text{Na}$ $^{100\%}$



$$+0 \quad +0 \quad -0 \quad -0 = 0$$

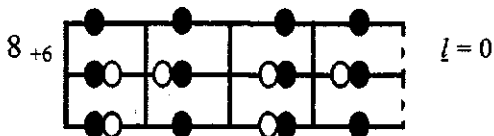
Рис. 2.95. $^{12}_{24}\text{Mg}$ $^{78,99\%}_{+0,610}$



$$+1/2 \quad +0 \quad -0 \quad +0 = 1/2, + 2_{\text{орб.}} = 5/2$$

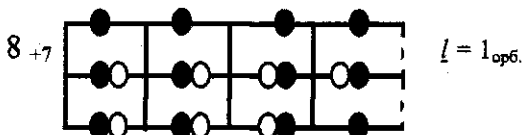
$$\mu = n/k - I = 1,91 \times 1,12 - 2 = 0,86$$

Рис. 2.96. $^{12}_{25}\text{Mg}^{10,00\%}$



$$+1/2 \quad +0 \quad -1/2 \quad -0 = 0$$

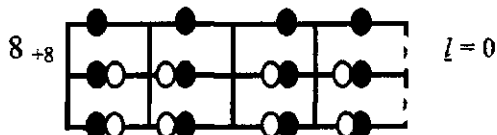
Рис. 2.97. $^{12}_{26}\text{Mg}^{11,01\%}_{+0,531}$



$$+1/2 \quad +1/2 \quad -0 \quad -1/2 = 1/2, - 1_{\text{орб.}} = 1/2$$

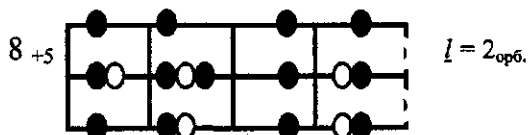
$$\mu^* \approx n \times k + I = -1,91 / 1,1 + 1_{\text{орб.}} \approx 2,73$$

Рис. 2.98. $^{12}_{27}\text{Mg}^{9,462 \text{ мин (B)}}$



$$+1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 = 0$$

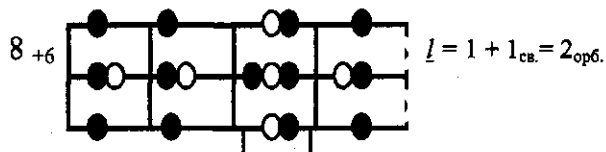
Рис. 2.99. $^{12}_{28}\text{Mg}^{20,91\text{ч}} \beta_{+0,589}$



$$0 \quad 0 \quad -1/2 \quad -1/2 = -1, -2_{\text{орб.}} = 3$$

$$\mu = (n - p)/k - l = 4,7/1,166 - 2_{\text{орб.}} = 2,03$$

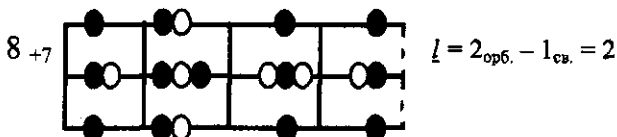
Рис. 2.100. $^{13}_{26}\text{Al}^{7,4\text{E5 лет}} (\epsilon)$



$$+0 \quad +0 \quad -1/2 \quad -0 = -1/2, -2_{\text{орб.}} = 5/2$$

$$\mu = (-2n - p)/k + l = 6,61 / 1,17 - 2_{\text{орб.}} = 3,65$$

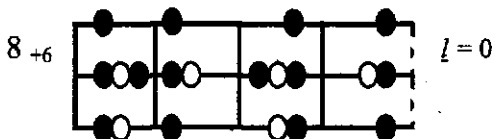
Рис. 2.101. $^{13}_{27}\text{Al}^{100\%}$



$0 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -0 = 1, + 2_{\text{орб.}} = 3$

$\mu = (n - p) \times k - l = 4,7 \times 1,12 - 2_{\text{орб.}} = 3,24$

Рис. 2.102. $^{13}_{28}\text{Al}^{2,2414 \text{ мин}} (\beta)$.



$+0 \quad +0 \quad -0 \quad -0 = 0$

Рис. 2.103. $^{14}_{28}\text{Si}^{92,23\%}_{-0,360}$

Квазиоболочка 3 $z = 12 - 20$, $A = 30 - 41$
 Si, P, S, Cl, Ar, K, Ca

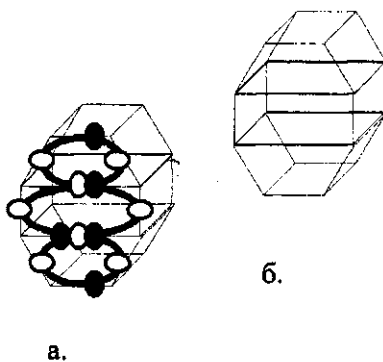


Рис. 2.104. Объемная конфигурация этой оболочки (а). Ее каркас (б).

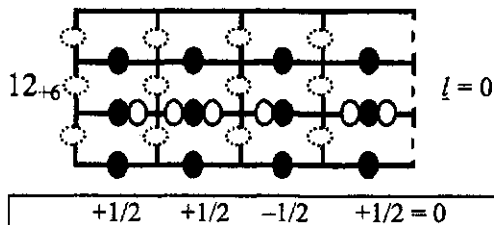
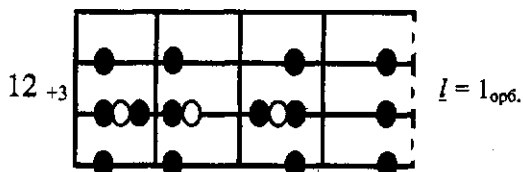


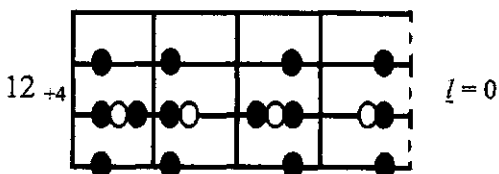
Рис. 2.105. $^{12}_{30}\text{Mg}^{33\text{Se}}(\beta)$



$$-1/2 \quad +0 \quad +1/2 \quad -1/2 = -1/2, + 1_{\text{орб.}} = 1/2$$

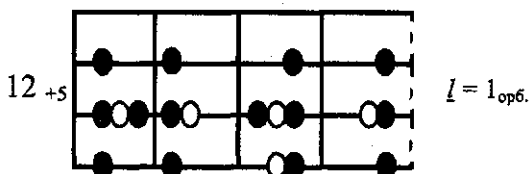
$$\mu = (n/k) + I = (-1,91/1,23) + 1_{\text{орб.}} = -0,55$$

Рис. 2.106. $^{14}_{29}\text{Si}^{4,67\%}$



$$-1/2 \quad +0 \quad +1/2 \quad -0 = 0$$

Рис. 2.107. $^{14}_{30}\text{Si}^{3,10\%}$
-0,321



$$-1/2 \quad +0 \quad +0 \quad -0 = 1/2, + 1_{\text{орб.}} = 3/2$$

$$\mu^* \approx (n/k) + I \approx -1,91/1,15 + 1_{\text{орб.}} = 0,65$$

Рис. 2.108. $^{14}_{31}\text{Si}^{157,3 \text{ мкн } (\beta)}$

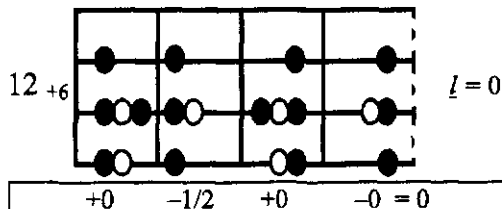
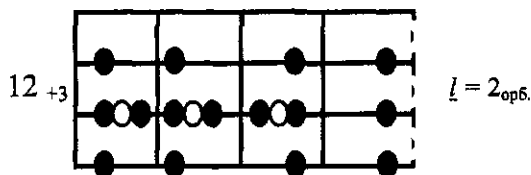
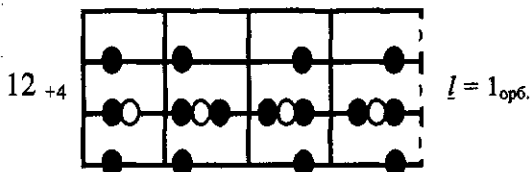


Рис. 2.109. $^{14}_{32}\text{Si}^{172 \text{ лев}} (\text{в})_{-0,345}$



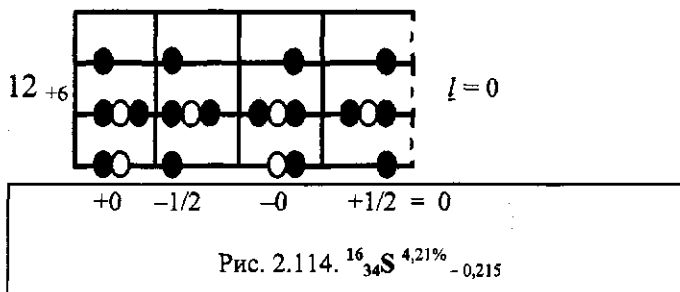
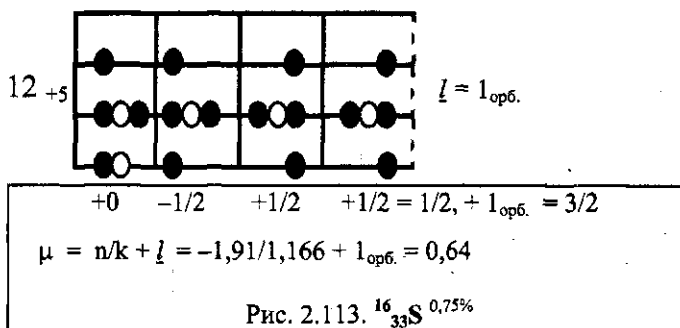
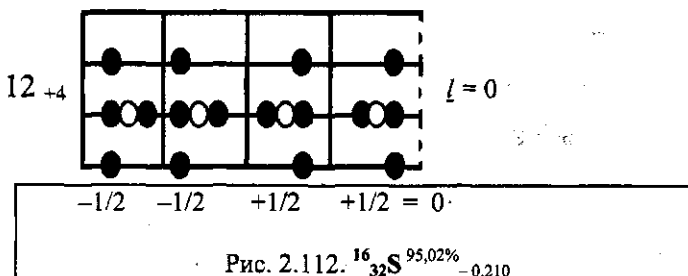
$\mu^* \approx (D)/k + \bar{l} = 0,88/1,1 + 2_{\text{орб.}} \approx 2,8$

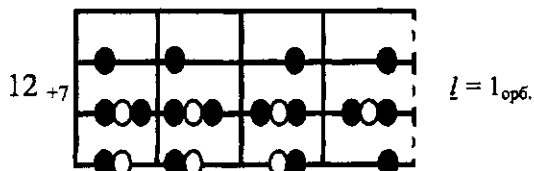
Рис. 2.110. $^{15}_{30}\text{P}^{2,498 \text{ мин}} (\text{е})$



$\mu = p \times k - \bar{l} = 2,79 / 1,31 - 1_{\text{орб.}} = 1,13$

Рис. 2.111. $^{15}_{31}\text{P}^{100\%}$

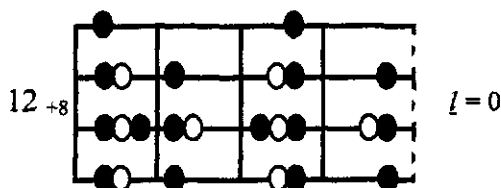




$$+0 \quad +0 \quad +0 \quad +1/2 = 1/2, +1_{орб.} = 3/2$$

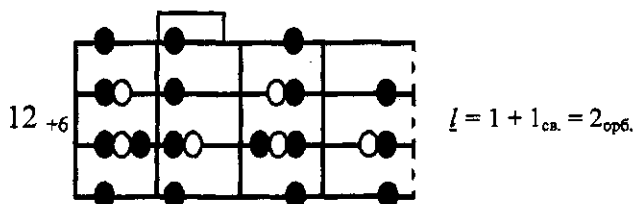
$$\mu = n \times k + l = -1,91 \times 1,045 + 1_{орб.} = 1$$

Рис. 2.115. $^{16}_{35}\text{S}$ 87,51 д.в. (β)



$$+0 \quad +0 \quad -0 \quad -0 = 0$$

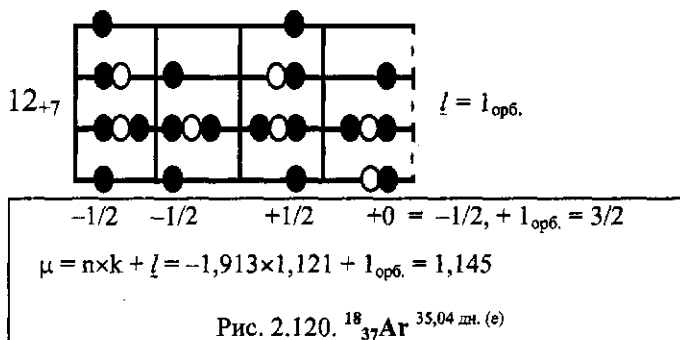
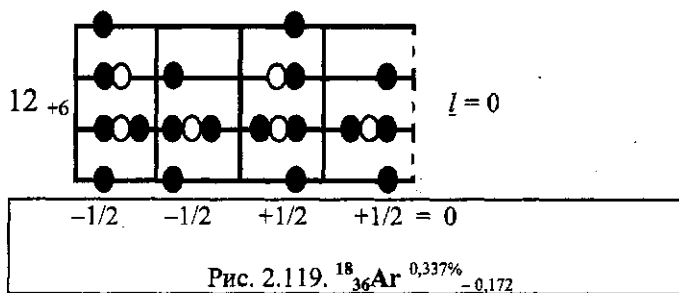
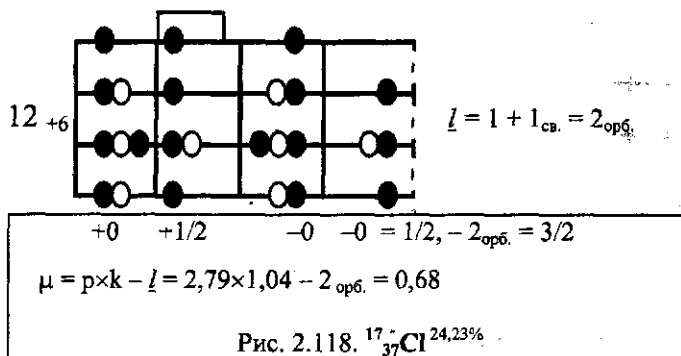
Рис. 2.116. $^{16}_{36}\text{S}$ $^{0,02\%}$ $^{-0,173}$



$$-1/2 \quad -0 \quad +1/2 \quad -1/2 = 1/2, -2_{орб.} = 3/2$$

$$\mu = p \times k - l = 2,79 \times 1,01 - 2_{орб.} = 0,82$$

Рис. 2.117. $^{17}_{35}\text{Cl}$ $^{75,77\%}$



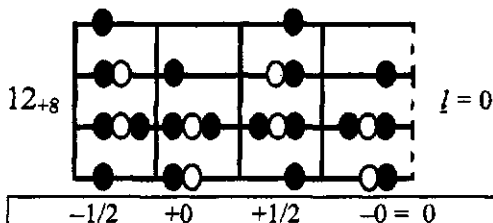


Рис. 2.121. $^{18}_{38}\text{Ar}^{0,063\%}_{-0,164}$

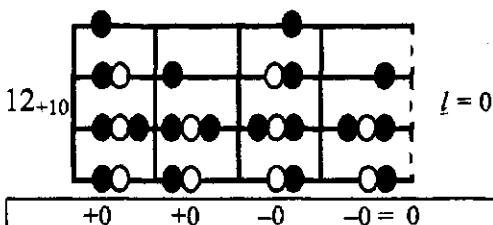
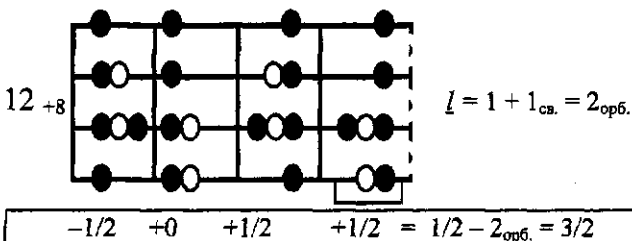
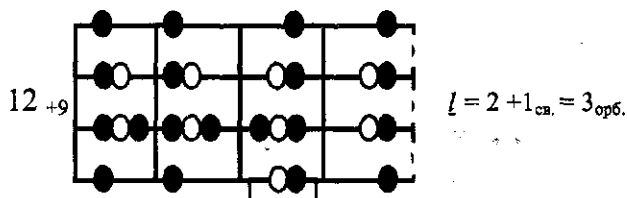


Рис. 2.122. $^{18}_{40}\text{Ar}^{99,600\%}_{-0,200}$



$\mu = p/k - l = 2,79/1,16 - 2_{\text{орб.}} = 0,4$

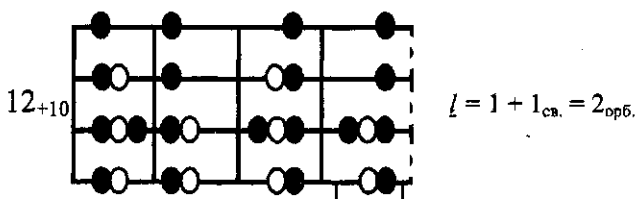
Рис. 2.123. $^{19}_{39}\text{K}^{93,2581\%}$



$$-1/2 \quad -1/2 \quad -0 \quad -0 = -1, -3_{орб.} = 4$$

$$\mu = (-p - p)/k - l = 0,88/1,09 - 3_{орб.} = -1,31$$

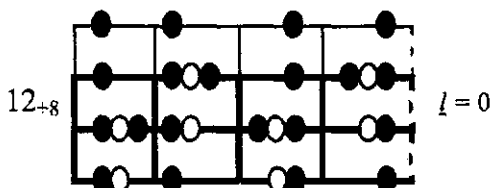
Рис. 2.124. $^{19}_{40}\text{K}^{1,277 \text{ E } 9 \text{ лет } 0,0117\% \beta 89,33\%, \epsilon 10,67\%$



$$+0 \quad +0 \quad -0 \quad +1/2 = 1/2, -2_{орб.} = 3/2$$

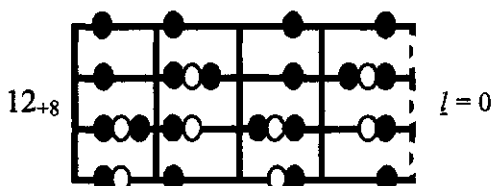
$$\mu = p/k - l = 2,79/1,26 - 2_{орб.} = 0,22$$

Рис. 2.125. $^{19}_{41}\text{K}^{6,7302\%}$



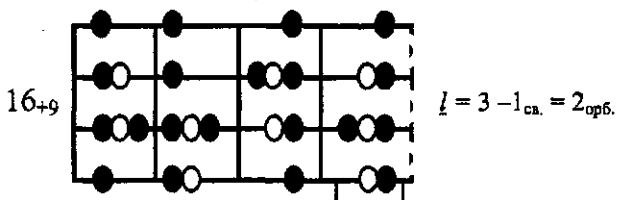
$$-1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 = 0$$

Рис. 2.126. $^{20}_{40}\text{Ca}^{96,941\%} \beta = +0,08$



$$-1/2 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 = 0$$

Рис. 2.127. $^{20}_{40}\text{Ca}(0)^+$ (первое возбужденное состояние)



$$-1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad -0 = -3/2, -2_{орб.} = 7/2$$

$$\mu = (2p - n)/k - l = (5,66 - 1,91)/1,11 - 2_{орб.} = -1,6$$

Рис. 2.128. $^{20}_{41}\text{Ca}^{1,03E5 \text{ лев } (e)}$

Квазиоболочка 4 $Z=20-28, A=42-62$

Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co_{59, 60 m}, Ni_{58, 59, -, 61, 62}

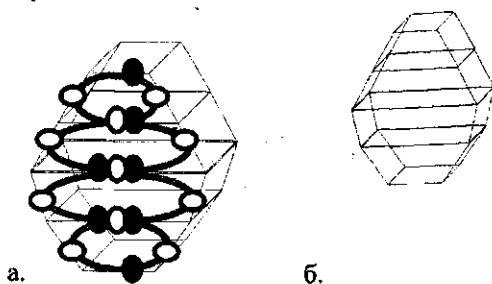
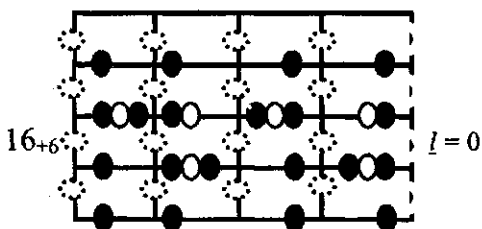
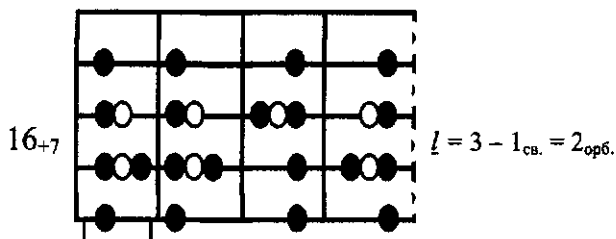


Рис. 2.129 (а, б). Объемная конфигурация четвертой оболочки.



$$+1 \quad -1/2 \quad -1 \quad +1/2 = 0$$

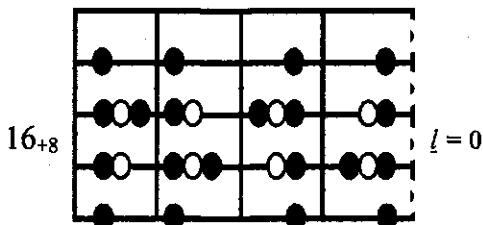
Рис. 2.130. $^{20}_{42}\text{Ca}^{0,647\%}_{+0,128}$ (20-ядерных связок)



$$-1/2 \quad -1/2 \quad -1 \quad +1/2 = -3/2, -2_{орб.} = 7/2$$

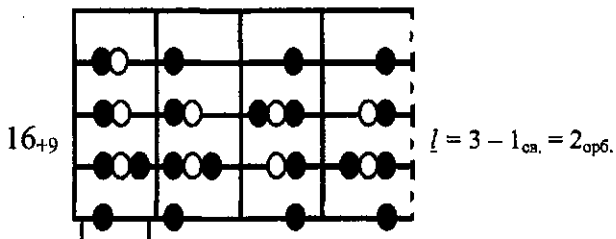
$$\mu = (2p - n)/k - l = (3,75) / 1_{13} - 2_{орб.} = -1,32$$

Рис. 2.131. $^{20}_{43}\text{Ca}^{0,135\%}$



$$+1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad +1/2 = 0$$

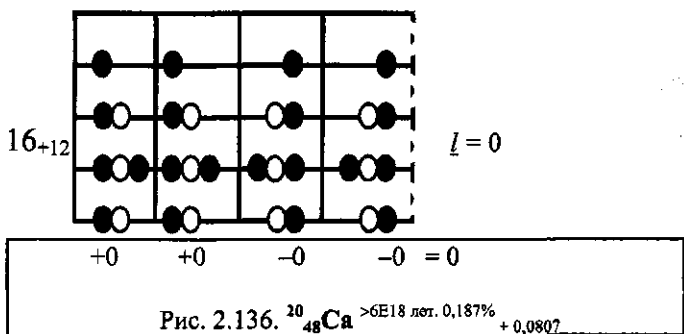
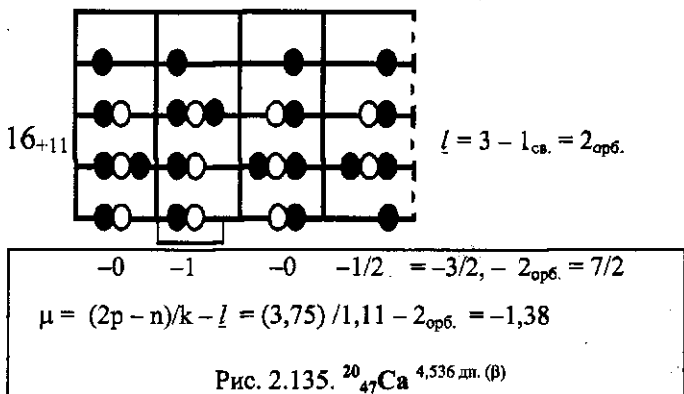
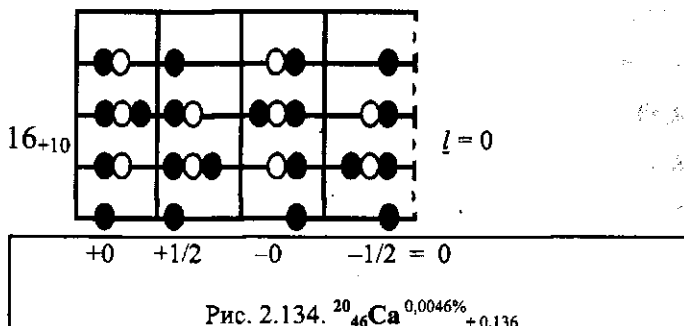
Рис. 2.132. $^{20}_{44}\text{Ca}^{2,086\%}_{+0,147}$

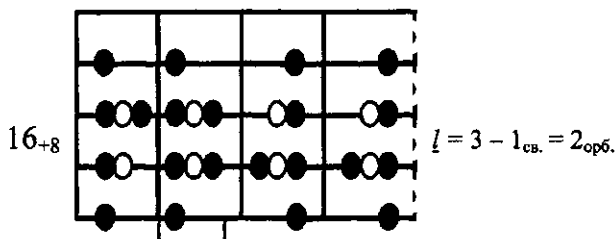


$$-1 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad +1/2 = -3/2, -2_{орб.} = 7/2$$

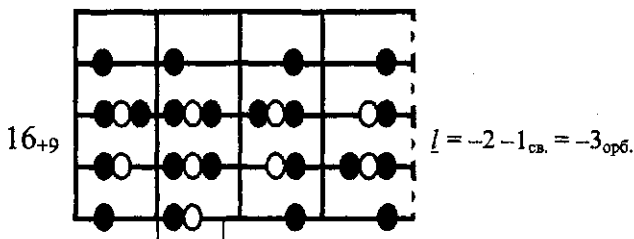
$$\mu = (2p - n)/k - l = (3,75) / 1_{125} - 2_{орб.} = -1,33$$

Рис. 2.133. $^{20}_{45}\text{Ca}^{163,8 \text{ дн}}(\beta)$

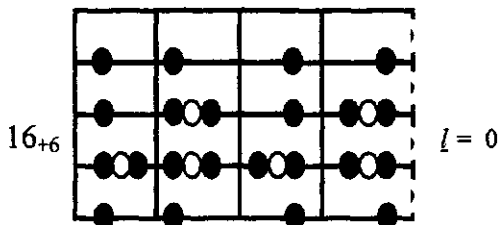




$+1/2 \quad +0 \quad +1/2 \quad +1/2 = 3/2, + 2_{орб.} = 7/2$
 $\mu = (-2n - p) \times k + l = -6,61 \times 1,03 + 2 = -6,68 + 2_{орб.} = 4,8$
 Рис. 2.137. $^{21}_{45}\text{Sc}^{100\%}$



$+1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 = 1, -(-3_{орб.}) = 4$
 $\mu = (p + n) \times k - l = 4,7 \times 1,28 - 3_{орб.} = 3,02$
 Рис. 2.138. $^{21}_{46}\text{Sc}^{83,810 \text{ лн. } (\beta)}$



$+1 \quad +0 \quad -1 \quad -0 = 0$
 Рис. 2.139. $^{22}_{84}\text{Tl}^{49 \text{ лет } (e) +0,181}$

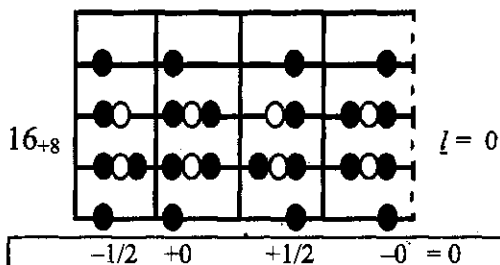
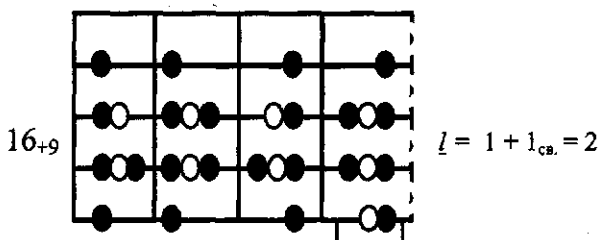


Рис. 2.140. $^{22}_{46}\text{Ti}^{8,0\%}_{+0,200}$



$$\mu = (2p - n) / k - \bar{l} = (3,67) / 1,33 - 2_{\text{орб.}} = -0,76$$

Рис. 2.141. $^{22}_{47}\text{Ti}^{7,3\%}$

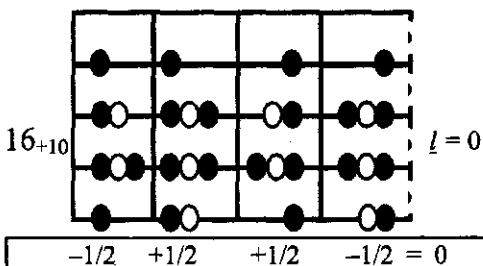
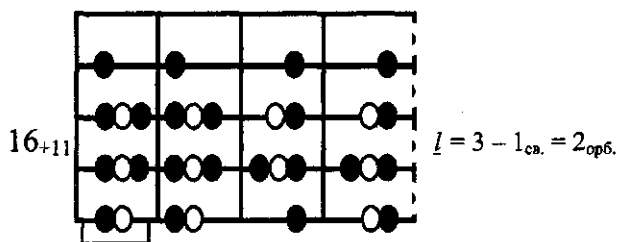
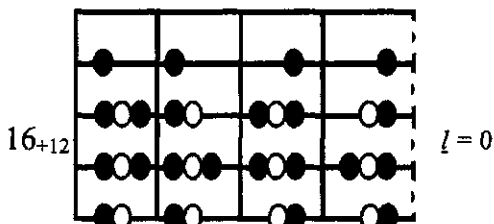


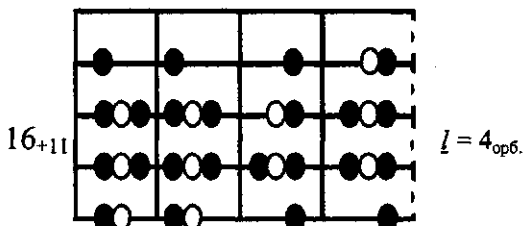
Рис. 2.142. $^{22}_{48}\text{Ti}^{73,8\%}_{+0,190}$



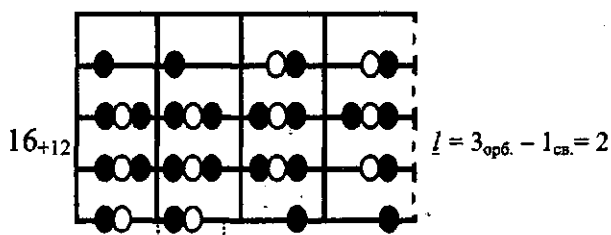
$+1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -0 = -3/2, -2_{\text{опб.}} = 7/2$
 $\mu = (2p - n)/k - l = (3,75)/1,21 - \hat{2}_{\text{опб.}} = -1,1$
 Рис. 2.143. $^{22}_{49}\text{Ti}^{5,5\%}$



$+1/2 \quad +0 \quad -1/2 \quad -0 = 0$
 Рис. 2.144. $^{22}_{50}\text{Ti}^{5,4\%}_{+0,151}$

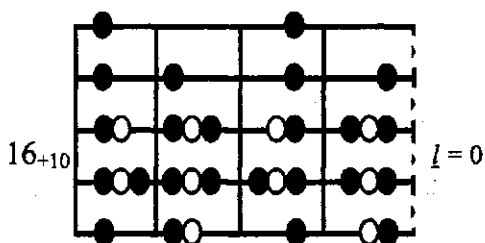


$-1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 = -2, -4_{\text{опб.}} = 6$
 $\mu = (-2n - p) \times k - l = 6,61 \times 1,11 - 4_{\text{опб.}} = 3,36$
 Рис. 2.145. $^{23}_{50}\text{V}^{1,5\text{E}17 \text{ лет. (}\epsilon 83\%, \beta 17\%)}$



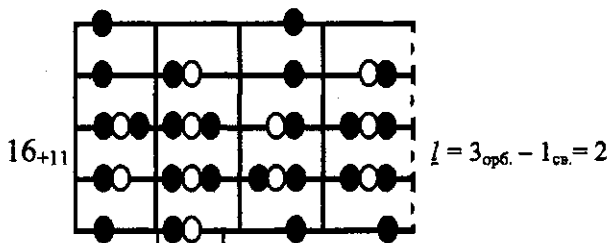
$+1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad +0 = 3/2, +2_{\text{орб.}} = 7/2$
 $\mu = p \times k + l = 2,79 \times 1,13 + 2_{\text{орб.}} = 5,15$

Рис. 2.146. $^{23}_{51}\text{V}^{99,750\%}$



$+0 \quad +1/2 \quad -0 \quad -1/2 = 0$

Рис. 2.147. $^{24}_{50}\text{Cr}^{>1,8\text{E}17 \text{ лет. } 4,345\% + 0,238}$



$-1 \quad +0 \quad +0 \quad -1/2 = -3/2, -2_{\text{орб.}} = 7/2$
 $\mu = (2p - n) / k - l = 3,71 / 1,26 - 2_{\text{орб.}} = 0,94$

Рис. 2.148. $^{24}_{51}\text{Cr}^{27,702 \text{ дн. е.}}$

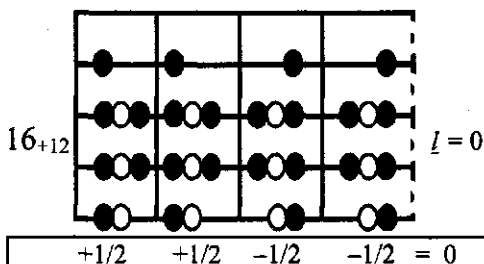
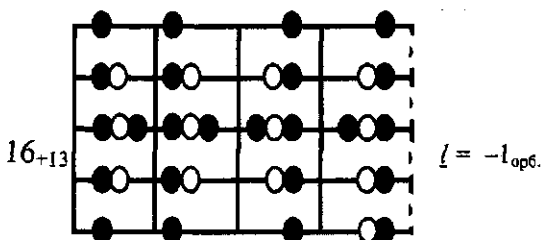


Рис. 2.149. ${}^{24}_{52}\text{Cr}^{83,79\%}_{+0,176}$



$\mu = (n/k) + \underline{l} = -1,91/1,3 + 1_{\text{опб.}} = -0,47$

Рис. 2.50. ${}^{24}_{53}\text{Cr}^{9,50\%}$

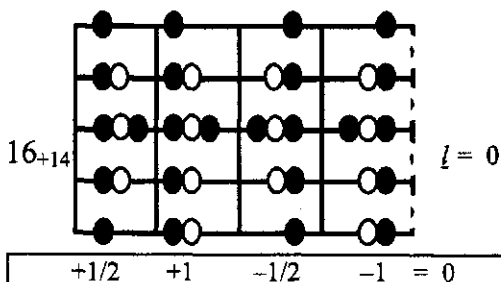
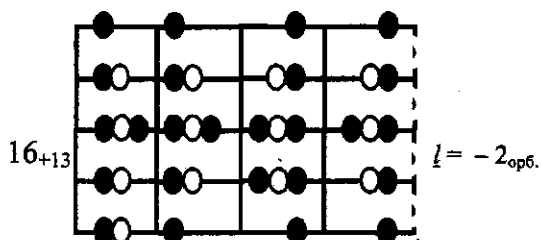


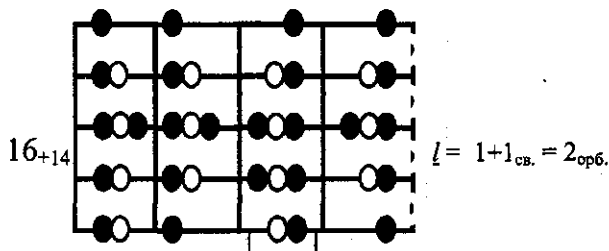
Рис. 2.51. ${}^{24}_{54}\text{Cr}^{2,365\%}_{+0,230}$



$$+1 \quad +1/2 \quad +0 \quad -1/2 = 1, -(-2_{\text{орб.}}) = 3$$

$$\mu = (p - n) \times k - \underline{l} = 4,7 \times 1,12 - 2_{\text{орб.}} = 3,28$$

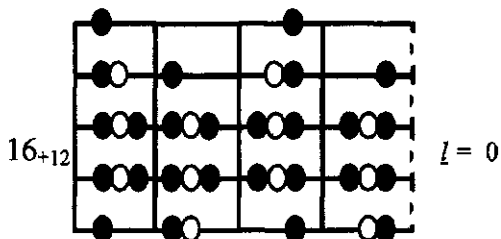
Рис. 2.152. $^{25}_{54}\text{Mn}^{312,12 \text{ дн}} (\alpha, \beta < 0,001\%)$



$$+1 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 = 1/2, +2_{\text{орб.}} = 5/2$$

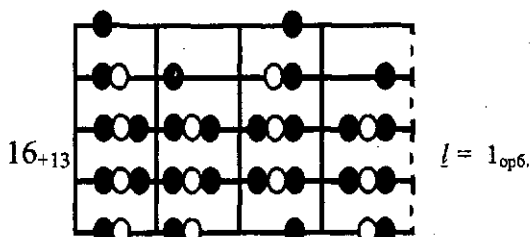
$$\mu = (2n + p) / k + \underline{l} = (-3,82 - 2,79) / 1,21 + 2_{\text{орб.}} = 3,46$$

Рис. 2.153. $^{25}_{55}\text{Mn}^{100\%}$



$$+0 \quad +1/2 \quad -0 \quad -1/2 = 0$$

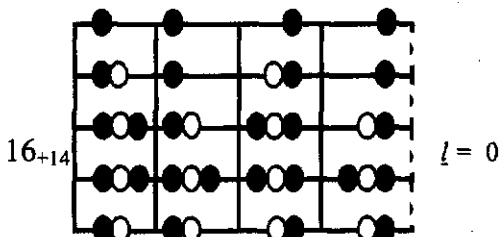
Рис. 2.154. $^{26}_{54}\text{Fe}^{5,9\% + 0,163}$



$$+1/2 \quad +1/2 \quad -0 \quad -1/2 = 1/2, +1_{\text{орб.}} = 3/2$$

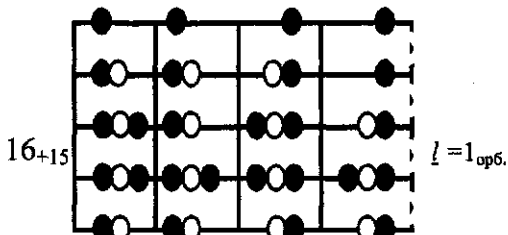
$$\mu^* \approx (n/k) + \underline{l} = -1,91/1,2 + 1_{\text{орб.}} \approx -0,6$$

Рис. 2.155. $^{26}_{55}\text{Fe}$ 2,73 лер. (e)



$$+1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 = 0$$

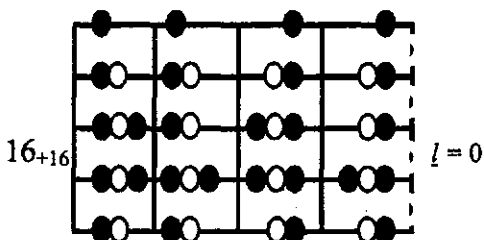
Рис. 2.156. $^{26}_{56}\text{Fe}$ 91,72% + 0,210



$$+1/2 \quad +0 \quad -1/2 \quad -1/2 = -1/2, +1 = 1/2$$

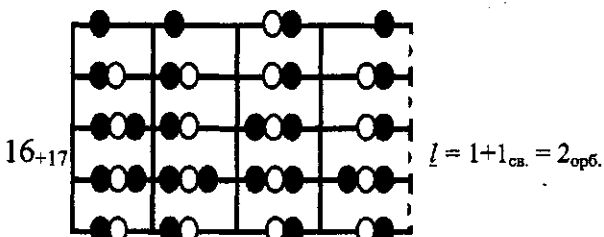
$$\mu = n \times k + \underline{l} = -1,91/1,01 + 1_{\text{орб.}} = -0,9 \text{ (а не } -0,09)$$

Рис. 2.157. $^{26}_{57}\text{Fe}$ 2,1%



+1/2 +0 -1/2 -0 = 0

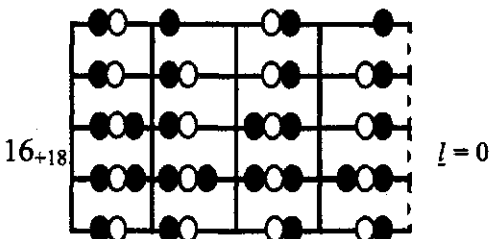
Рис. 2.158. $^{26}_{58}\text{Fe}^{0,28\%}_{+0,215}$



+1/2 +0 -1 -0 = -1/2, +2 = 3/2

$$\mu = n \times k - l = -1,91 \times 1,2 + 2_{\text{опб.}} = 0,29$$

Рис. 2.159. $^{26}_{59}\text{Fe}^{44,496 \text{ дн. } \beta}$



+1 +0 -1 -0 = 0

Рис. 2.160. $^{26}_{60}\text{Fe}^{1,8\text{Е6 лет } (\beta)}_{+0,211}$

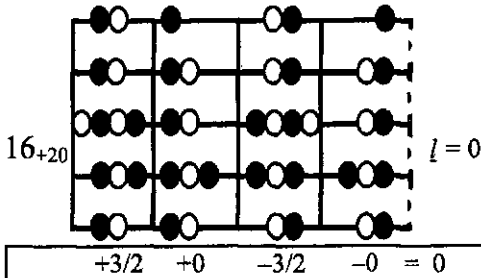
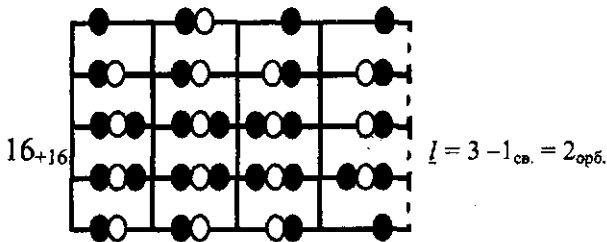
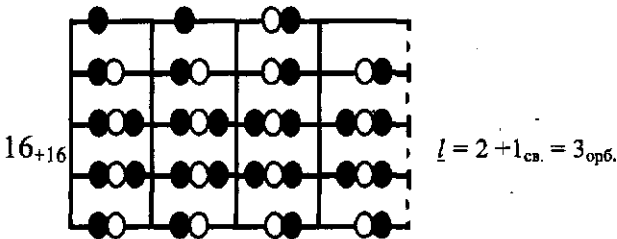


Рис. 2.161. ${}^{26}_{62}\text{Fe}^{68c(\beta)}_{+0,151}$



$\mu = p/k + l = 2,79 / 1,06 + 2_{\text{орб.}} = 4,63$

Рис. 2.162. ${}^{27}_{59}\text{Co}^{100\%}$



$\mu = D \times k + l = 0,88 \times 1,13 + 3_{\text{орб.}} = 4,4$

Рис. 2.163. ${}^{27}_{60}\text{Co}_m^{10,47(4)} \text{ MKN и.п. } (>90)$

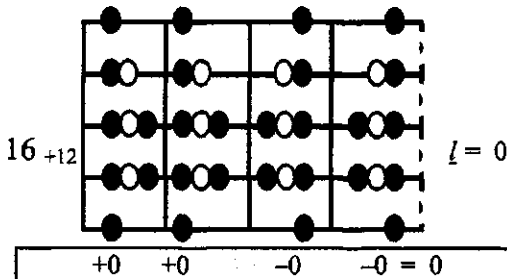


Рис. 2.164. $^{28}_{56}\text{Ni}^{6,10}$ дн. е $+0,210$

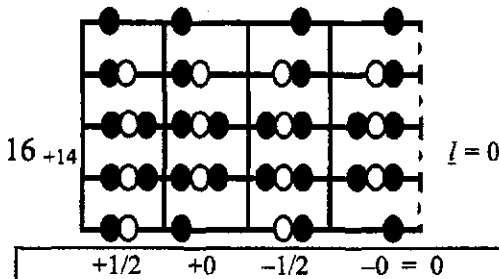
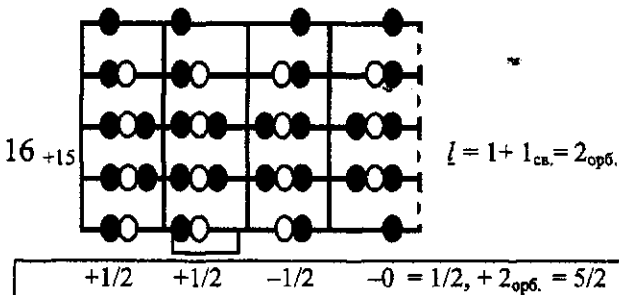
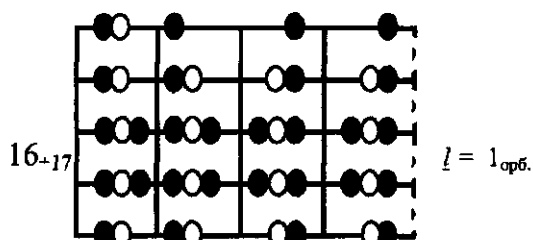


Рис. 2.165. $^{28}_{58}\text{Ni}^{68,077\%}$ $+0,170$



$$\mu = n \times k + l = -1,91 / 1,22 + 2_{орб.} = 0,43$$

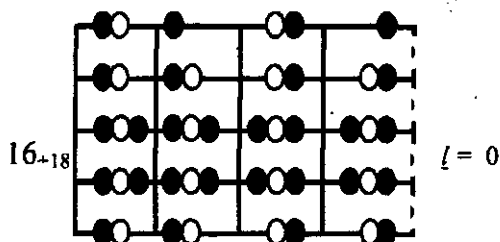
Рис. 2.166. $^{28}_{59}\text{Ni}^{7,5\text{E лег е}}$



$$+1 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 = 1/2, + 1_{\text{орб.}} = 3/2$$

$$\mu = -\pi/k + 1 = -1,91/1,09 + 1 = -0,75$$

Рис. 2.167. $^{28}_{51}\text{Ni}$ 1,140%



$$+1 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad 0 = 0$$

Рис. 2.168. $^{28}_{62}\text{Ni}$ 3,634%
+0,189

Группа IV

Квазиоболочка 5 $Z=21-24$ | Ядра $Z=27-32$
 $A=48-54$ | $A=60-76$

$Co_{60}, Ni_{60}, \dots, 63, 64, Cu, Zn_{64, 66, 68}, Ge_{74, 76}, Se_{74}$

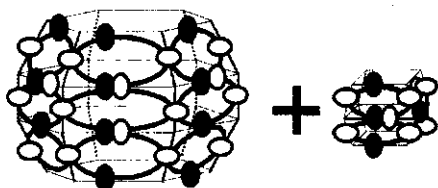


Рис. 2.169. Шестисторонний трехъярусный каркас с нуклонами и кластер из второй группы.

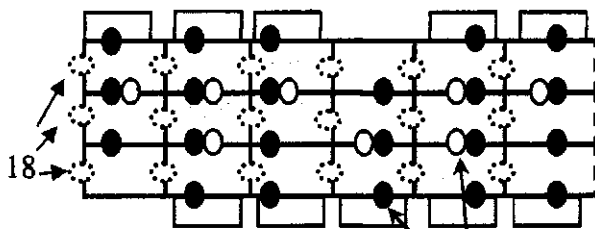


Рис. 2.170. ${}^{22}_{48}Ob.$ (${}^{22}_8Ob. 30$)

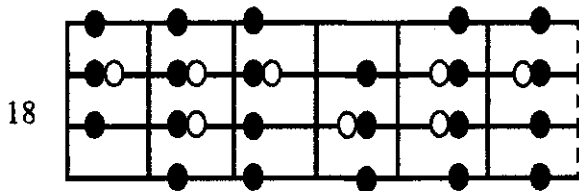


Рис. 2.171. ${}^{22}_{48}Ob.$ Схематическое изображение оболочки.

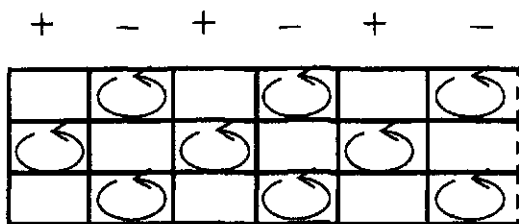


Рис. 2.172. Сочетание поляризаций ядерных связей развернутых в плоскость.

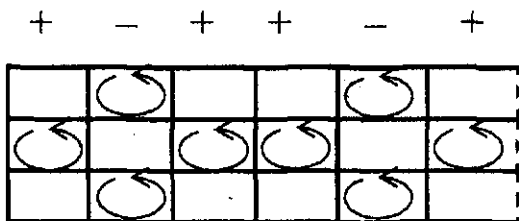


Рис. 2.173. Сочетание поляризаций ядерных связей свернутых в шестиугольник.

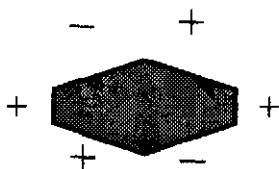


Рис. 2.174. "Лишние" положительные ядерные связки более слабые.

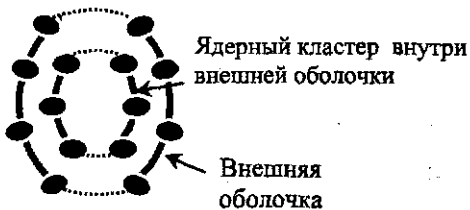
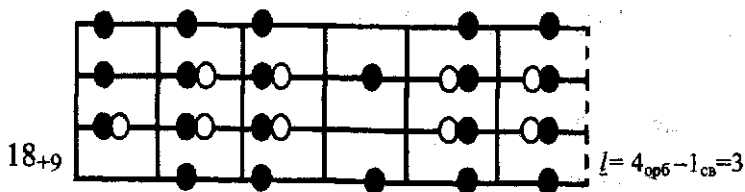
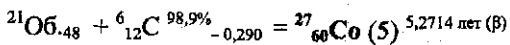


Рис. 2.175. Схема размещения двух кластеров.



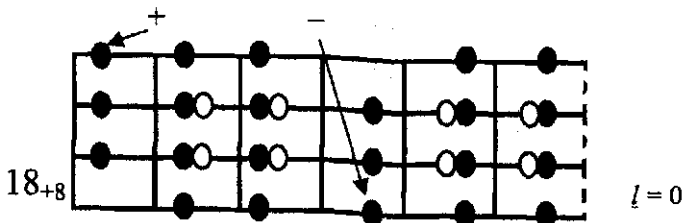
$$+1 \quad +0 \quad +0 \quad +1 \quad -0 \quad -0 = 2, +3 = 5$$



$$\mu = D \times k + \underline{l} = 0,88/1,1 + 3_{\text{орб.}} = 3,8$$

Рис. 2.176. $^{27}_{60}\text{Co.} ({}^{21}_{9}\text{Об. } 30)$

Изменение нуклоном нечетного яруса (1) на четный (4), меняет его поляризацию с "+" на "-".



$$+1/2 \quad +0 \quad +0 \quad -1/2 \quad -0 \quad -0 = 0$$

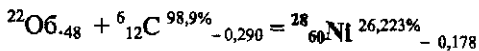
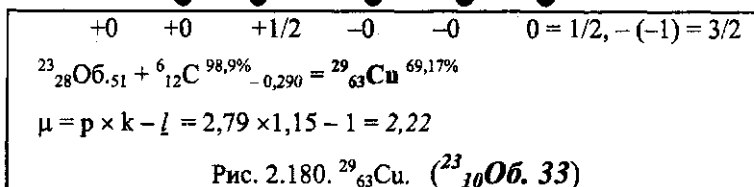
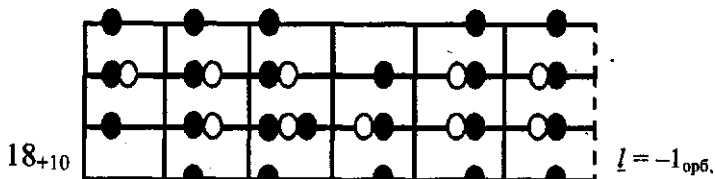
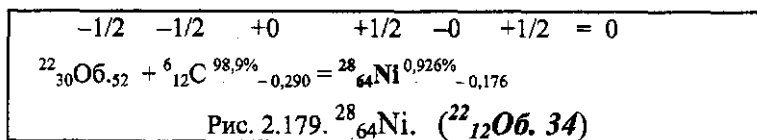
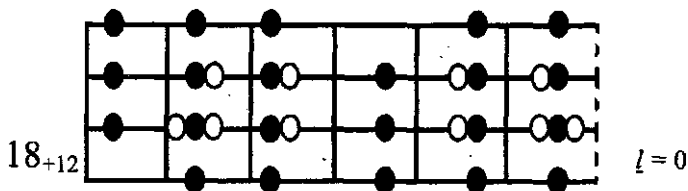
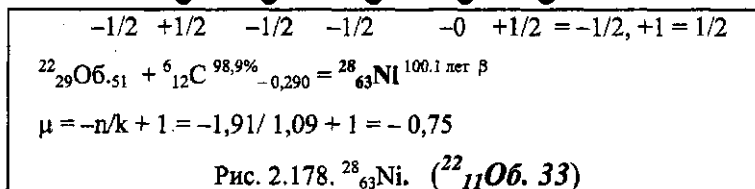
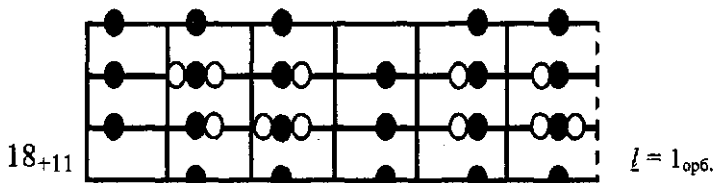
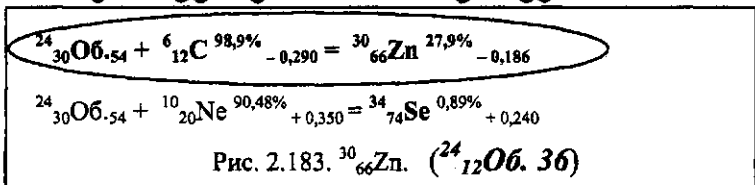
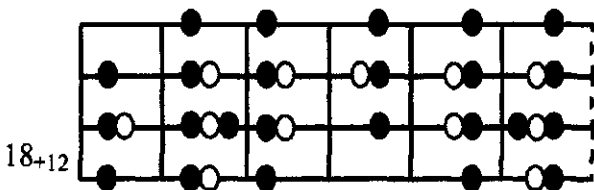
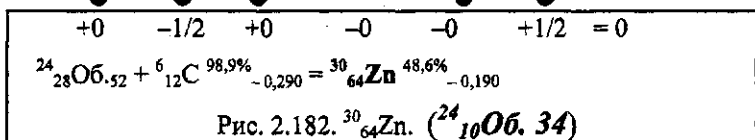
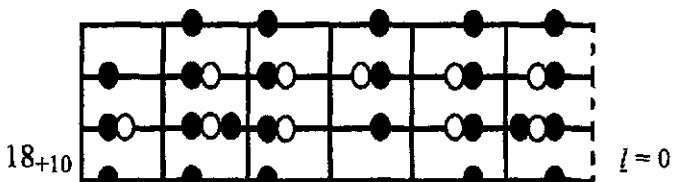
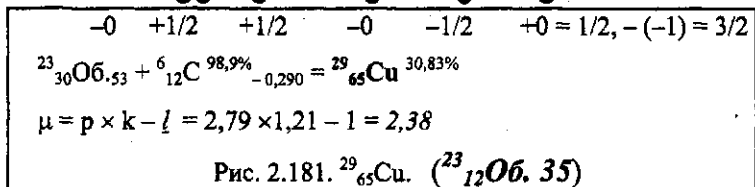
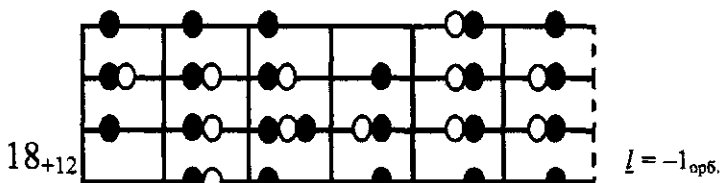


Рис. 2.177. $^{28}_{60}\text{Ni.} ({}^{22}_{8}\text{Об. } 30)$





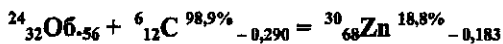
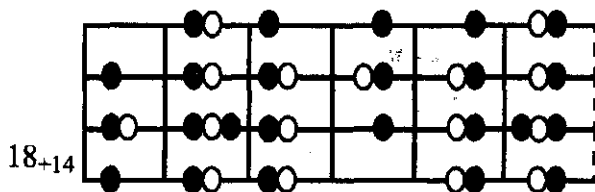


Рис. 2.184. ${}^{30}_{68}\text{Zn}$. (${}^{24}_{14}\text{Об}$. 38)

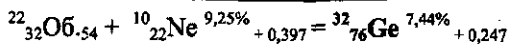
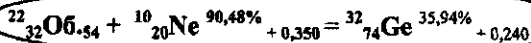
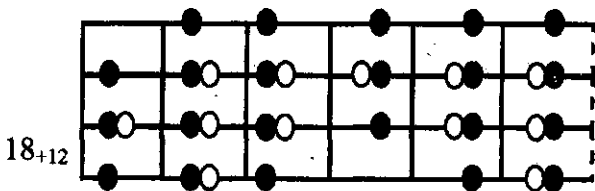


Рис. 2.185. ${}^{32}_{74}\text{Ge}$. (${}^{22}_{12}\text{Об}$. 34)

Группа V

Квазиоболочка **6** $Z=24-27$ | Ядра $Z=30-36$
 $A=57-60$ | $A=69-86$

Zn₇₀, Ga, Ge_{70, 72}, As, Se_{76..}, Br, Kr

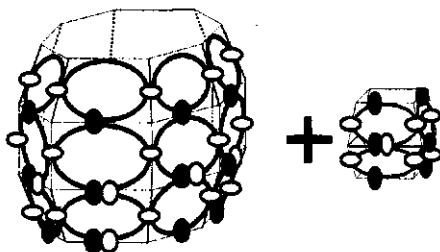


Рис. 2.186. Восьмисторонний трехъярусный каркас с нуклонами и кластер из второй группы.

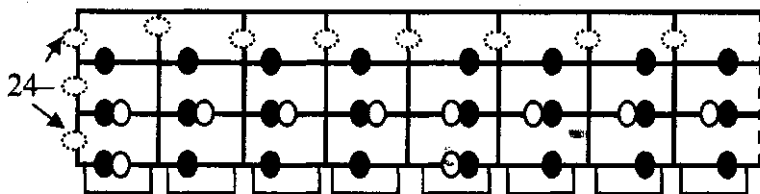


Рис. 2.187. Квазиоболочка **6** в развороте.

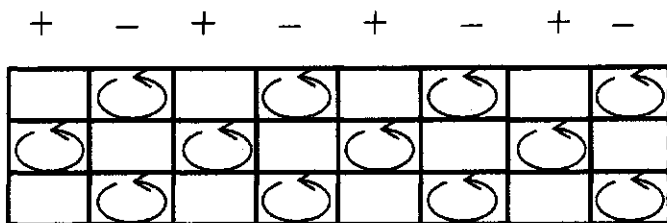


Рис. 2.188. Сочетание поляризаций ядерных связей в плоскости.

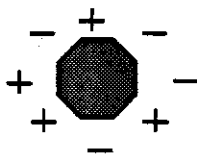
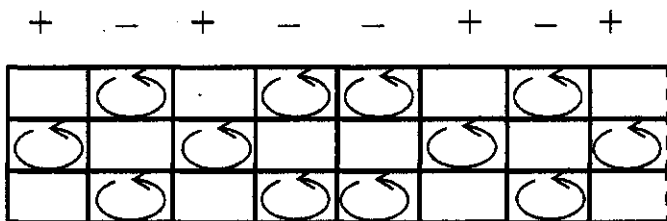
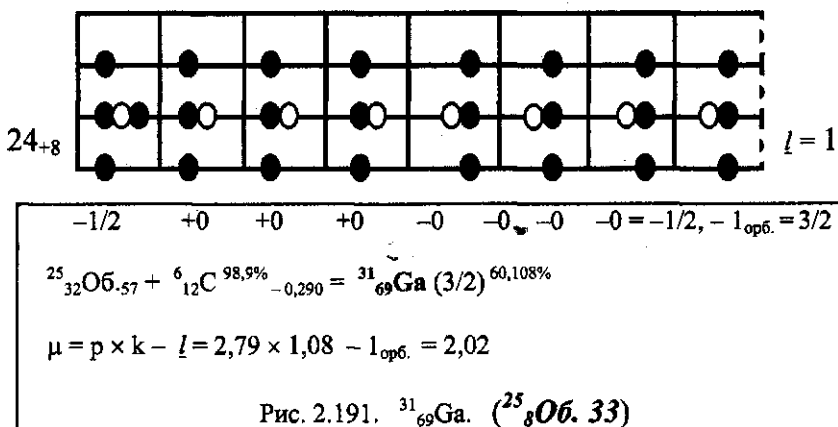
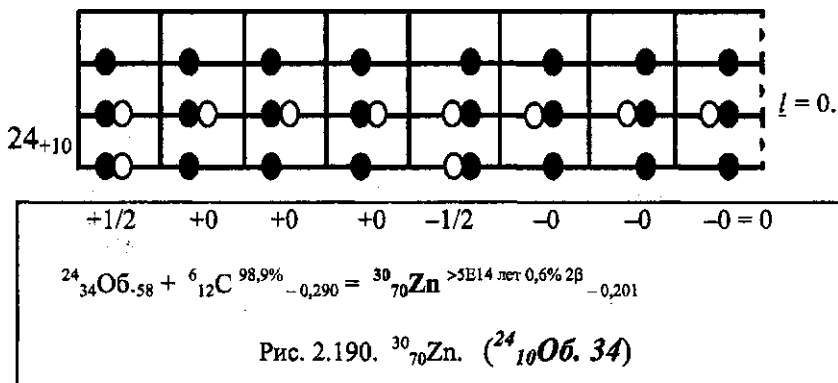
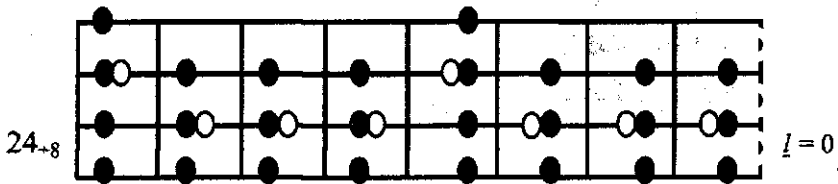


Рис. 2.189. Сочетание поляризаций ядерных связей свернутых в восьмиугольник.





+1/2 +0 +0 +0 -1/2 -0 -0 -0=0

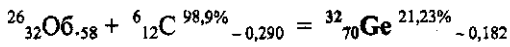
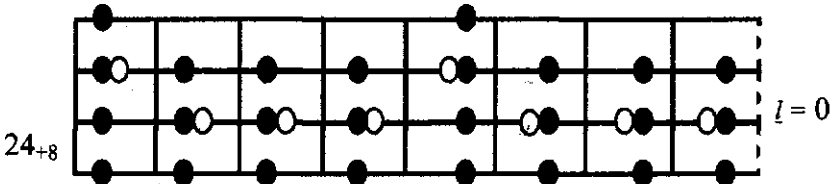


Рис. 2.192. ${}^{32}_{70}\text{Ge}$. (${}^{26}_8\text{Oб. 34}$)



+1/2 +0 +0 +0 -1/2 -0 -0 -0=0

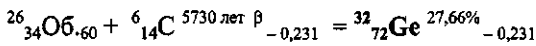
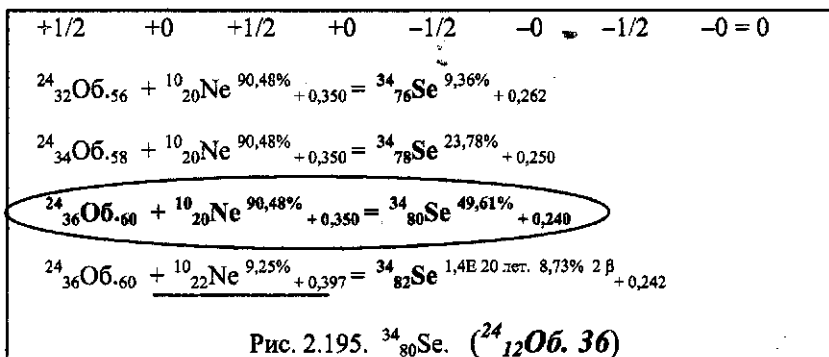
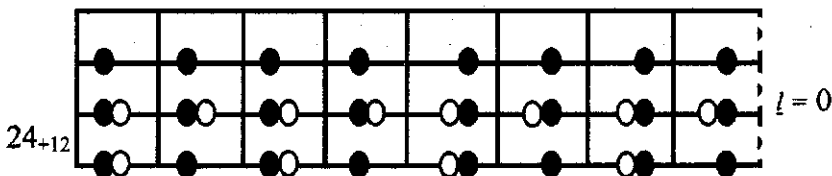
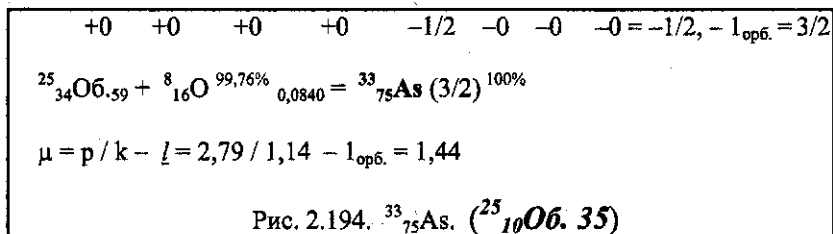
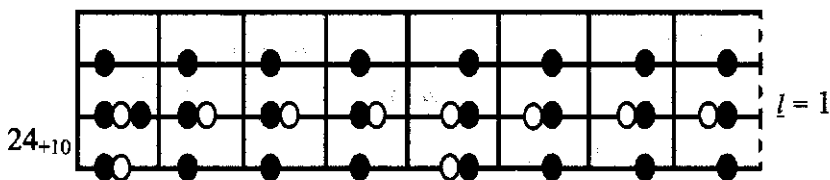
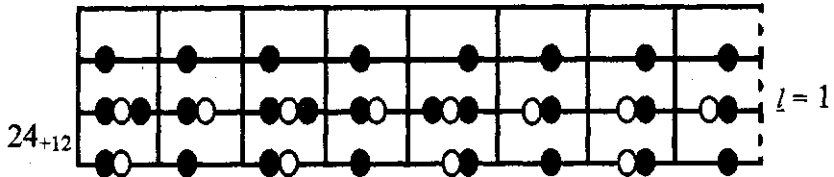


Рис. 2.193. ${}^{32}_{72}\text{Ge}$. (${}^{26}_8\text{Oб. 34}$)



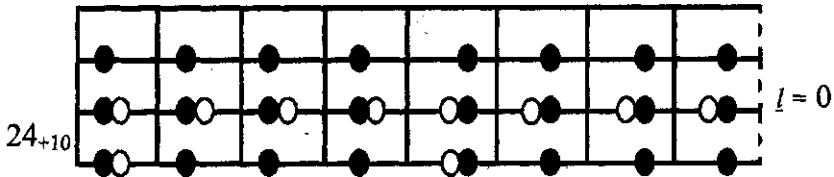


+0 +0 +0 +0 -0 -0 -1/2 -0 = -1/2, -1_{опб.} = 3/2

$${}^{27}_{36}\text{Об}_{.63} + {}^8_{16}\text{O}^{99,76\%}_{0,0840} = {}^{35}_{79}\text{Br} (3/2)^{50,69\%}$$

$$\mu = p \times k - \underline{l} = 2,79 \times 1,11 - 1_{\text{опб.}} = 2,11$$

Рис. 2.196. ${}^{35}_{79}\text{Br}$. (${}^{27}_{12}\text{Об. 39}$)



+1/2 +0 +0 +0 -1/2 -0 -0 -0 = 0

$${}^{24}_{28}\text{Об}_{.52} + {}^{12}_{26}\text{Mg}^{11,019\%}_{+0,531} = {}^{36}_{76}\text{Kr}^{14,8\%}_{+0,301}$$

$${}^{24}_{30}\text{Об}_{.54} + {}^{12}_{24}\text{Mg}^{78,99\%}_{+0,610} = {}^{36}_{78}\text{Kr}^{0,35\%}_{+0,291}$$

$${}^{24}_{32}\text{Об}_{.56} + {}^{12}_{24}\text{Mg}^{78,99\%}_{+0,610} = {}^{36}_{80}\text{Kr}^{2,25\%}_{+0,250}$$

$${}^{24}_{34}\text{Об}_{.58} + {}^{12}_{24}\text{Mg}^{78,99\%}_{+0,610} = {}^{36}_{82}\text{Kr}^{11,6\%}_{+0,223}$$

$${}^{24}_{34}\text{Об}_{.58} + {}^{12}_{26}\text{Mg}^{11,019\%}_{+0,531} = {}^{36}_{84}\text{Kr}^{57,0\%}_{+0,209}$$

$${}^{24}_{36}\text{Об}_{.60} + {}^{12}_{26}\text{Mg}^{11,019\%}_{+0,531} = {}^{36}_{86}\text{Kr}^{17,3\%}_{+0,261}$$

$${}^{24}_{38}\text{Об}_{.62} + {}^{12}_{26}\text{Mg}^{11,019\%}_{+0,531} = {}^{36}_{88}\text{Kr}^{2,84\% \beta}_{+0,223}$$

Рис. 2.197. ${}^{36}_{84}\text{Kr}$. (${}^{24}_{10}\text{Об. 34}$)

Квазиоболочка 7 $\begin{matrix} Z=30-41 \\ A=70-99 \end{matrix}$ | Ядра $\begin{matrix} Z=37-51 \\ A=85-124 \end{matrix}$
 Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb

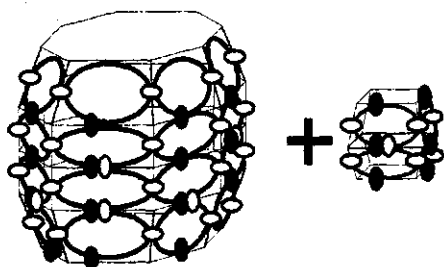


Рис. 2.198. Восьмисторонний четырехярусный каркас с нуклонами и кластер из второй группы.

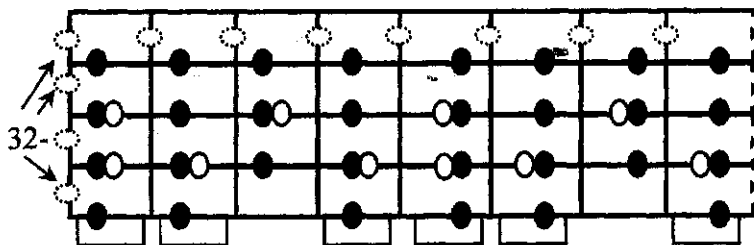


Рис. 2.199. Квазиоболочка 7 в развороте.

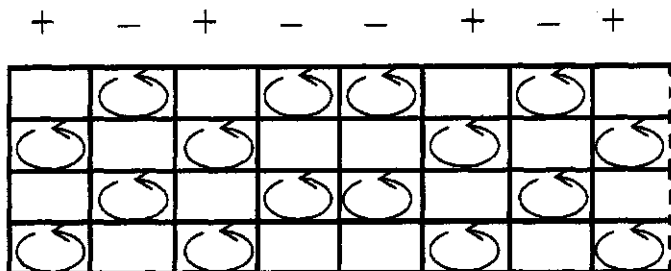
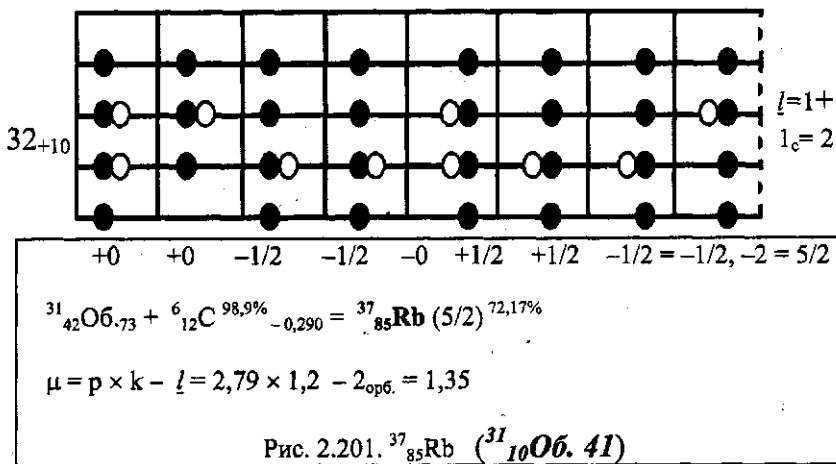
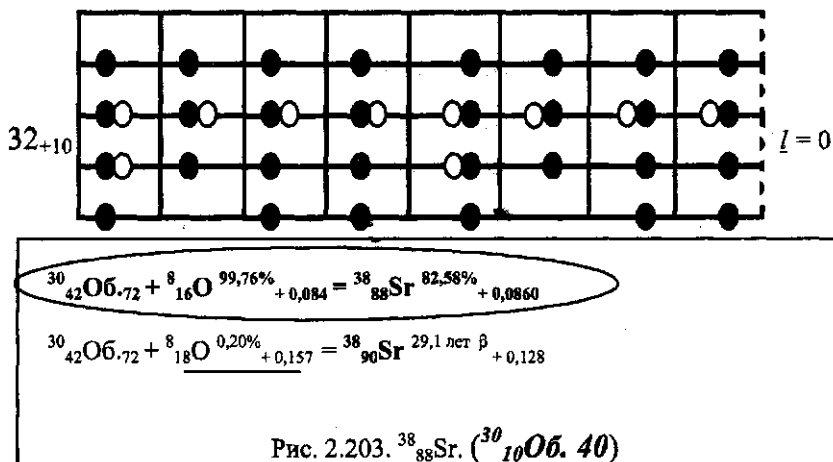
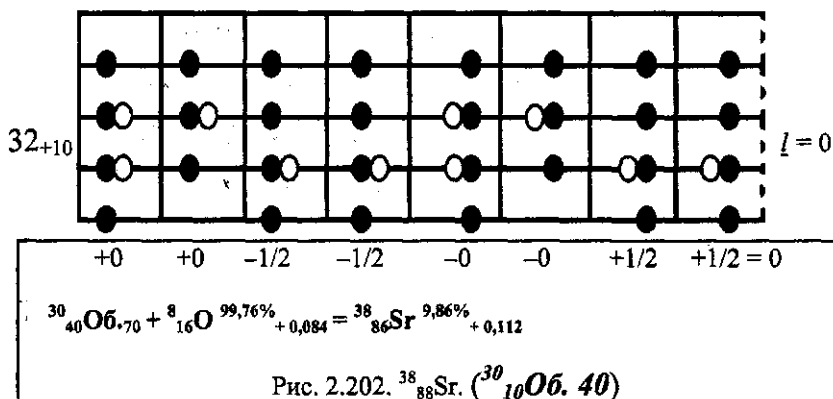
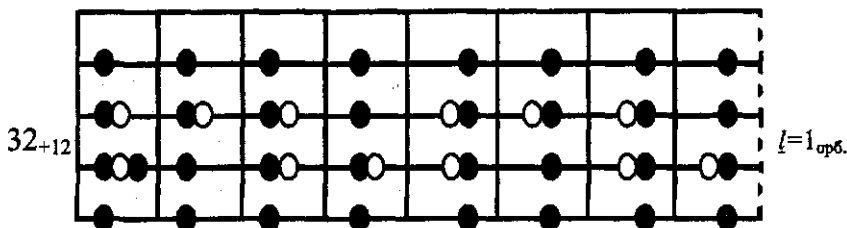


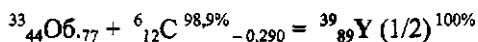
Рис. 2.200. Сочетание поляризаций ядерных связей свернутых в восьмиугольник.



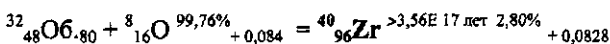
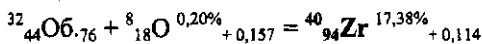
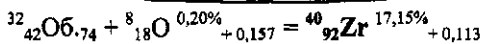
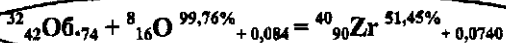
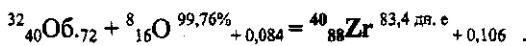
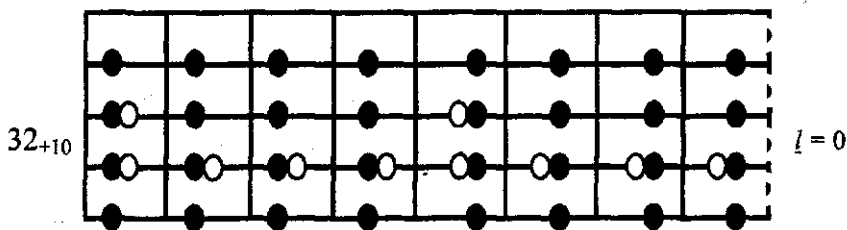


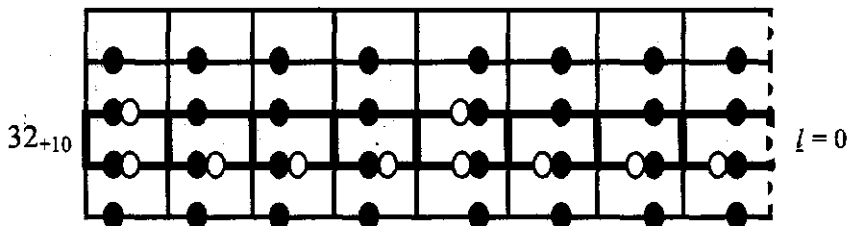


$$-1/2 \quad +1/2 \quad +0 \quad -1/2 \quad -0 \quad -1/2 \quad -0 \quad +1/2 = 1/2, -1 = 1/2$$



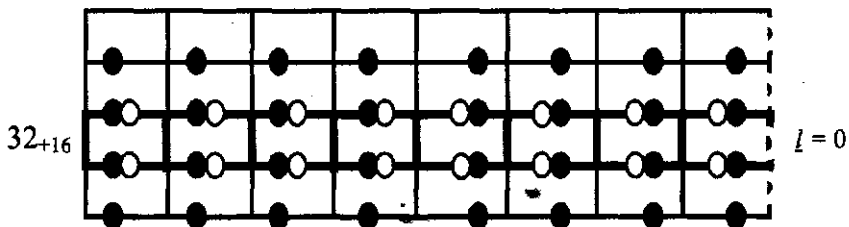
$$\mu = (-2n + p) \times k - l = (-3,82 + 2,79) \times 1,107 - 1_{\text{опб.}} = -0,14$$

 Рис. 2.204. ${}^{39}_{89}\text{Y}$. (${}^{33}_{12}\text{Об.45}$)

 Рис. 2.205. ${}^{40}_{90}\text{Zr}$. (${}^{32}_{16}\text{Об.42}$)



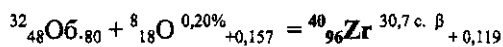
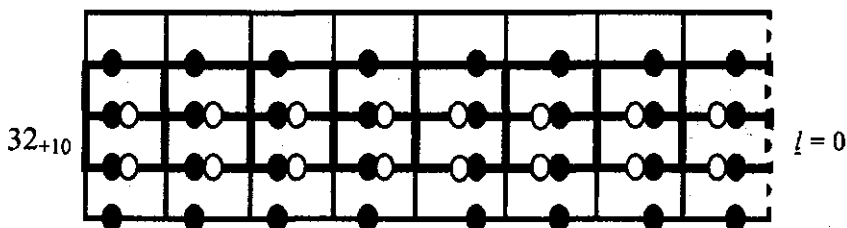
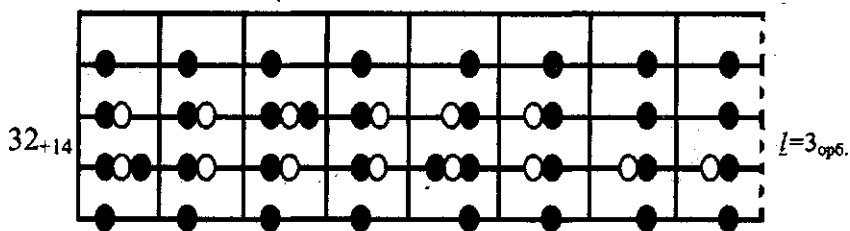
$${}^{32}_{42}\text{Об}_{.74} + {}^8_{16}\text{O}_{99,76\% + 0,084} = {}^{40}_{90}\text{Zr}_{51,45\% + 0,0740}$$

Рис. 2.206. ${}^{40}_{90}\text{Zr}(0)^*$ (первое возбужденное состояние)

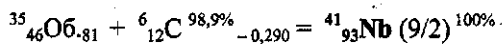


$${}^{32}_{48}\text{Об}_{.80} + {}^8_{16}\text{O}_{99,76\% + 0,084} = {}^{40}_{96}\text{Zr}_{>3,56\text{E } 17 \text{ лет } 2,80\% + 0,0828}$$

Рис. 2.207. ${}^{40}_{96}\text{Zr.} ({}^{32}_{16}\text{Об. } 48)$


 Рис. 2.208. ${}^{40}_{96}\text{Zr}(0)^*$ (первое возбужденное состояние)


$$-1/2 \quad +0 \quad +1/2 \quad -0 \quad +1/2 \quad -0 \quad +1/2 \quad +1/2 = 3/2, +3 = 9/2$$



$$\mu = p/k + \bar{l} = 2,79 \times 1,14 + 3_{\text{опб.}} = 6,17$$

 Рис. 2.209. ${}^{41}_{93}\text{Nb}$. (${}^{35}_{14}\text{Об. } 49$)

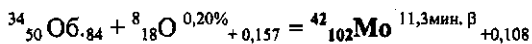
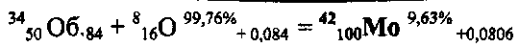
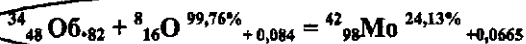
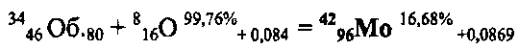
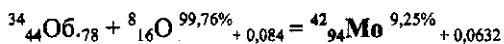
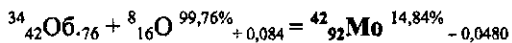
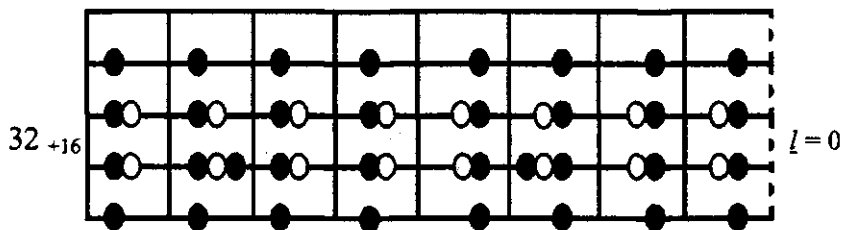
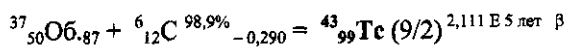
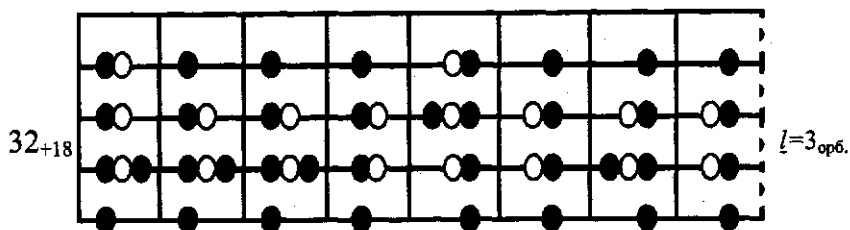


Рис. 2.210. ${}^{42}_{98}\text{Mo}$. (${}^{34}_{16}\text{Ob}_{.50}$)



$$\mu = p/k + l = 2,79/1,04 + 3_{\text{орб.}} = 5,68$$

Рис. 2.211. ${}^{43}_{99}\text{Tc}$. (${}^{37}_{18}\text{Об. 55}$)

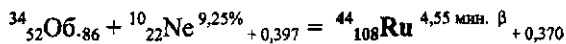
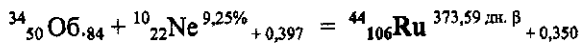
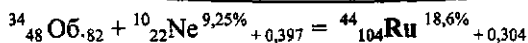
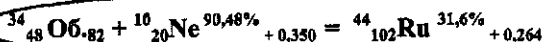
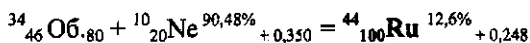
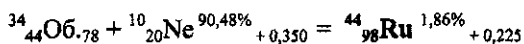
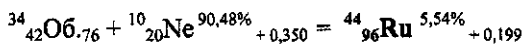
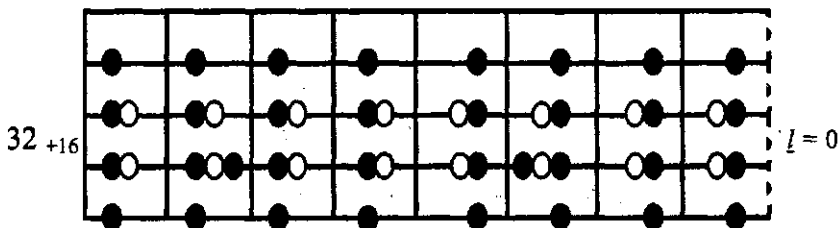
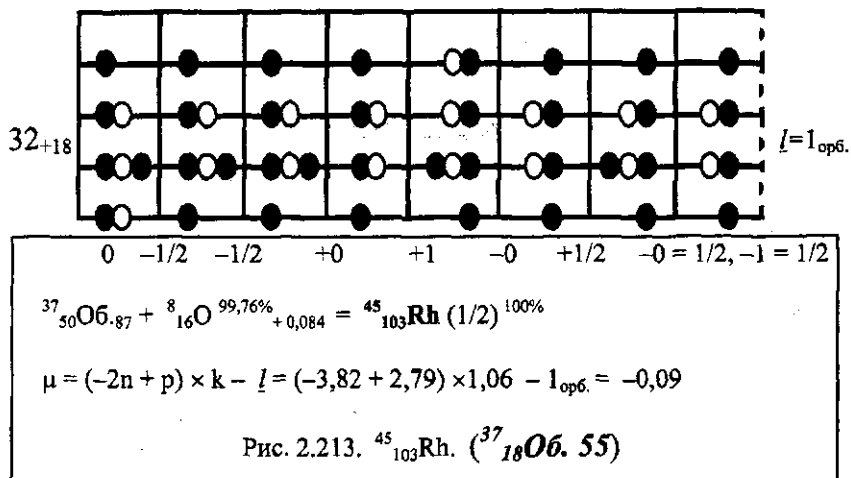


Рис. 2.212. ${}^{44}_{102}\text{Ru}$. (${}^{34}_{16}\text{Ob}_{.50}$)



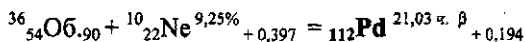
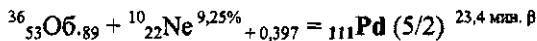
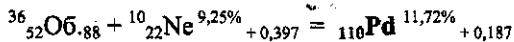
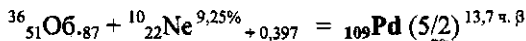
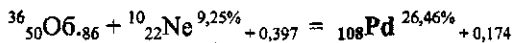
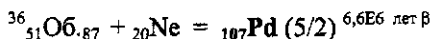
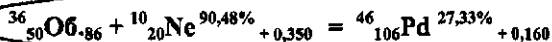
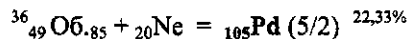
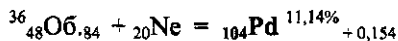
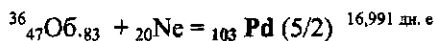
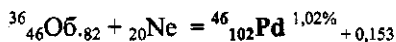
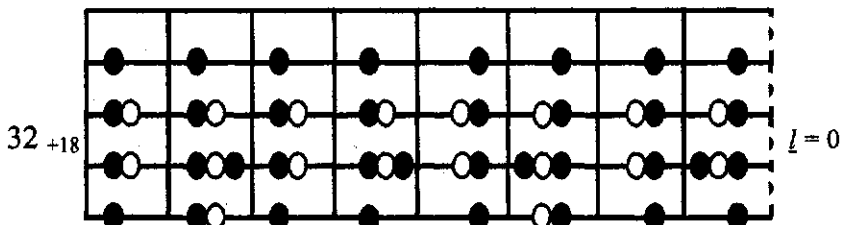
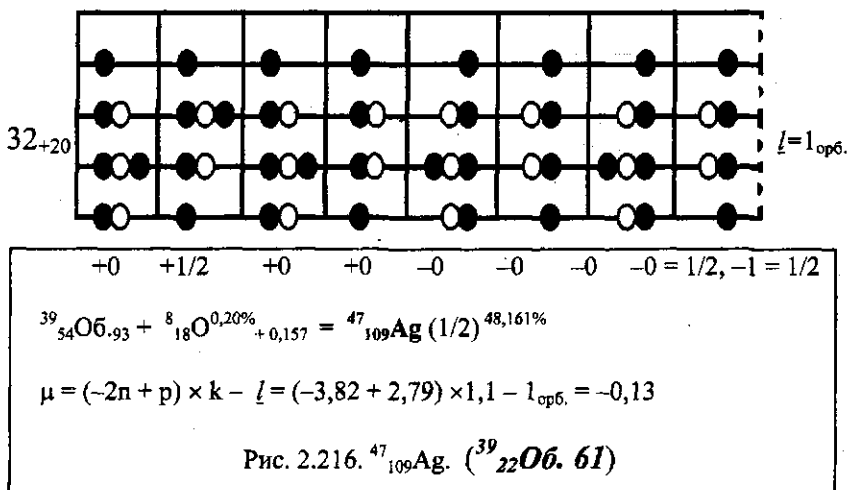
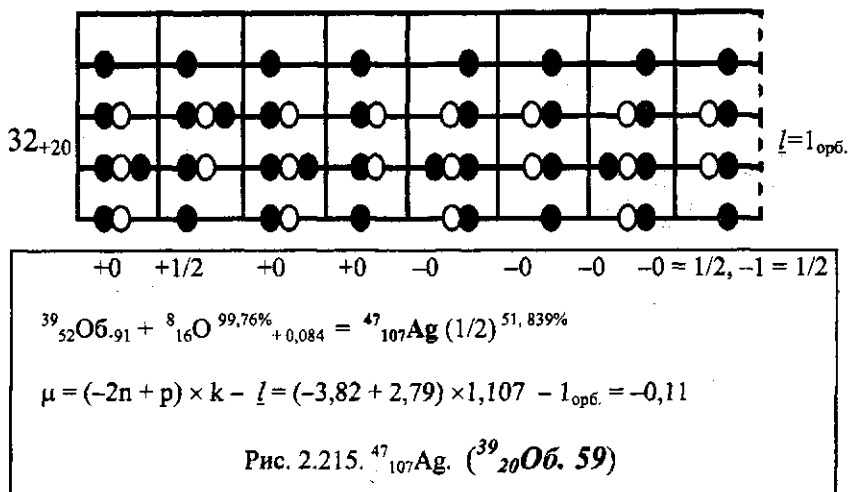


Рис. 2.214. ${}^{48}_{106}\text{Pd}$. (${}^{36}_{18}\text{Oб}_{.54}$)



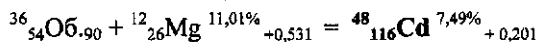
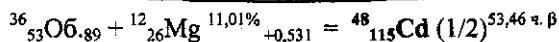
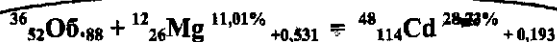
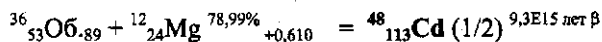
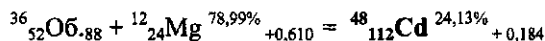
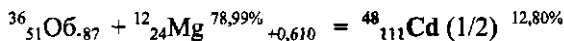
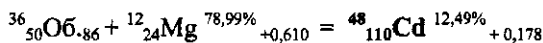
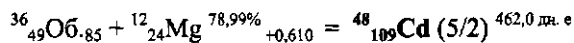
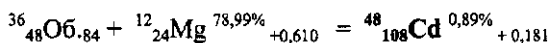
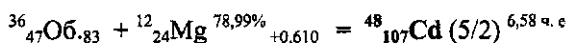
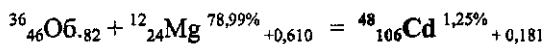
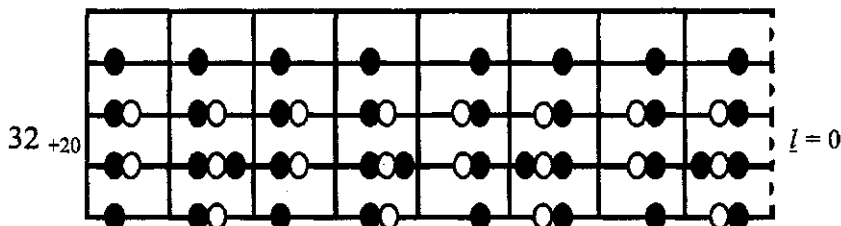
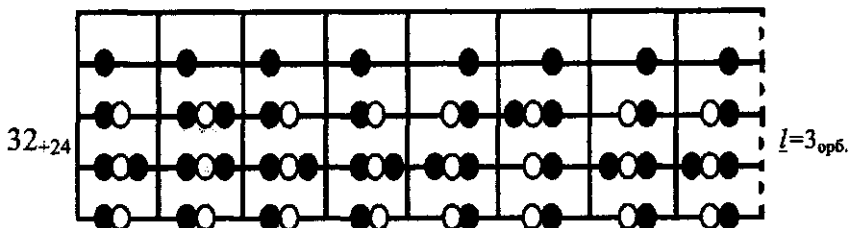


Рис. 2.217. ${}^{48}_{114}\text{Cd}$. (${}^{36}_{20}\text{Об. 56}$)

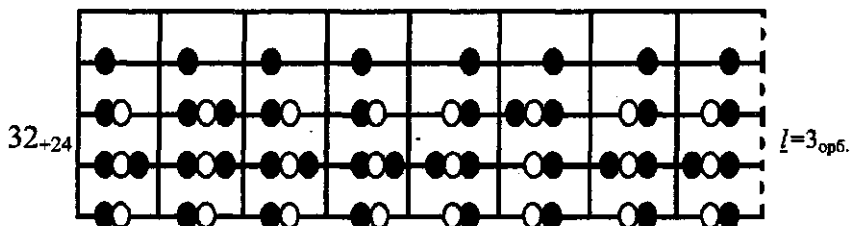


+0 +1/2 +0 +0 +0 +1 -0 +0 = 3/2, +3 = 9/2

$${}^{41}_{56}\text{O}6.97 + {}^8_{16}\text{O}^{99.76\%}_{+0.084} = {}^{49}_{113}\text{In} (9/2)^{4.3\%}$$

$$\mu = p / k + \underline{l} = 2,79/1,1 + 3_{\text{опб.}} = 5,53$$

Рис. 2.218. ${}^{49}_{113}\text{In}$. (${}^{41}_{24}\text{O}6.65$)



+0 +1/2 +0 +0 +0 +1 -0 +0 = 3/2, +3 = 9/2

$${}^{41}_{56}\text{O}6.97 + {}^8_{18}\text{O}^{0.20\%}_{+0.157} = {}^{49}_{115}\text{In} (9/2)^{4.41 \text{ E } 14 \text{ лет } 95,7\% \beta}$$

$$\mu = p / k + \underline{l} = 2,79/1,04 + 3_{\text{опб.}} = 5,54$$

Рис. 2.219. ${}^{49}_{115}\text{In}$. (${}^{41}_{24}\text{O}6.65$)

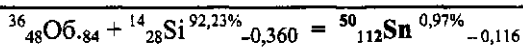
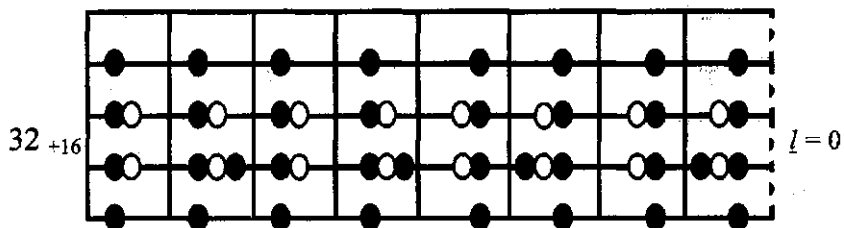


Рис. 2.220. ${}^{50}_{112}\text{Sn}$. (${}^{36}_{16}\text{Об}$. 52)

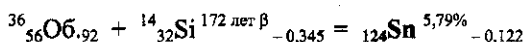
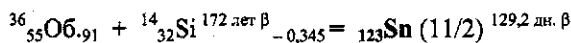
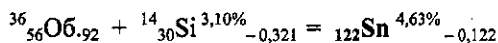
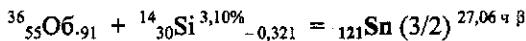
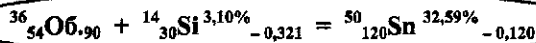
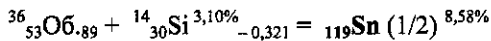
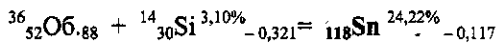
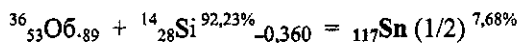
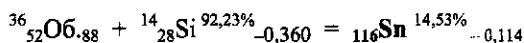
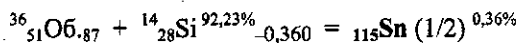
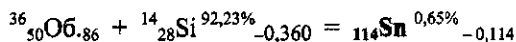
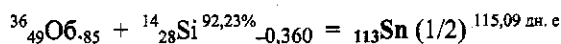
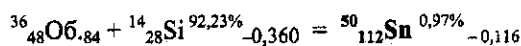
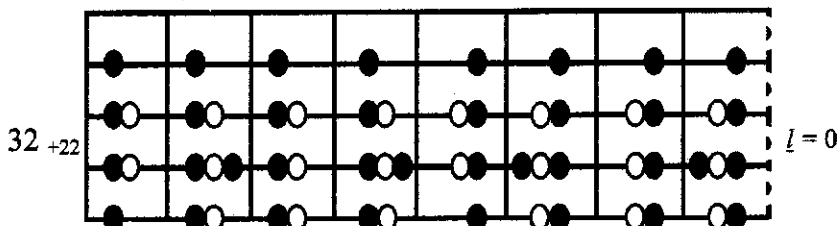
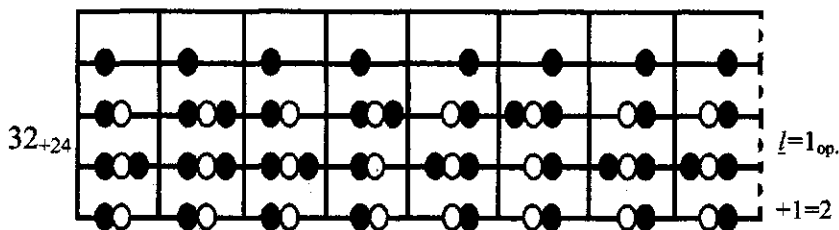
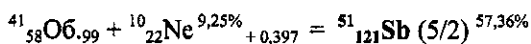


Рис. 2.221. ${}^{50}_{120}\text{Sn}$. (${}^{36}_{22}\text{Об. 58}$)



+0 +1/2 +0 +1 -0 -1 -0 -0 = 1/2, +2 = 5/2



$$\mu = (2n - p) \times k + \underline{l} = (3,82 - 2,79) \times 1,32 + 2_{\text{опб.}} = 3,36$$

Рис. 2.222. ${}^{51}_{121}\text{Sb}$. (${}^{41}_{24}\text{Об. 65}$)

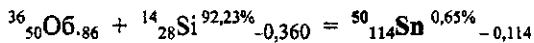
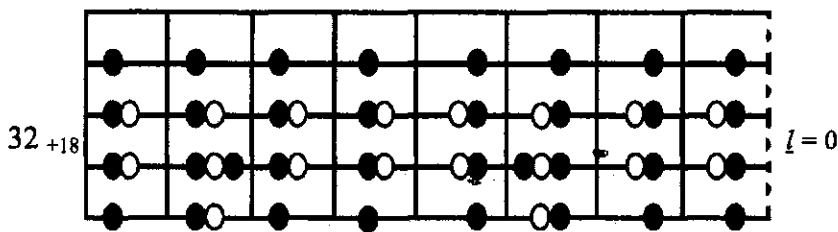
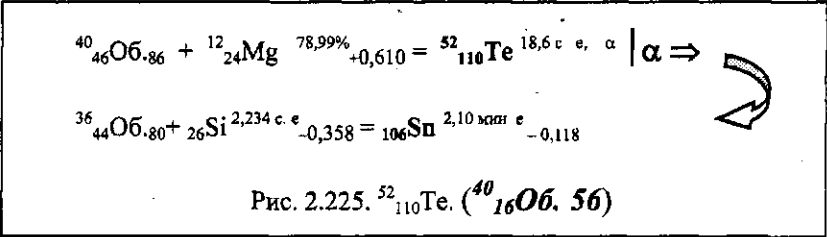
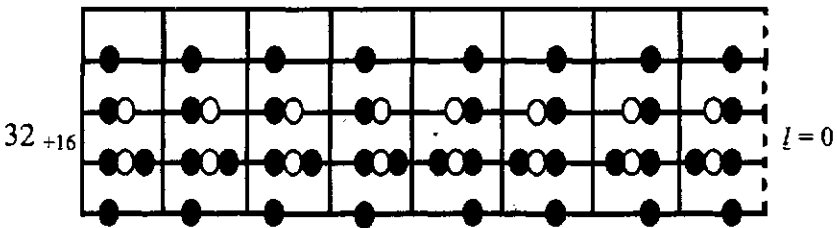
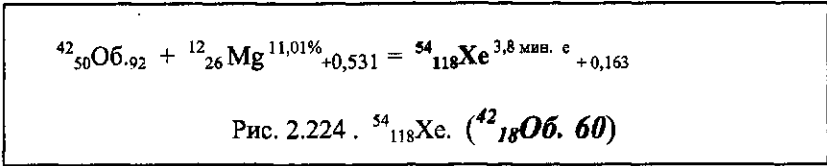
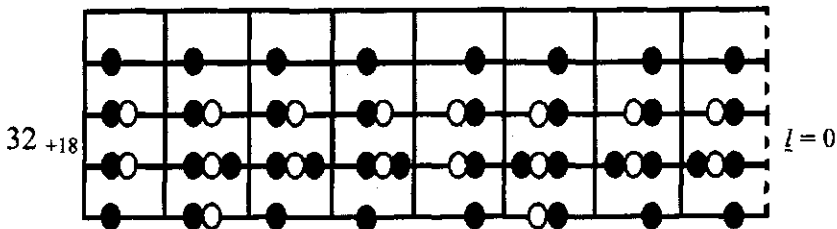


Рис. 2.223. ${}^{50}_{114}\text{Sn}$. (${}^{36}_{18}\text{Об. 54}$)



Квазиоболочка $8 \begin{matrix} Z=42-47 \\ A=100-119 \end{matrix}$ | Ядра $\begin{matrix} Z=51-68 \\ A=120-164 \end{matrix}$

Sb, Te, J, Xe, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Er

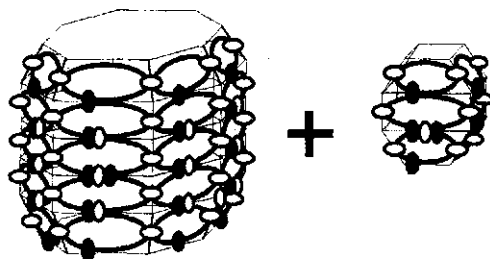


Рис. 2.226. Восьмисторонняя пятирусная оболочка и каркас кластера из второй группы.

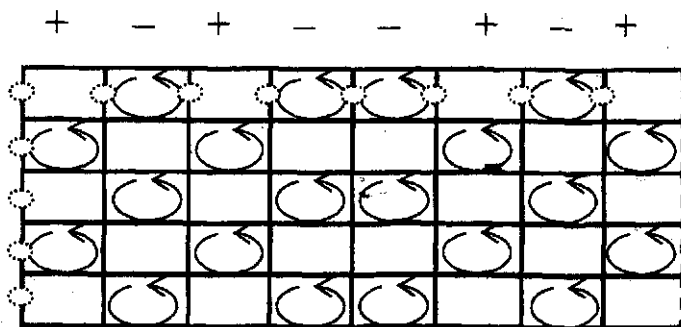
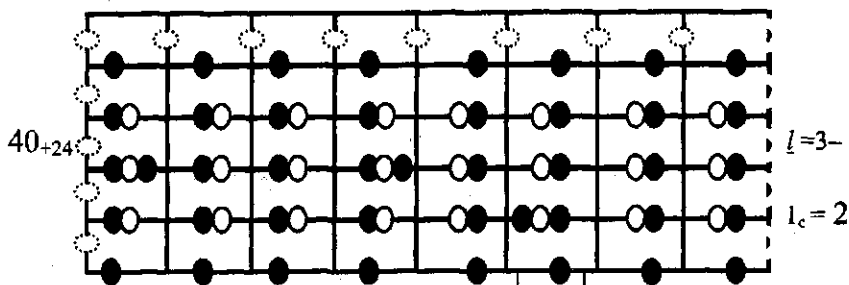
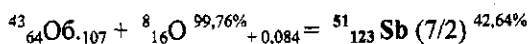


Рис. 2.227. Сочетание поляризаций ядерных связей в пятирусной восьмиугольной конфигурации.



$$+1/2 \quad +0 \quad +0 \quad +1/2 \quad -0 \quad +1/2 \quad -0 \quad -0 = 3/2, +2 = 7/2$$



$$\mu = (2n - p) \times k + \underline{l} = (3,82 - 2,79) \times 1,32 + 2_{\text{опб.}} = 3,36$$

Рис. 2.228. ${}^{51}_{123}\text{Sb}$. (${}^{43}_{24}\text{Ob}$. 67)

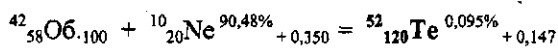
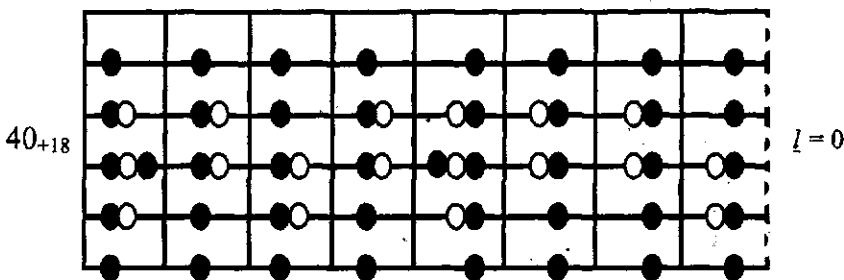


Рис. 2.229. ${}^{52}_{120}\text{Te}$. (${}^{42}_{18}\text{Ob}$. 60)

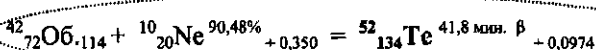
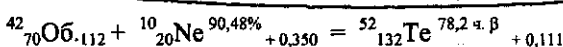
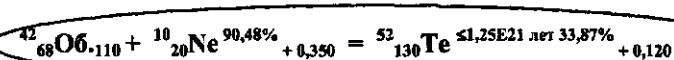
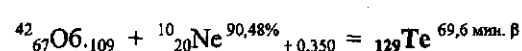
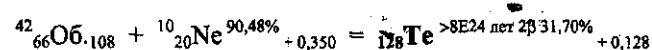
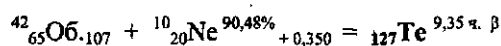
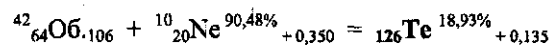
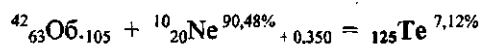
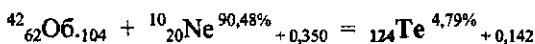
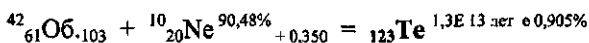
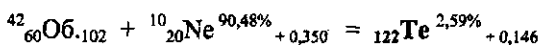
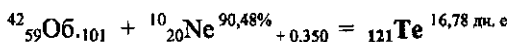
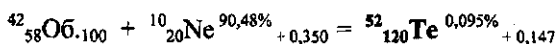
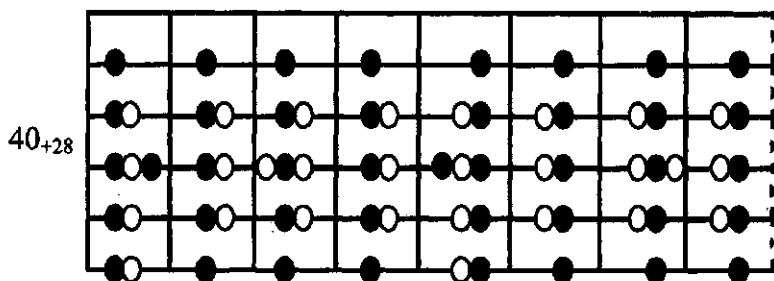


Рис. 2.230. ${}^{52}_{130}\text{Te}$. (${}^{42}_{28}\text{Об. 70}$)

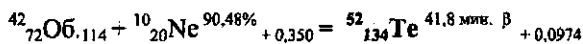
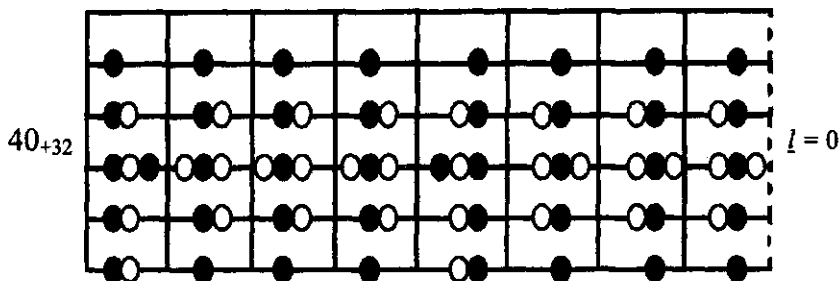
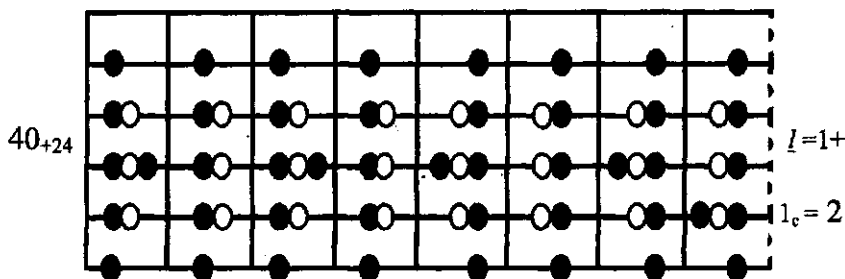
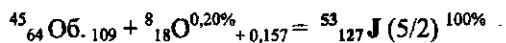


Рис. 2.231. $^{52}_{134}\text{Te}$. ($^{42}_{32}\text{Об.}_{74}$)



$$+1/2 \quad +0 \quad +1/2 \quad +0 \quad -1/2 \quad -0 \quad -1/2 \quad +1/2 = 1/2, +2 = 5/2$$



$$\mu = (2n - p) / k + \underline{l} = (3,82 - 2,79) / 1,29 + 2_{\text{орб.}} = 2,8$$

Рис. 2.232. $^{53}_{127}\text{J}$. ($^{45}_{24}\text{Об.}_{69}$)

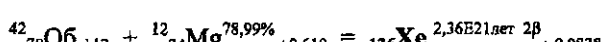
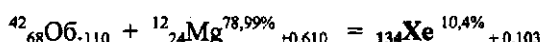
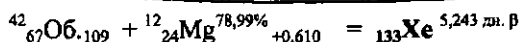
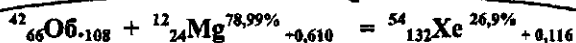
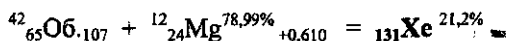
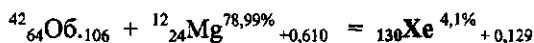
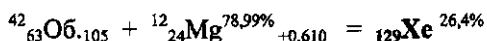
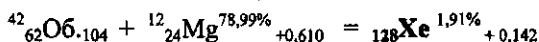
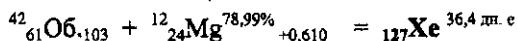
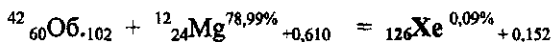
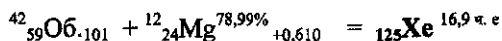
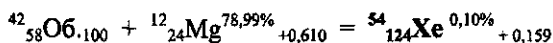
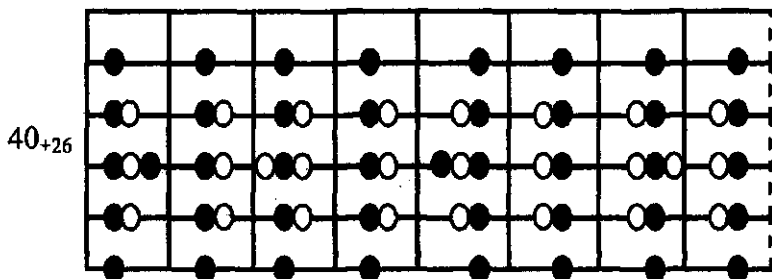
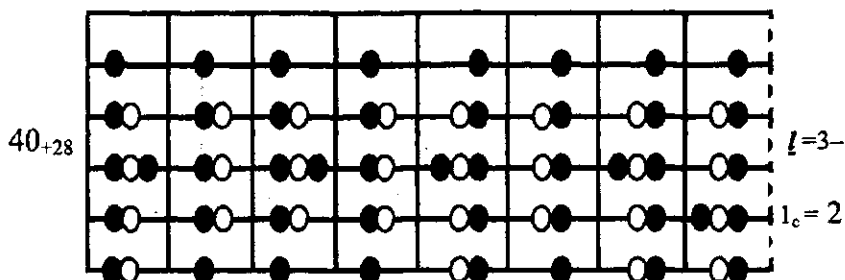
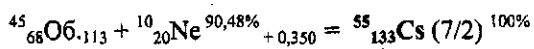


Рис. 2.233. ${}^{54}_{132}\text{Xe}$. (${}^{42}_{26}\text{Ob}_{.68}$)



+1 +0 +1/2 +0 -1 -0 -1 -1 = -3/2, -2 = 7/2



$$\mu = (2n + p) / k + \underline{l} = 6,61/1,44 - 2_{\text{опб.}} = 2,58$$

Рис. 2.234. ${}^{55}_{133}\text{Cs}$. (${}^{45}_{28}\text{Об. 73}$)

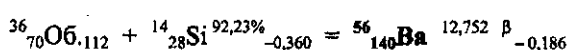
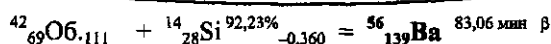
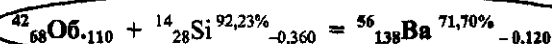
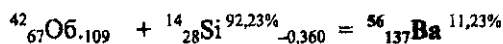
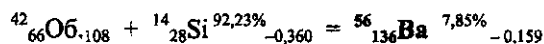
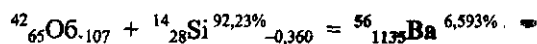
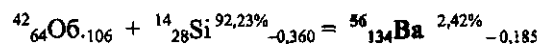
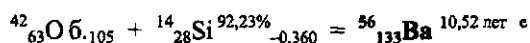
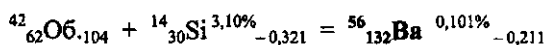
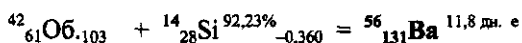
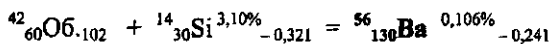
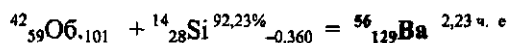
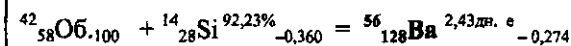
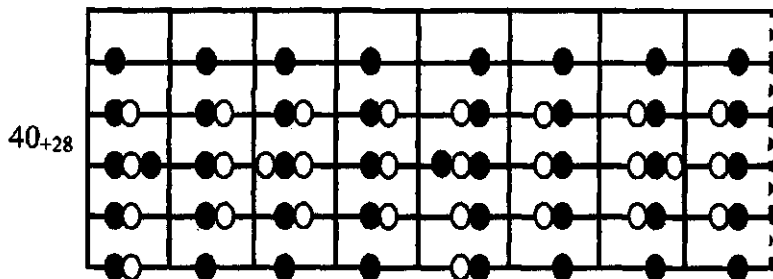
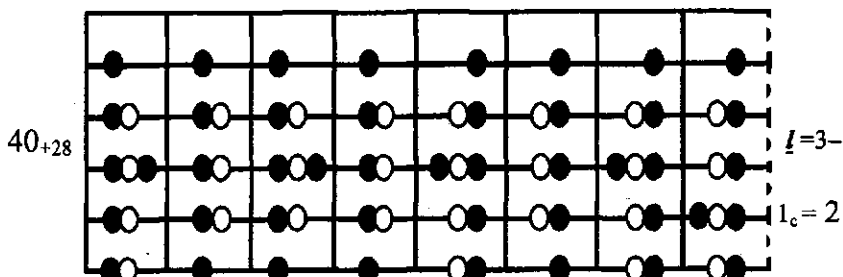
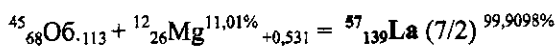


Рис. 2.235. $^{56}_{138}\text{Ba}$. ($^{42}_{28}\text{Об. } 70$)

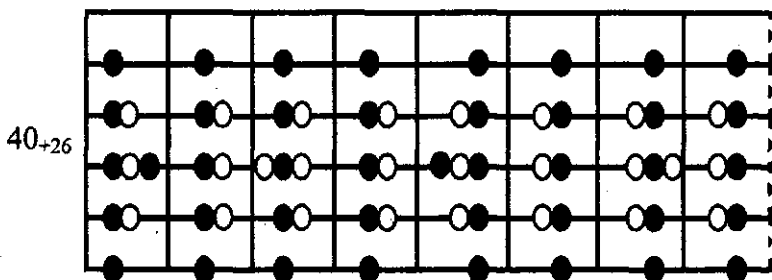


+1/2 +0 +1 +0 -1 -0 -1 -1 = -3/2, -2 = 7/2



$$\mu = (2n + p) / k + \underline{l} = 6,61/1,38 - 2_{\text{оп6.}} = 2,78$$

Рис. 2.236. ${}^{57}_{139}\text{La}$. (${}^{45}_{28}\text{O6}$. 73)



$${}^{42}_{58}\text{Об}_{.100} + {}^{16}_{32}\text{S}^{95,02\%}_{-0,210} = {}^{58}_{132}\text{Ce}^{3,5 \text{ ч. е.}}_{-0,231}$$

$${}^{42}_{59}\text{Об}_{.101} + {}^{16}_{32}\text{S}^{95,02\%}_{-0,210} = {}^{58}_{133}\text{Ce} (1/2)^{4,9 \text{ ч. е.}}$$

$${}^{42}_{60}\text{Об}_{.102} + {}^{16}_{32}\text{S}^{95,02\%}_{-0,210} = {}^{58}_{134}\text{Ce}^{75,9 \text{ ч. е.}}_{-0,206}$$

$${}^{42}_{61}\text{Об}_{.103} + {}^{16}_{32}\text{S}^{95,02\%}_{-0,210} = {}^{58}_{135}\text{Ce} (1/2)^{17,9 \text{ ч. е.}}$$

$${}^{42}_{62}\text{Об}_{.104} + {}^{16}_{32}\text{S}^{95,02\%}_{-0,210} = {}^{58}_{136}\text{Ce}^{0,19\%}_{-0,117}$$

$${}^{42}_{63}\text{Об}_{.105} + {}^{16}_{32}\text{S}^{95,02\%}_{-0,210} = {}^{58}_{137}\text{Ce} (3/2)^{9,0 \text{ ч. е.}}$$

$${}^{42}_{64}\text{Об}_{.106} + {}^{16}_{32}\text{S}^{95,02\%}_{-0,210} = {}^{58}_{138}\text{Ce}^{0,25\%}_{-0,148}$$

$${}^{42}_{65}\text{Об}_{.107} + {}^{16}_{32}\text{S} = {}^{58}_{139}\text{Ce} (11/2)^{137,640 \text{ дн. е.}}$$

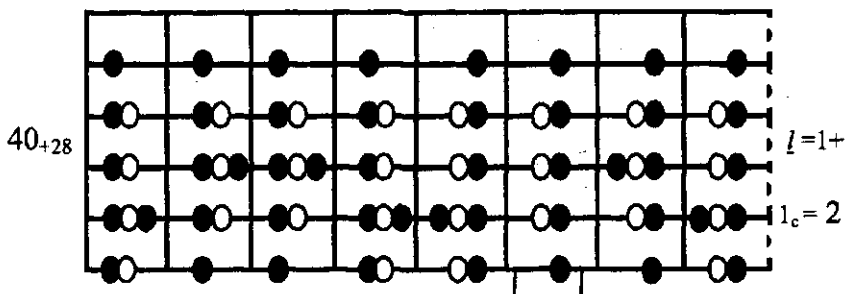
$${}^{42}_{66}\text{Об}_{.108} + {}^{16}_{32}\text{S}^{95,02\%}_{-0,210} = {}^{58}_{140}\text{Ce}^{88,43\%}_{-0,104}$$

$${}^{42}_{67}\text{Об}_{.109} + {}^{16}_{32}\text{S}^{95,02\%}_{-0,210} = {}^{58}_{141}\text{Ce} (11/2)^{32,501 \text{ дн. в.}}$$

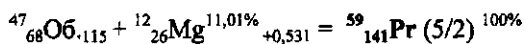
$${}^{42}_{68}\text{Об}_{.110} + {}^{16}_{32}\text{S}^{95,02\%}_{-0,210} = {}^{58}_{142}\text{Ce}^{>5 \text{ E } 16 \text{ лет } 11,13\%}_{-0,164}$$

$${}^{42}_{70}\text{Об}_{.112} + {}^{16}_{32}\text{S}^{95,02\%}_{-0,210} = {}^{58}_{144}\text{Ce}^{284,893 \text{ дн. в.}}_{-0,209}$$

Рис. 2.237. ${}^{58}_{140}\text{Ce}$. (${}^{42}_{26}\text{Об}_{.68}$)

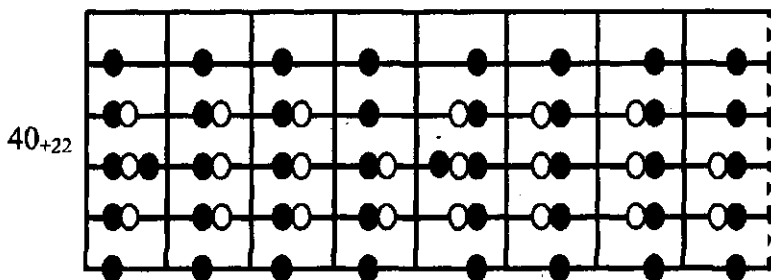


+0 +1/2 +1/2 +0 -0 -0 -1/2 -0 = 1/2, +2 = 5/2



$$\mu = p/k + \underline{l} = 2,79/1,23 + 2_{\text{опб.}} = 4,27$$

Рис. 2.238. ${}^{59}_{141}\text{Pr}$. (${}^{47}_{28}\text{Об. 75}$)



+1/2 +0 +0 +1/2 -1/2 -0 -0 -1/2 = 0

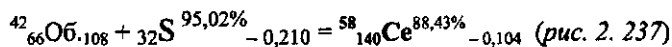


Рис. 2.239. ${}^{60}_{144}\text{Nd}$. (${}^{42}_{22}\text{Об. 64}$)

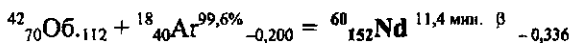
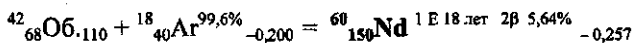
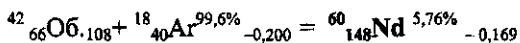
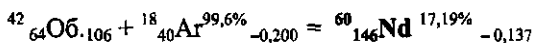
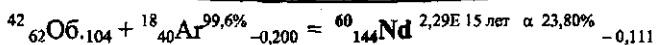
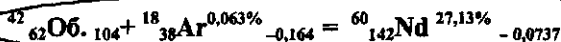
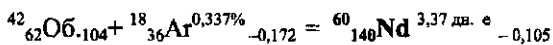
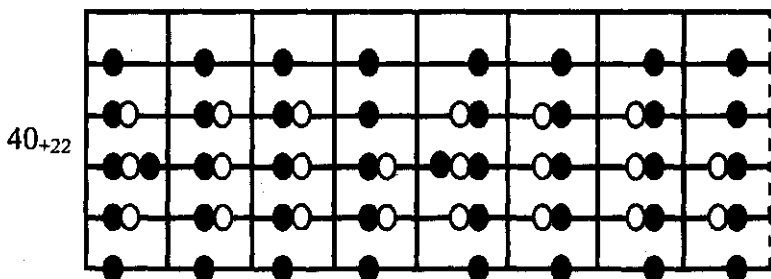
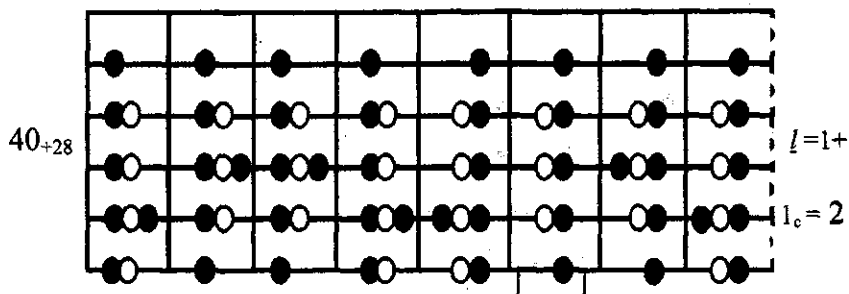
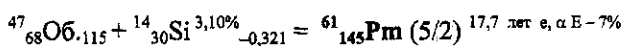


Рис. 2.240. $^{60}_{142}\text{Nd}$. ($^{42}_{22}\text{Ob}_{.64}$)

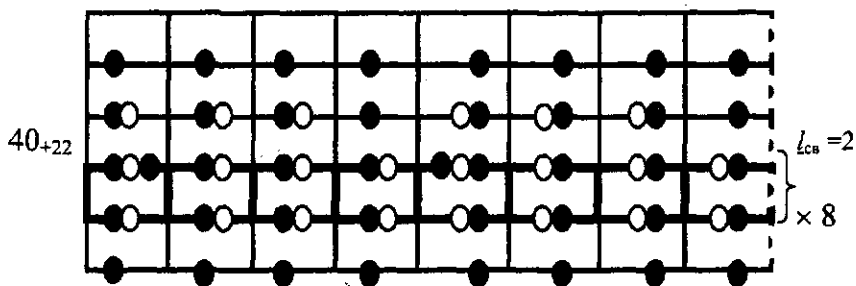


+0 +1/2 +1/2 +0 -0 -0 -1/2 -0 = 1/2, +2 = 5/2



$\mu^* = p / k + \underline{l} = 2,79/1,2 + 2_{\text{опб.}} = 4,3$

Рис. 2.241. $^{61}_{145}\text{Pm}$. ($^{47}_{28}\text{Ob}$. 75)



+1/2 +0 +0 +1/2 -1/2 -0 -0 -1/2 = 0

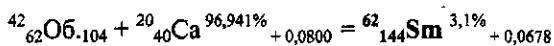
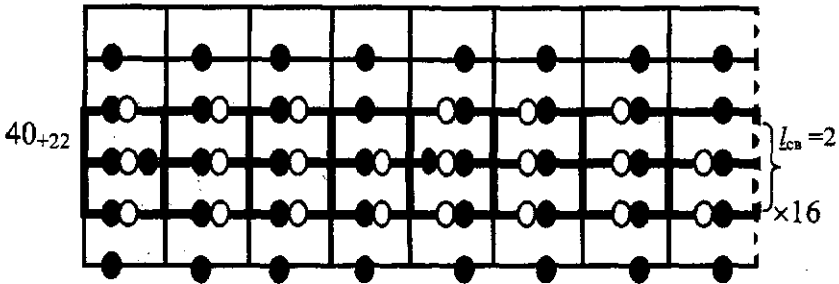


Рис. 2.242. $^{62}_{144}\text{Sm}$. ($^{42}_{22}\text{Ob}$. 64)



+1/2 +0 +0 +1/2 -1/2 -0 -0 -1/2 = 0

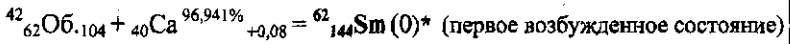
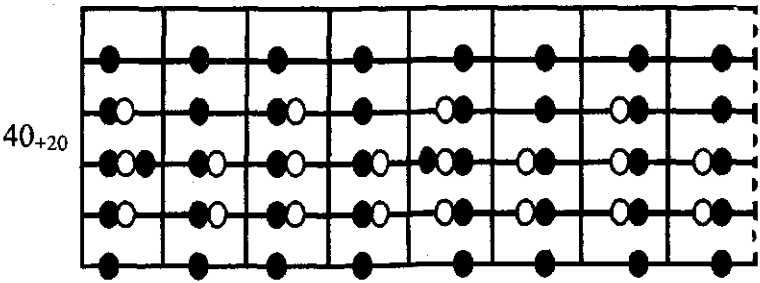


Рис. 2.243. $^{62}_{144}\text{Sm}.$ ($^{42}_{22}\text{Об. 64}$)



+1/2 +1/2 +0 +1/2 -1/2 -1/2 -0 -1/2 = 0

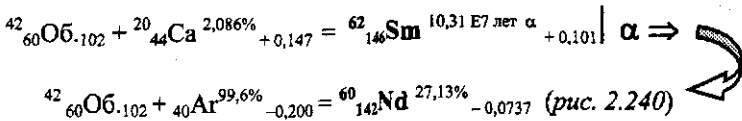
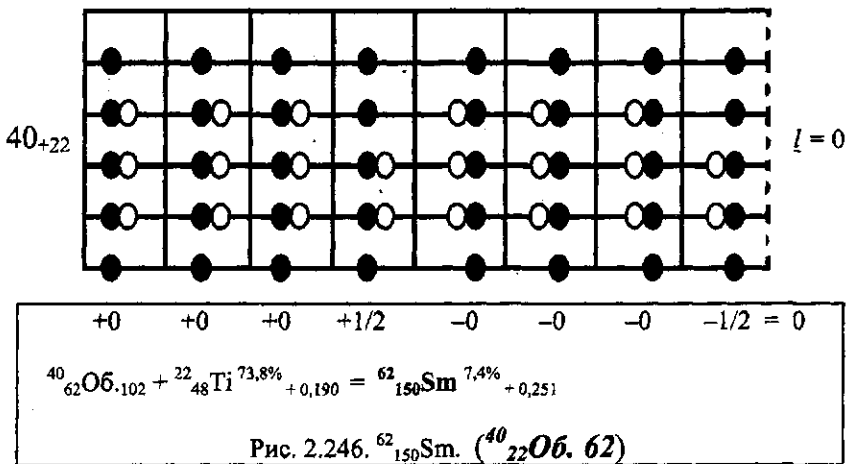
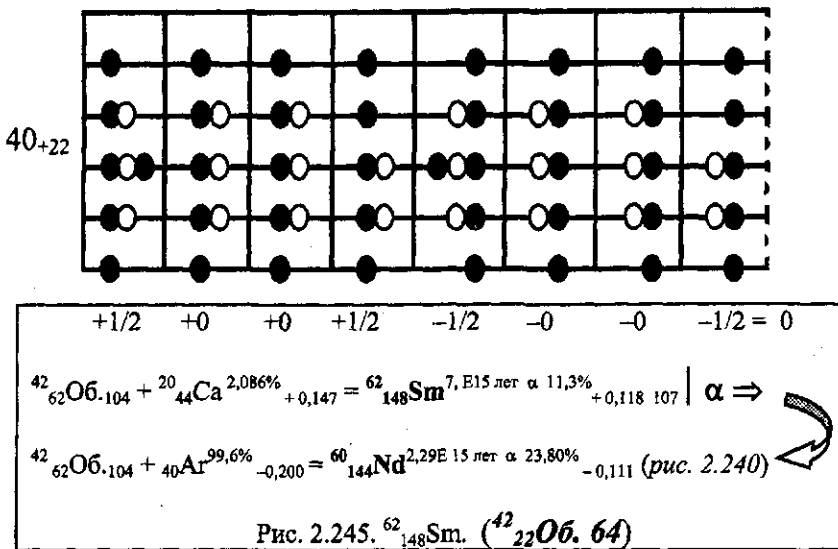
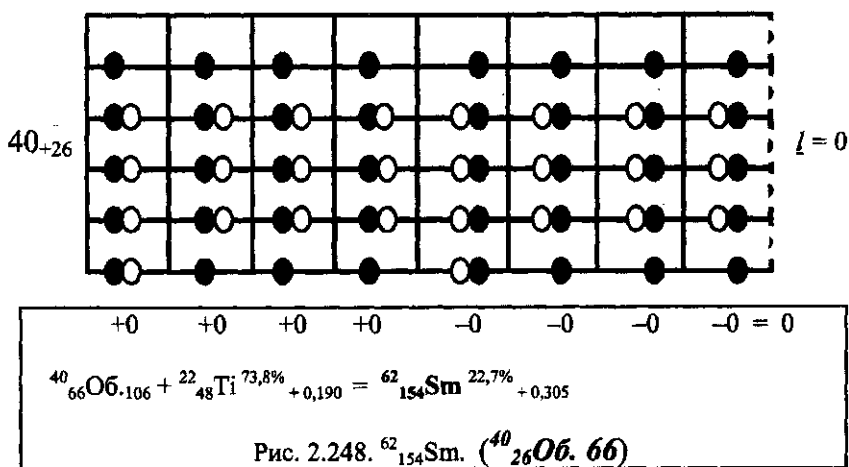
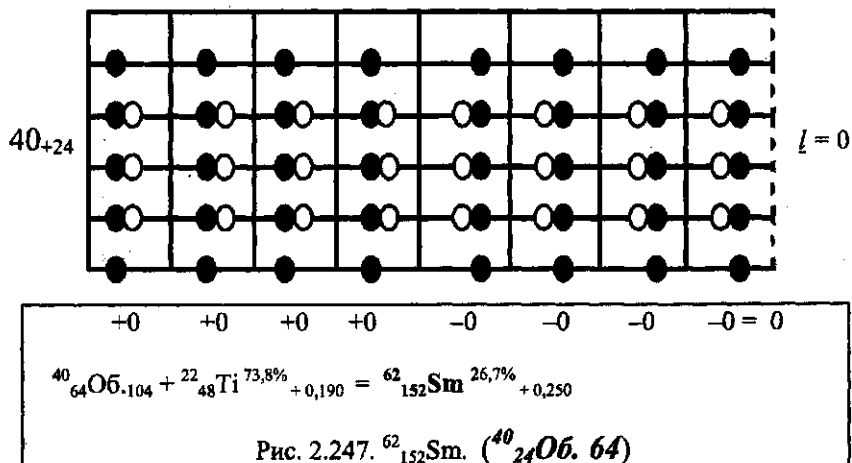
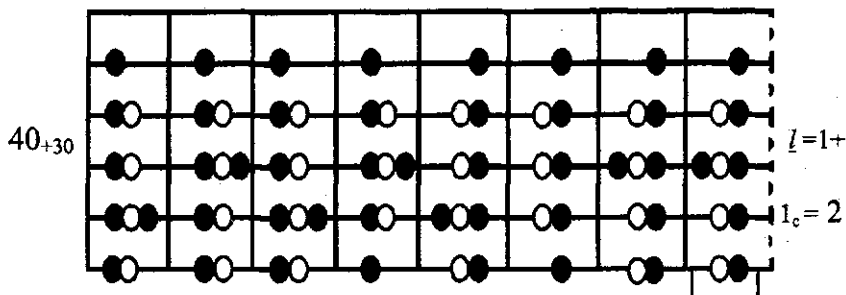


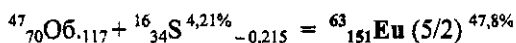
Рис. 2.244. $^{62}_{146}\text{Sm}.$ ($^{42}_{20}\text{Об. 62}$)





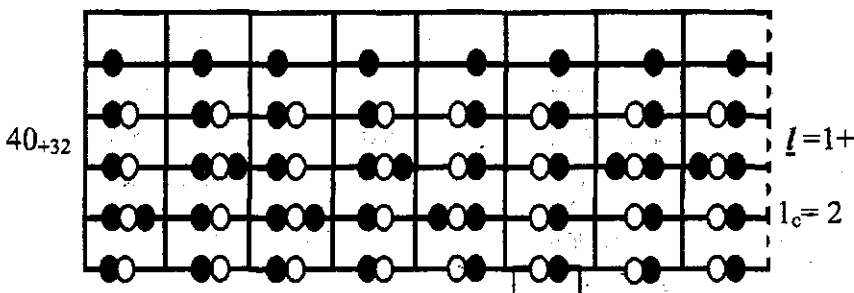


+0 +1 +0 +1/2 -0 -0 -1 -1 = -1/2, -2 = 5/2

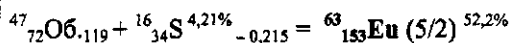


$$\mu = (2n + p) / k + \underline{l} = 6,61/1,33 - 2_{\text{опб.}} = 3,47$$

Рис. 2.249. ${}^{63}_{151}\text{Er}$. (${}^{47}_{30}\text{Об. 77}$)

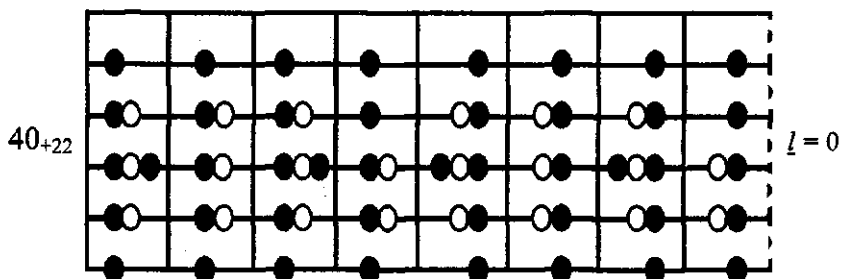


+0 +1 +0 +1 -0 -1/2 -1 -1 = -1/2, -2 = 5/2



$$\mu = p \times k + \underline{l} = 2,79 \times 1,27 - 2_{\text{опб.}} = 1,54$$

Рис. 2.250. ${}^{63}_{153}\text{Er}$. (${}^{47}_{32}\text{Об. 79}$)



+1/2 +0 +1/2 +1/2 -1/2 -0 -1/2 -1/2 = 0

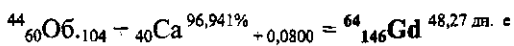
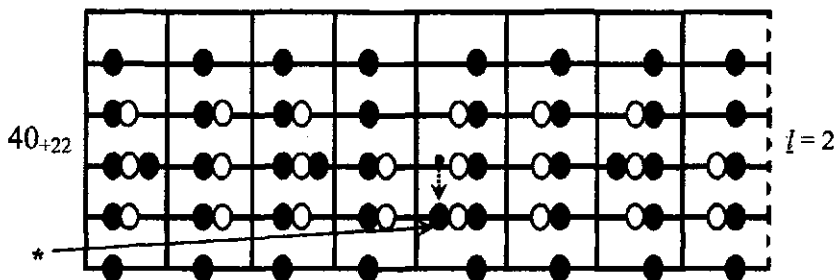


Рис. 2.251. ${}^{64}_{146}\text{Gd}$. (${}^{44}_{22}\text{Об. 66}$)



+1/2 +0 +1/2 +1/2 +1/2 -0 -1/2 -1/2 = 1, +2 = 3

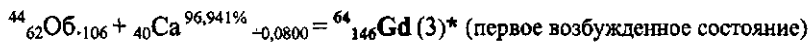
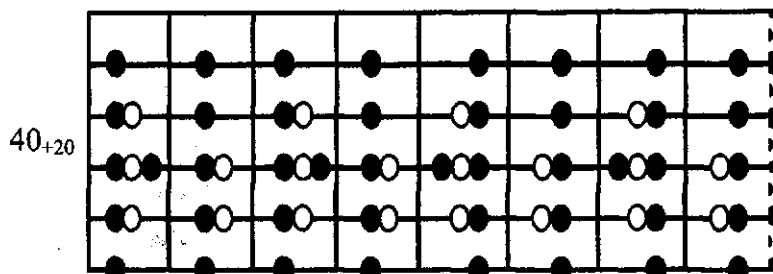


Рис. 2.252. ${}^{64}_{146}\text{Gd}^*$



$$+1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 = 0$$

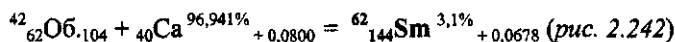
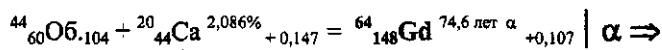
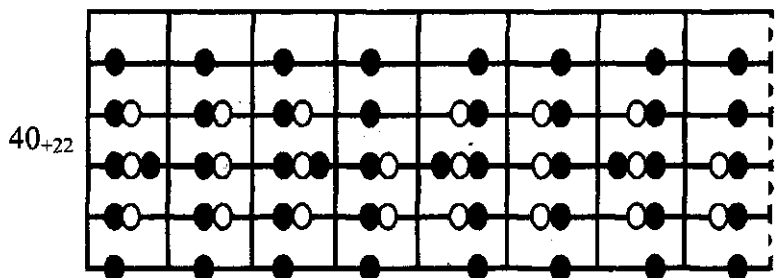


Рис. 2.253. ${}^{64}_{148}\text{Gd}$. (${}^{44}_{20}\text{Ob. 64}$)



$$+1/2 \quad +0 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -0 \quad -1/2 \quad -1/2 = 0$$

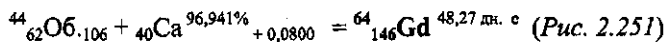
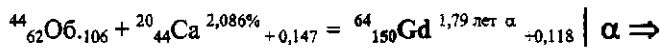
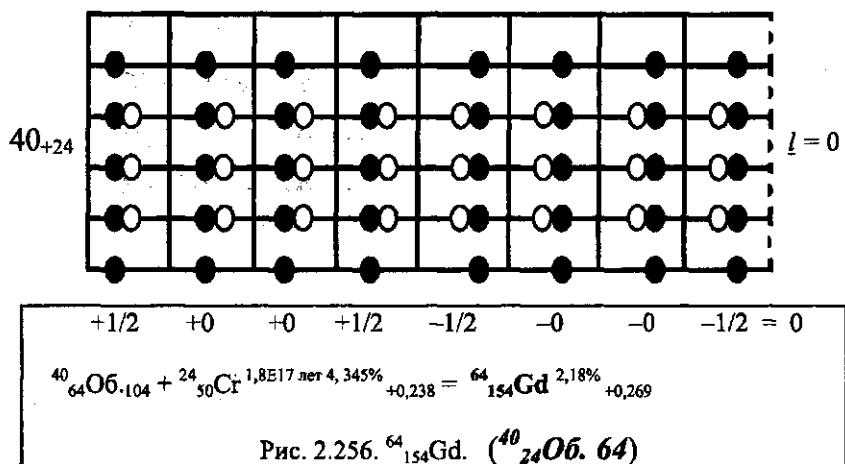
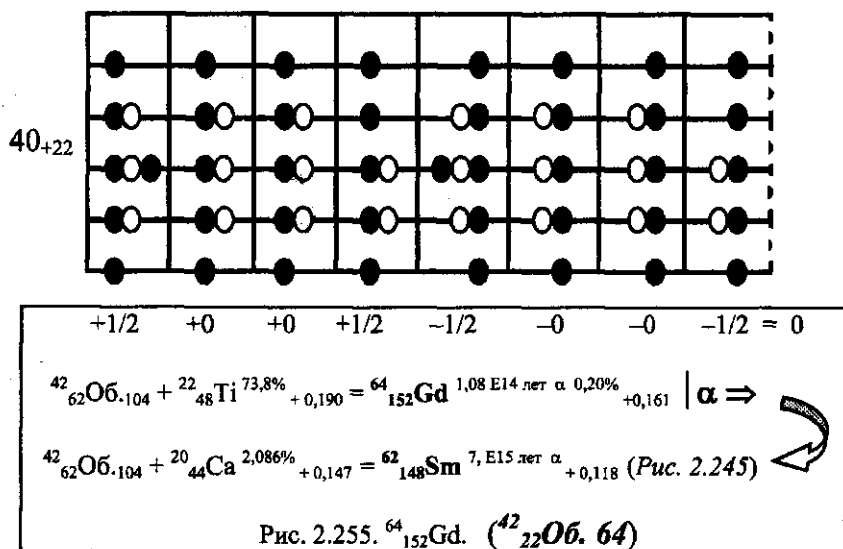
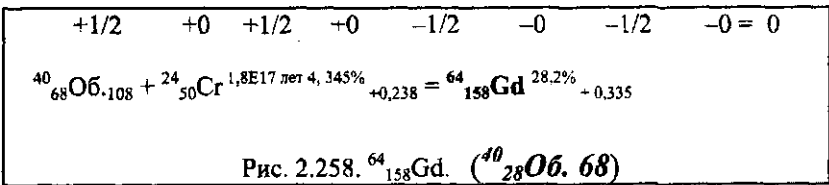
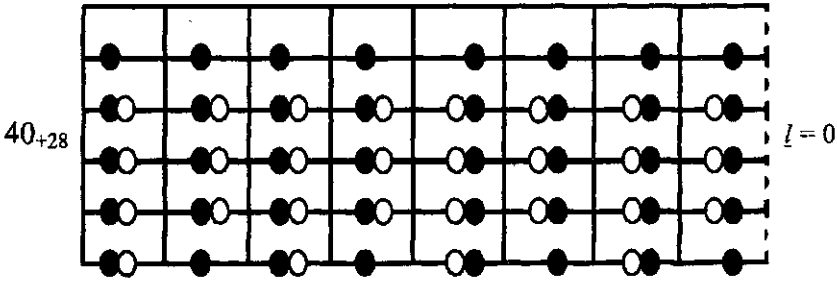
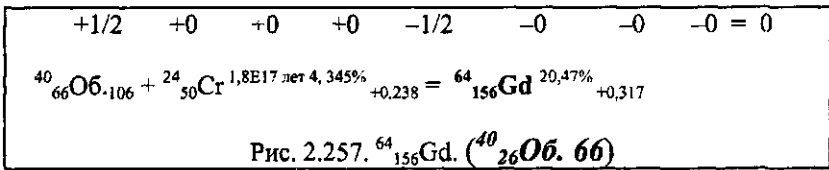
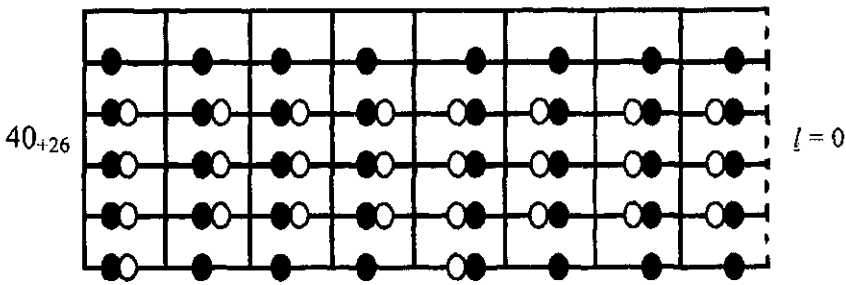
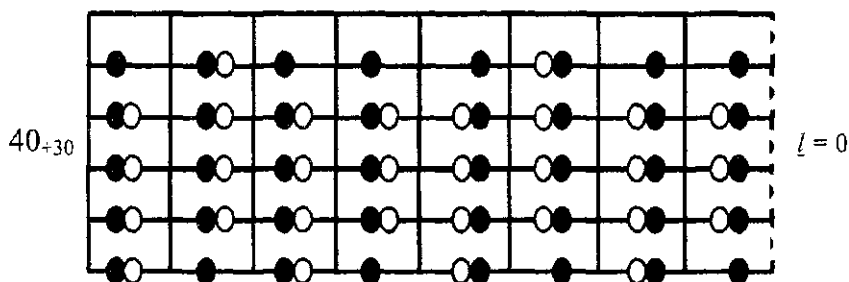


Рис. 2.254. ${}^{64}_{150}\text{Gd}$. (${}^{44}_{22}\text{Ob. 66}$)







$$+1/2 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad +0 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad -0 = 0$$

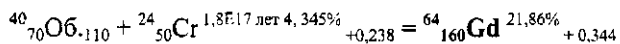
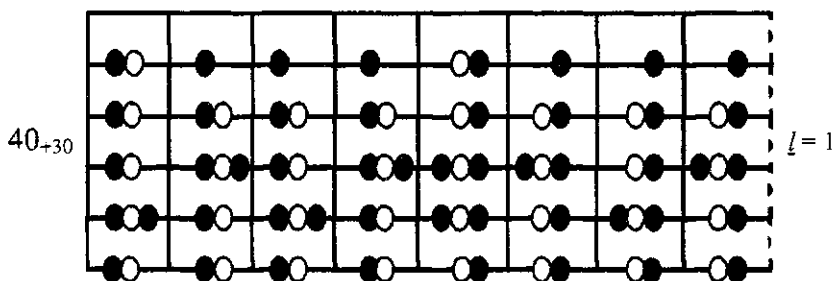
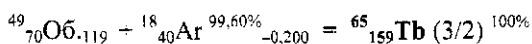


Рис. 2.259. ${}^{64}_{160}\text{Gd. } ({}^{40}_{30}\text{Об. } 70)$

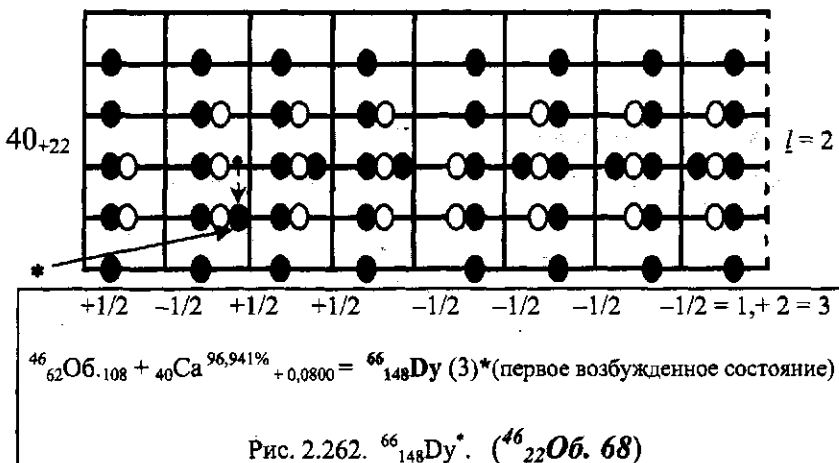
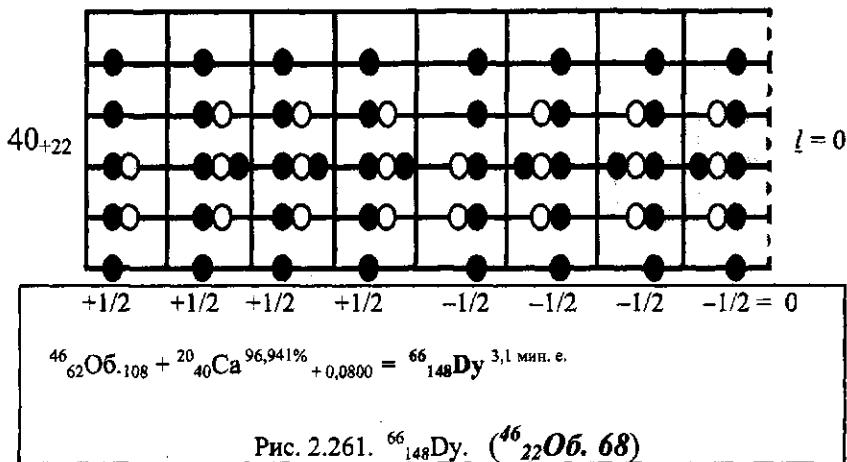


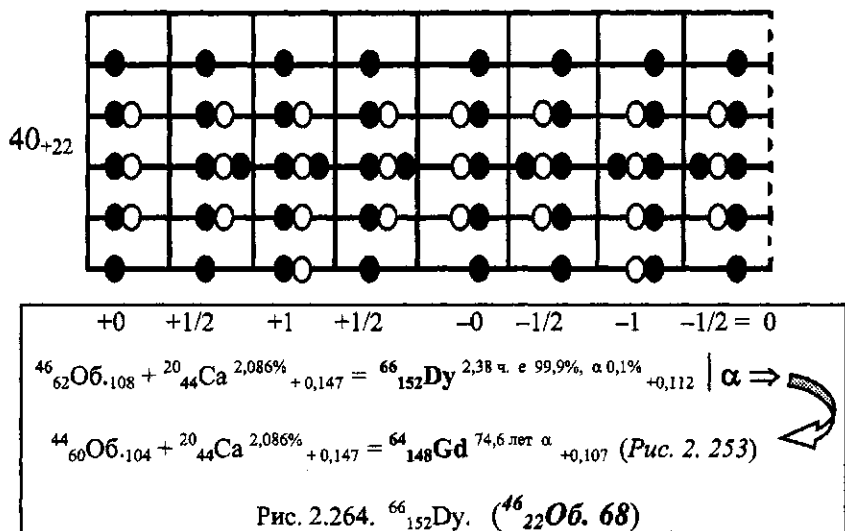
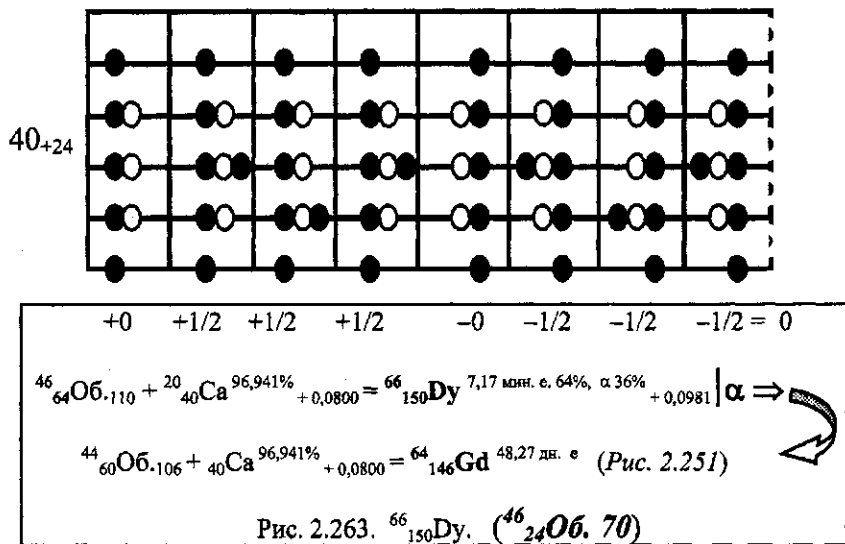
$$-1/2 \quad -1 \quad +0 \quad +1 \quad -1 \quad -1 \quad -0 \quad -1 = -1/2, -1 = 3/2$$

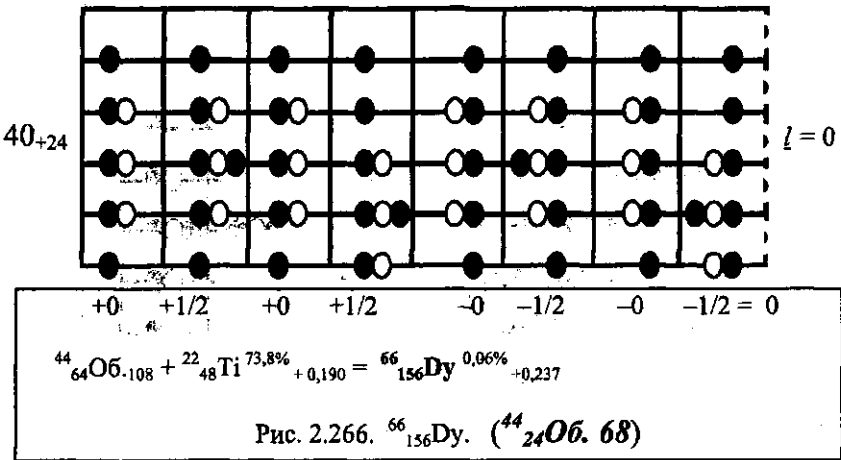
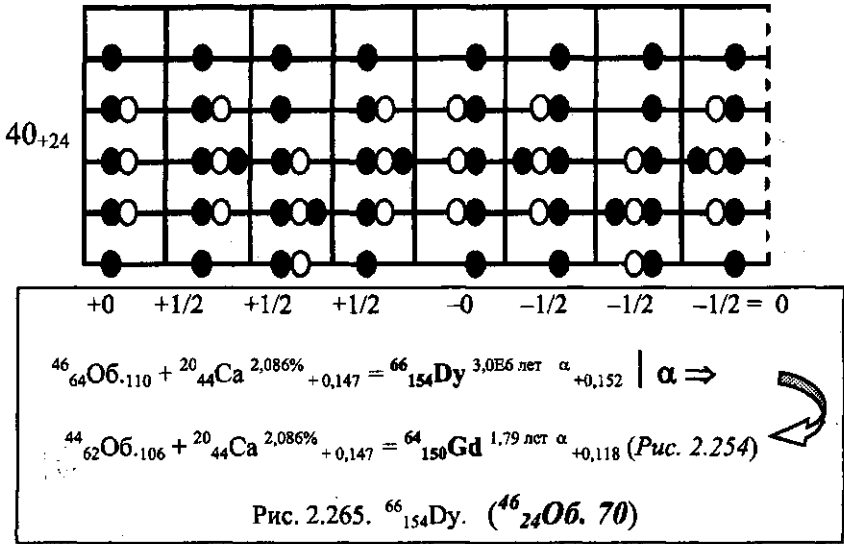


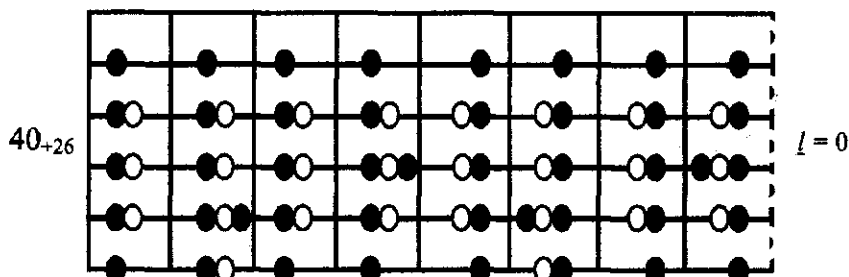
$$\mu = p \times k - \zeta = 2,79 \times 1,04 - 1 \text{ опб.} = 2,01$$

Рис. 2.260. ${}^{65}_{159}\text{Tb. } ({}^{49}_{30}\text{Об. } 79)$









+0 +0 +0 +1/2 -0 -0 -0 -1/2 = 0

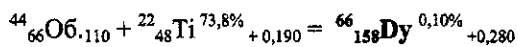
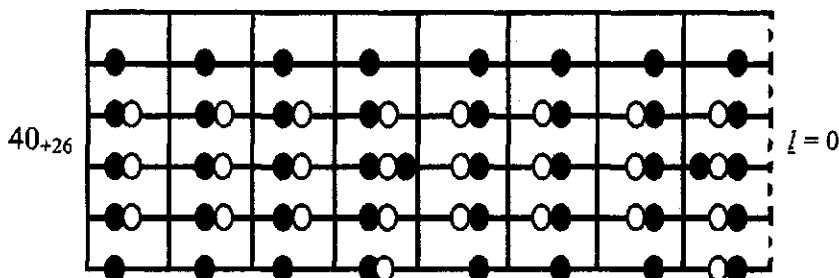


Рис. 2.267. ${}^{66}_{158}\text{Dy}$. (${}^{44}_{26}\text{Об}$. 70)



+0 +0 +0 +1 -0 -0 -0 -1 = 0

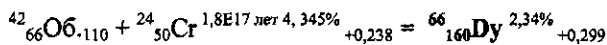
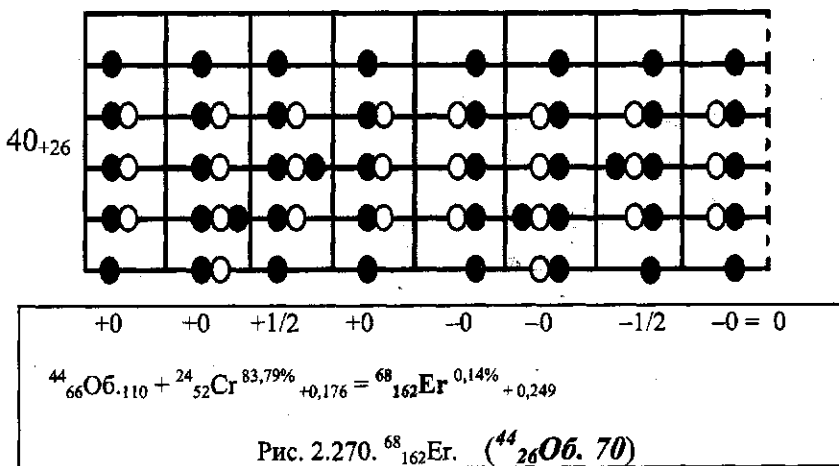
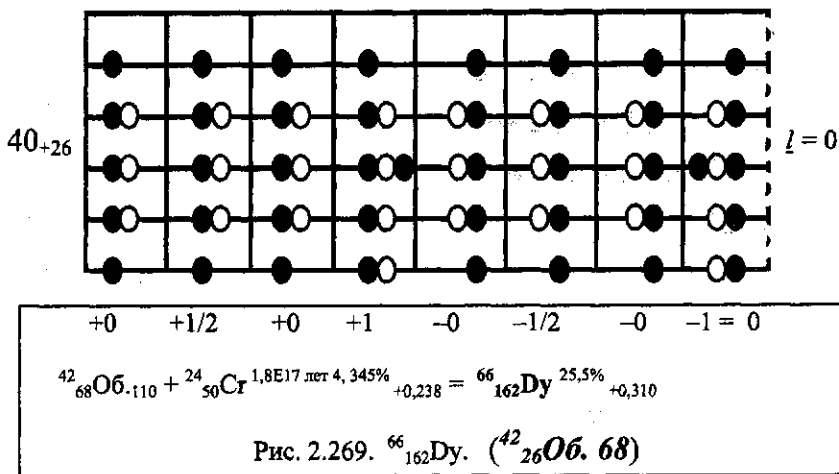
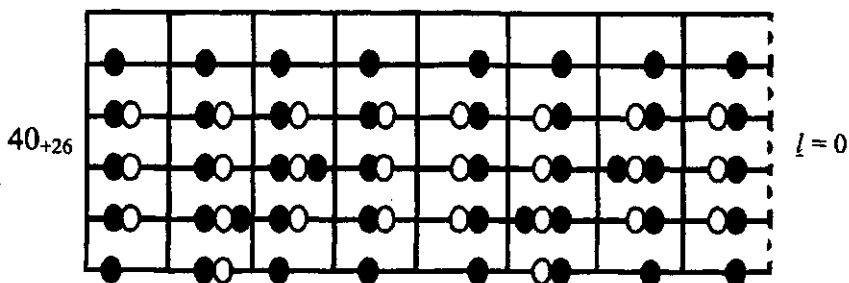


Рис. 2.268. ${}^{66}_{160}\text{Dy}$. (${}^{44}_{28}\text{Об}$. 72)





+0 +0 +1/2 +0 -0 -0 -1/2 -0 = 0

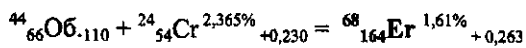
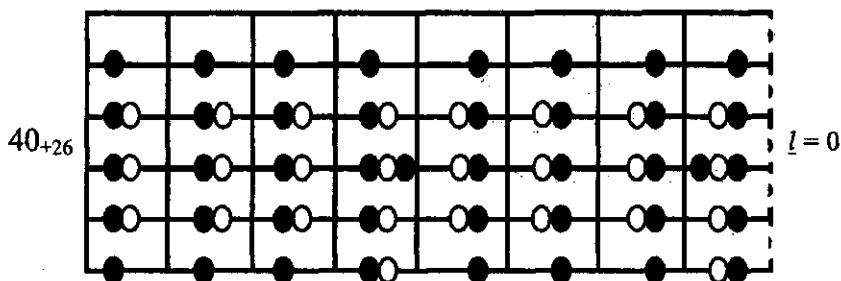


Рис. 2.271. ${}^{68}_{164}\text{Er}$. (${}^{44}_{26}\text{Об.}_{70}$)



+0 +1/2 +0 +1 -0 -1/2 -0 -1 = 0

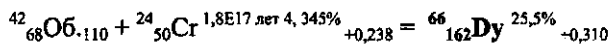
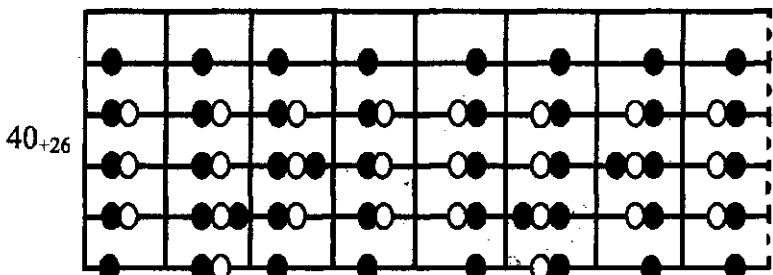


Рис. 2.269. ${}^{66}_{162}\text{Dy}$. (${}^{42}_{26}\text{Об}_{.68}$)



+0 +0 +1/2 +0 -0 -0 -1/2 -0 = 0

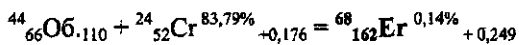
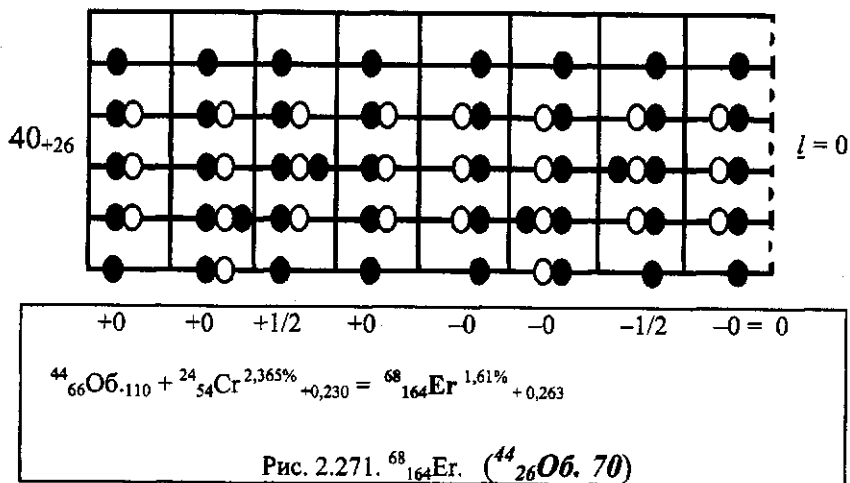


Рис. 2.270. ${}^{68}_{162}\text{Er}$. (${}^{44}_{26}\text{Об}_{.70}$)



Квазиболочка 9 $z = 44 - 50$ | Ядра $Z = 66 - 78$
 $A = 116 - 135$ | $A = 164 - 194$

Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Os, Ir, Pt.

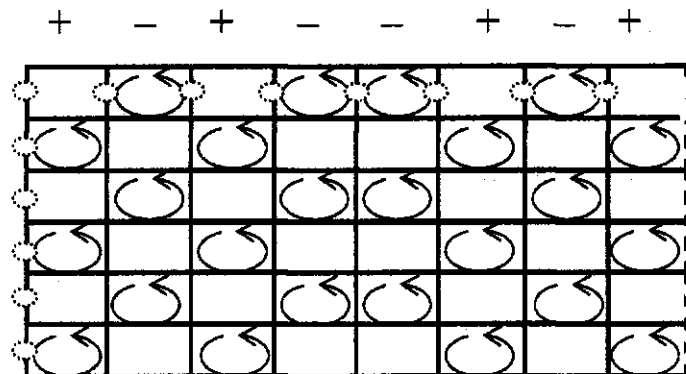
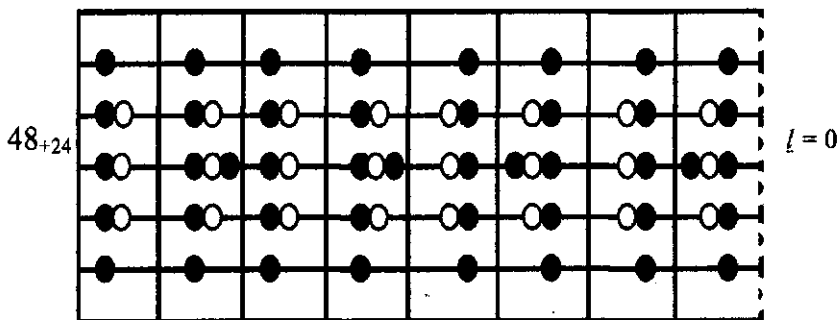


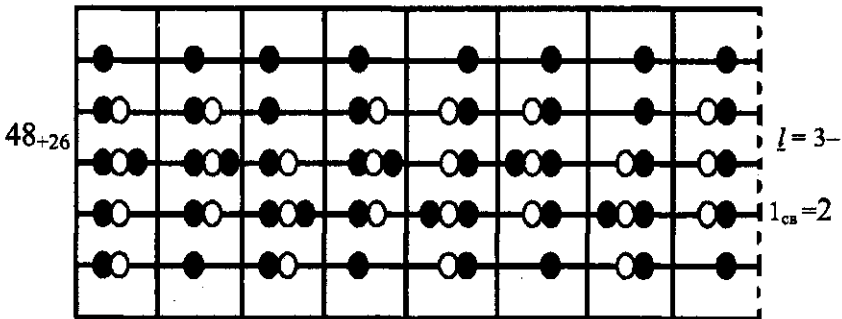
Рис. 2.272. Сочетание поляризаций ядерных связей в шестиярусной конфигурации.



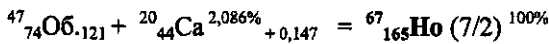
+0 -1/2 +0 -1/2 -0 +1/2 -0 +1/2 = 0

$${}^{44}_{72}\text{Ob}_{.116} + {}^{22}_{48}\text{Ti}_{73,8\%} + {}_{0,190} = {}^{66}_{164}\text{Dy}_{28,2\%} + {}_{0,325}$$

Рис. 2.273. ${}^{66}_{164}\text{Dy}$. (${}^{44}_{24}\text{Ob}$. 68)

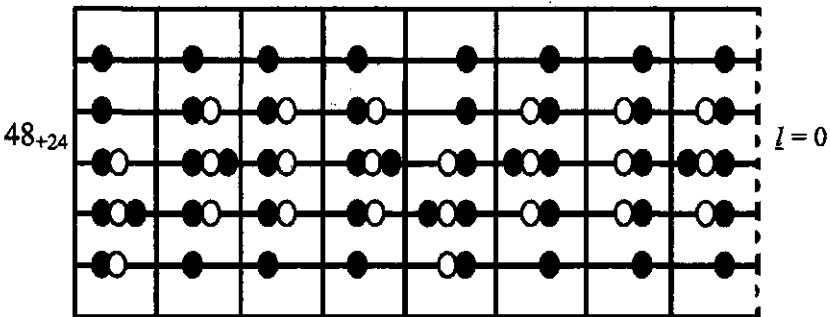


$$+1 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -0 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad +0 = 3/2, +2 = 7/2$$



$$\mu = p/k + \underline{l} = 2,79/1,3 + 2_{\text{опб.}} = 4,14$$

Рис. 2.274. ${}^{67}_{165}\text{Ho}$. (${}^{47}_{26}\text{Ob}$. 73)



$$-1/2 \quad -1/2 \quad +0 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -0 \quad +1/2 = 0$$

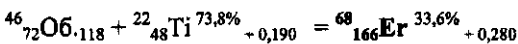
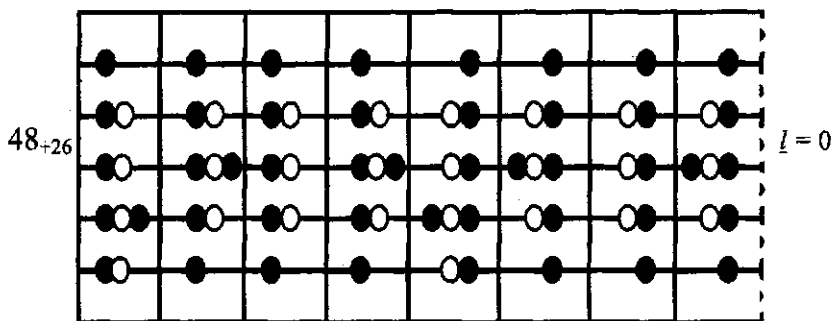


Рис. 2.275. ${}^{68}_{166}\text{Er}$. (${}^{46}_{24}\text{Ob}$. 70)



+0 -1/2 +0 -1/2 -0 +1/2 -0 +1/2 = 0

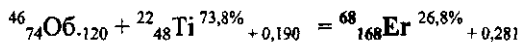
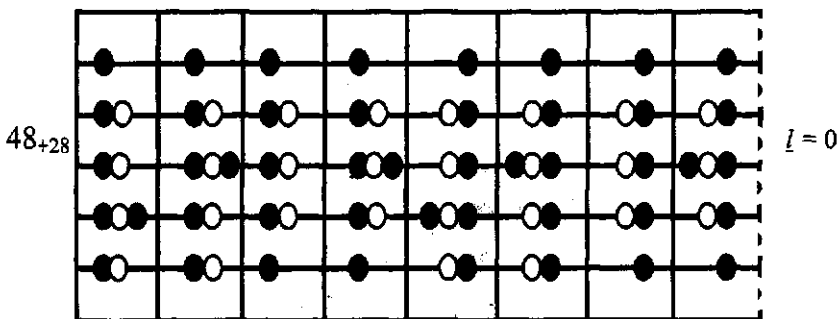


Рис. 2.276. ${}^{68}_{168}\text{Er}$. (${}^{46}_{26}\text{Об. 72}$)



+0 -1 -0 -1/2 -0 +1 +0 +1/2 = 0

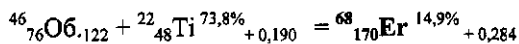
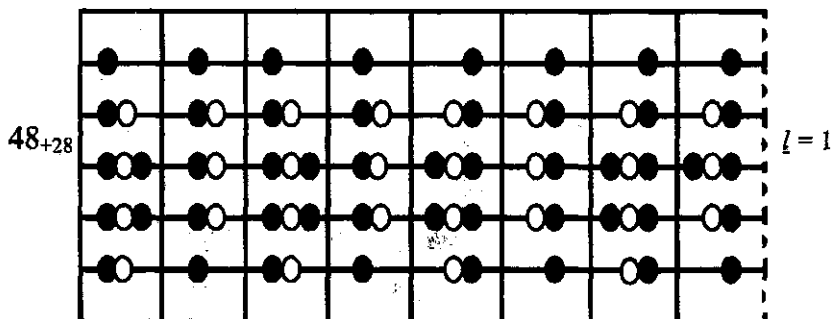
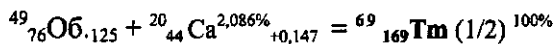


Рис. 2.277. ${}^{68}_{170}\text{Er}$. (${}^{46}_{28}\text{Об. 74}$)

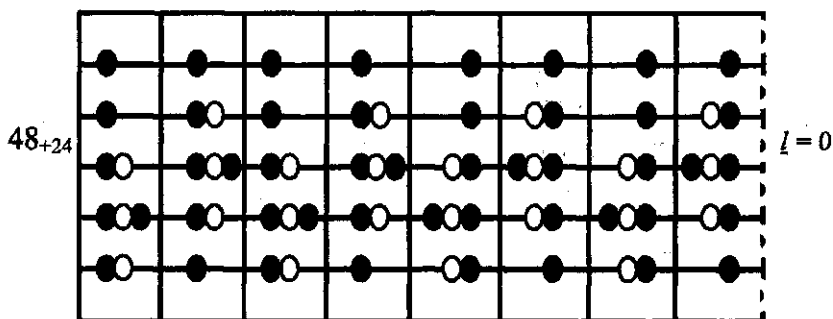


$-1/2 \quad 0 \quad -1/2 \quad 0 \quad +1/2 \quad 0 \quad +1/2 \quad +1/2 = 1/2, -1 = 1/2$



$$\mu = (2n - p) \times k + \underline{l} = 1,03 \times 1,19 - 1_{\text{опб.}} = -0,23$$

Рис. 2.278. ${}^{69}_{169}\text{Tm}$. (${}^{49}_{28}\text{Об. 77}$)



$-1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 = 0$

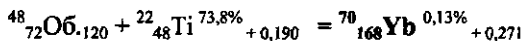
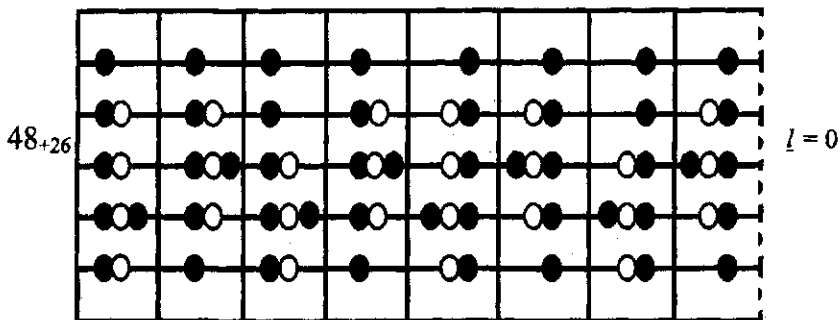


Рис. 2.279. ${}^{70}_{168}\text{Yb}$. (${}^{48}_{24}\text{Об. 72}$)



-0 -1/2 -1/2 -1/2 +0 +1/2 +1/2 +1/2 = 0

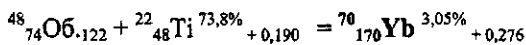
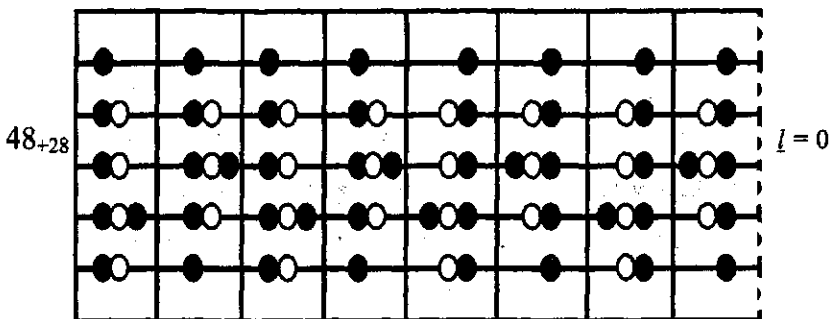


Рис. 2.280. ${}^{70}_{170}\text{Yb}$. (${}^{48}_{26}\text{Ob}$. 74)



-0 -1/2 -0 -1/2 +0 +1/2 +0 +1/2 = 0

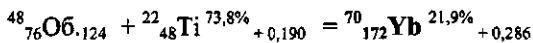
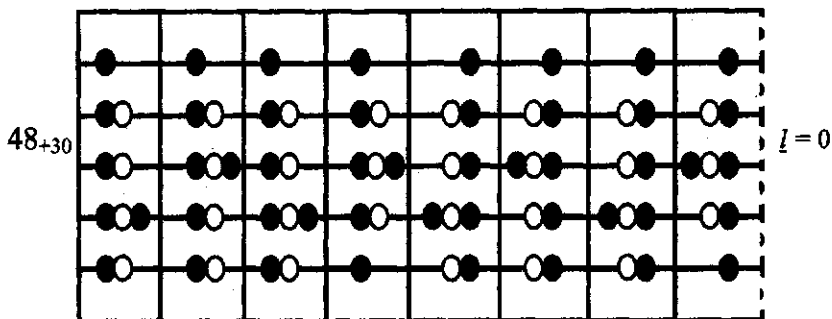


Рис. 2.281. ${}^{70}_{172}\text{Yb}$. (${}^{48}_{28}\text{Ob}$. 76)



-0 -1 -0 -1/2 +0 +1 +0 +1/2 = 0

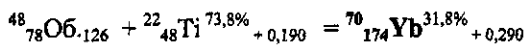
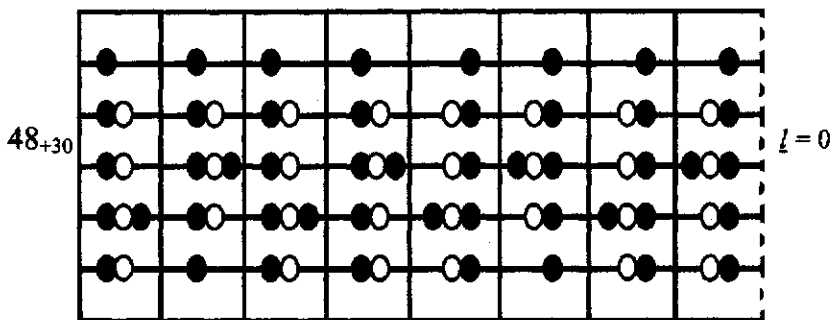


Рис. 2.282. ${}^{70}_{174}\text{Yb}$. (${}^{48}_{30}\text{Об. 78}$)



-0 -1/2 -0 -1 +0 +1/2 +0 +1 = 0

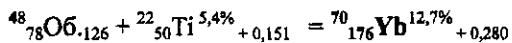
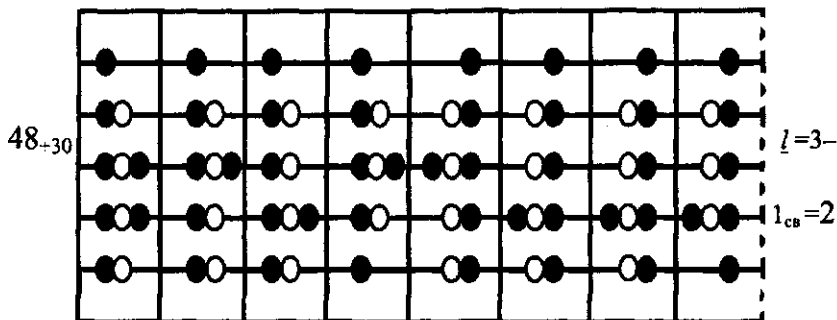


Рис. 2.283. ${}^{70}_{176}\text{Yb}$. (${}^{48}_{30}\text{Об. 78}$)

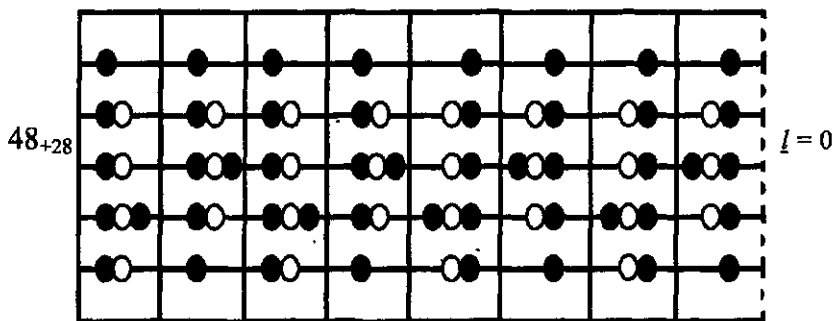


$-1/2 \quad -1 \quad -0 \quad -1/2 \quad +1 \quad +0 \quad -0 \quad -1/2 = -3/2, -2 = 7/2$

$^{49}_{78}\text{Об.}_{127} + ^{22}_{48}\text{Ti}^{73,8\%}_{+0,190} = ^{71}_{175}\text{Lu} (7/2)^{97,41\%}$

$\mu = (2n + p) / k + \underline{l} = 6,67 / 1,58 - 2_{\text{опб.}} = 2,22$

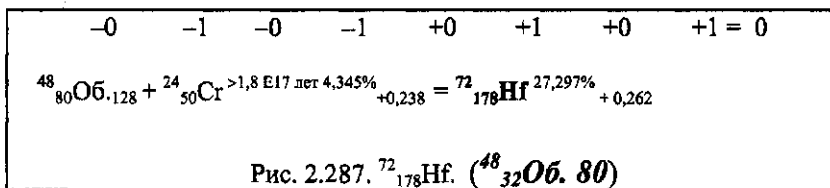
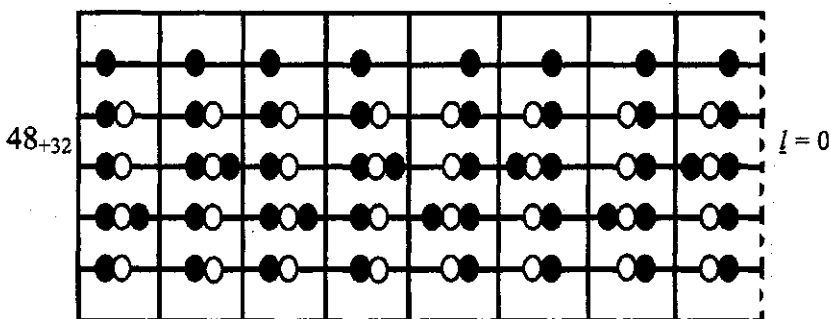
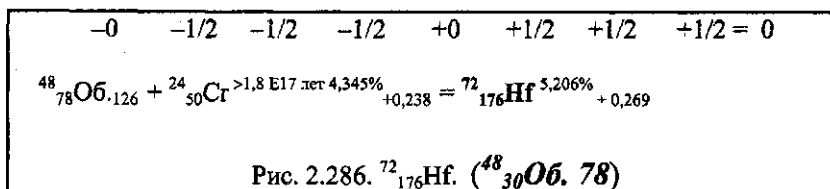
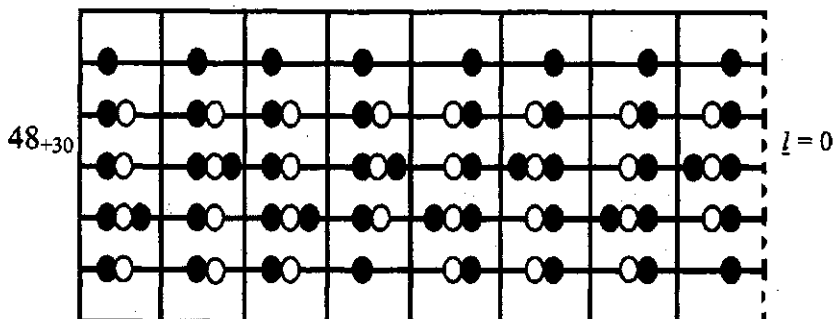
Рис. 2.284. $^{71}_{175}\text{Lu.} (^{49}_{30}\text{Об. } 79)$

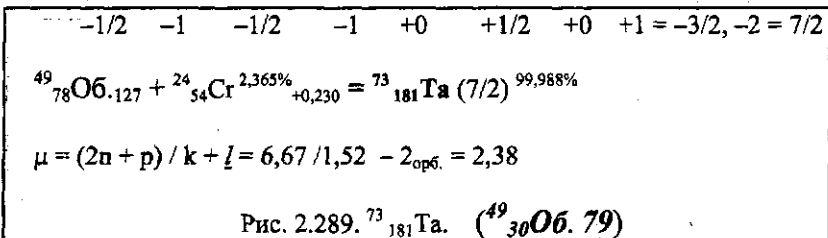
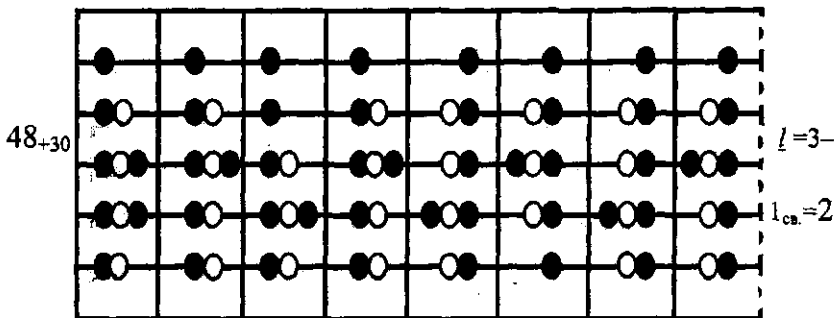
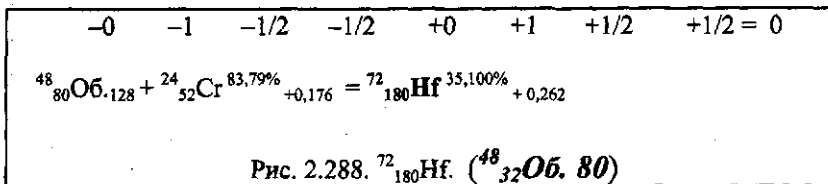
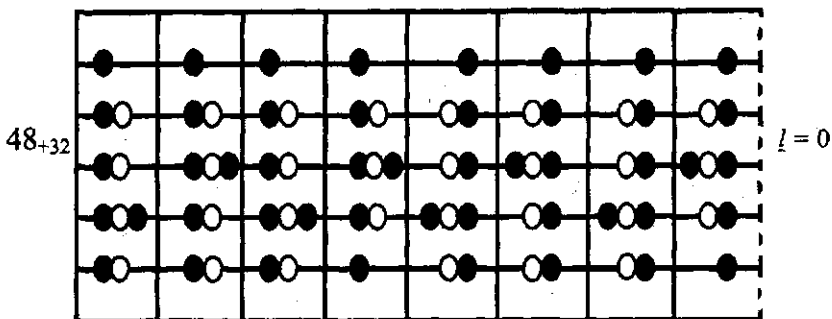


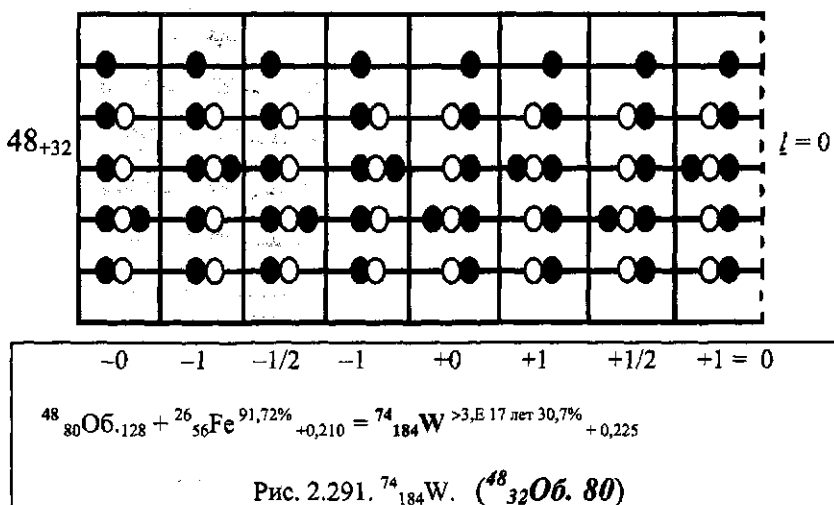
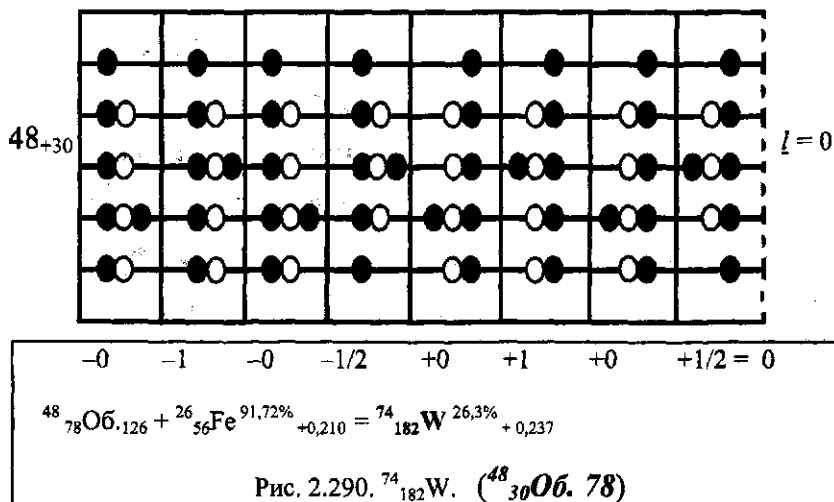
$+0 \quad -1/2 \quad +0 \quad -1/2 \quad -0 \quad +1/2 \quad -0 \quad +1/2 = 0$

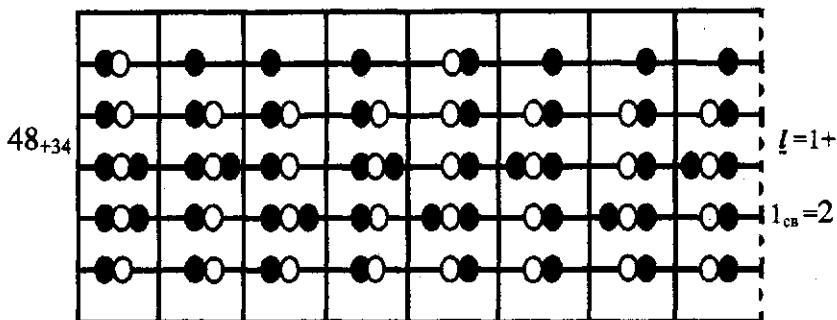
$^{48}_{76}\text{Об.}_{124} + ^{24}_{50}\text{Cr}^{>1,8 \text{ E17 лет } 4,345\%}_{+0,238} = ^{72}_{174}\text{Hf}^{2,0\text{E15лет } 0,162\% \alpha}_{+0,265}$

Рис. 2.285. $^{72}_{174}\text{Hf.} (^{48}_{28}\text{Об. } 76)$







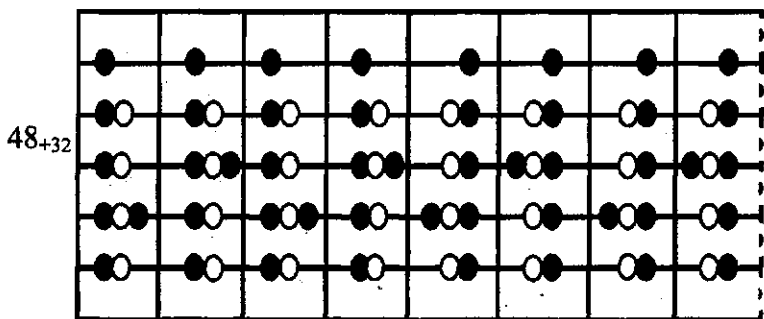


-1 -1 +0 -1 +1/2 +1 -0 +1 = -1/2, -2 = 5/2

$^{49}_{82}\text{Ob}_{.131} + ^{26}_{56}\text{Fe}_{.91,72\%} +_{0,210} = ^{75}_{187}\text{Re} (5/2) \text{ } ^{4,35\text{E}10 \text{ лет } 62,60\% \beta, \alpha < 0,0001\%}$

$\mu = (2n + p) / k + \underline{l} = 6,67 / 1,28 - 2_{\text{орб.}} = 3,21$

Рис. 2.292. $^{75}_{187}\text{Re}$. ($^{49}_{34}\text{Ob}$. 83)

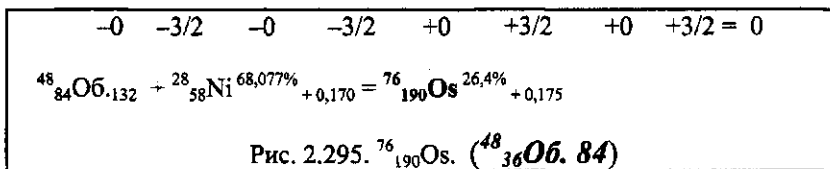
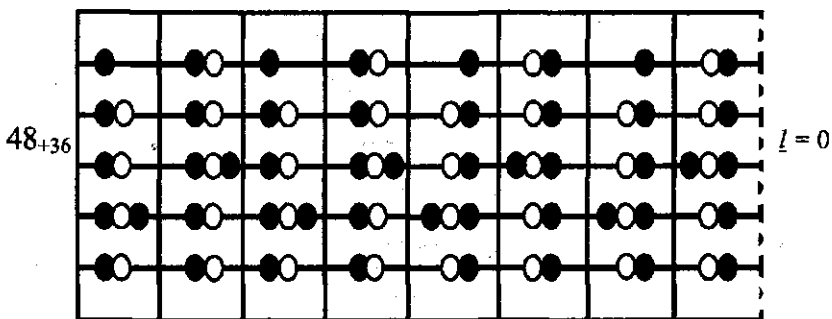
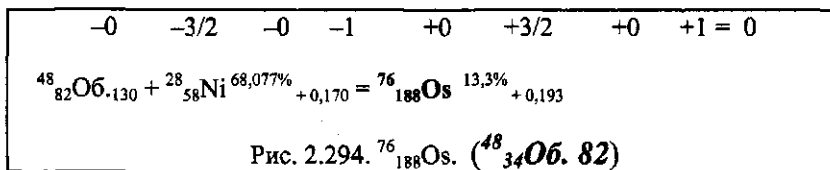
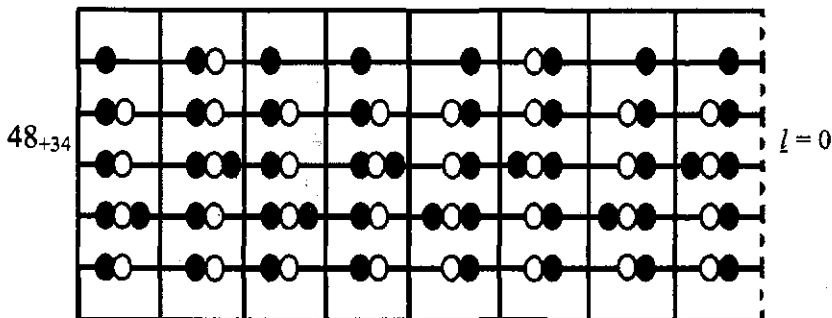


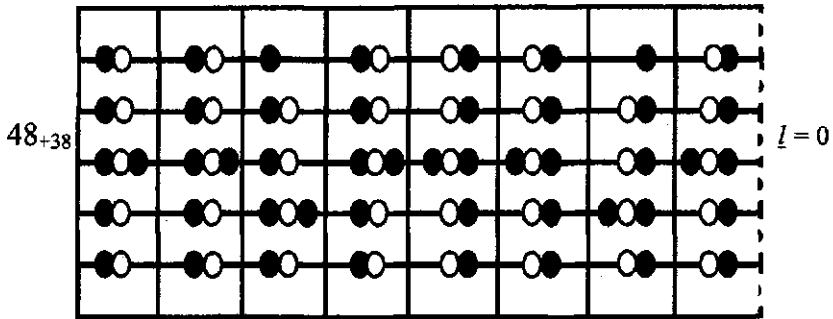
-0 -1 -1/2 -1 +0 +1 +1/2 +1 = 0

$^{48}_{80}\text{Ob}_{.128} + ^{28}_{58}\text{Ni}_{.68,077\%} +_{0,170} = ^{76}_{186}\text{Os} \text{ } ^{2,0\text{E} 15 \text{ лет } 1,58\% \alpha}_{+0,205} \mid \alpha \Rightarrow$

$^{48}_{78}\text{Ob}_{.126} + ^{26}_{56}\text{Fe}_{.91,72\%} +_{0,210} = ^{74}_{182}\text{W}_{.26,3\%} +_{0,235}$ (Рис. 2.290)

Рис. 2.293. $^{76}_{186}\text{Os}$. ($^{48}_{32}\text{Ob}$. 80)

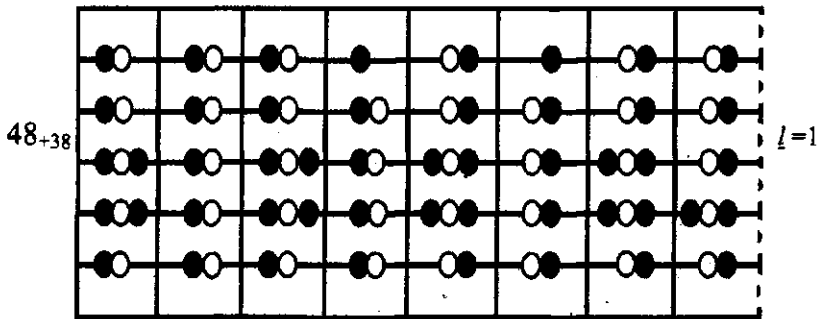




$+3/2 \quad +3/2 \quad +1/2 \quad +3/2 \quad -3/2 \quad -3/2 \quad -1/2 \quad -3/2 = 0$

$^{48}_{86}\text{Os}_{.134} + ^{28}_{58}\text{Ni}_{68,077\% + 0,170} = ^{76}_{192}\text{Os}_{42,0\% + 0,167}$

Рис. 2.296. $^{76}_{192}\text{Os}$. ($^{48}_{38}\text{Os}$. 86)

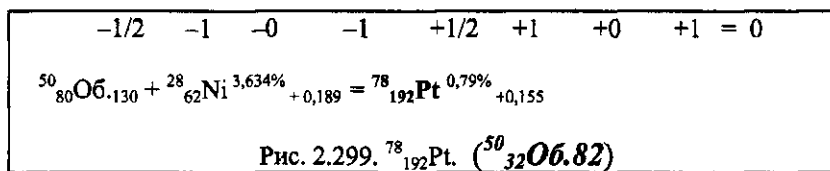
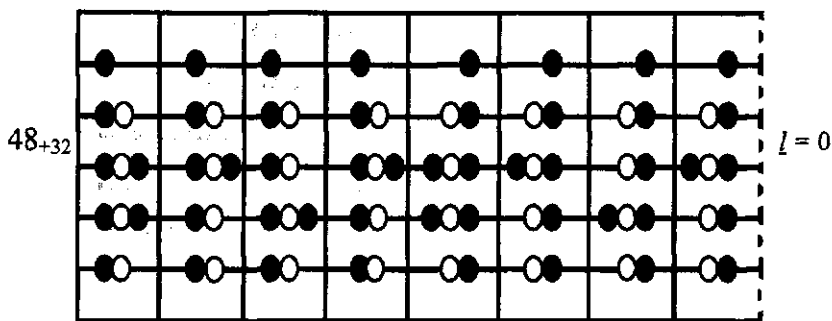
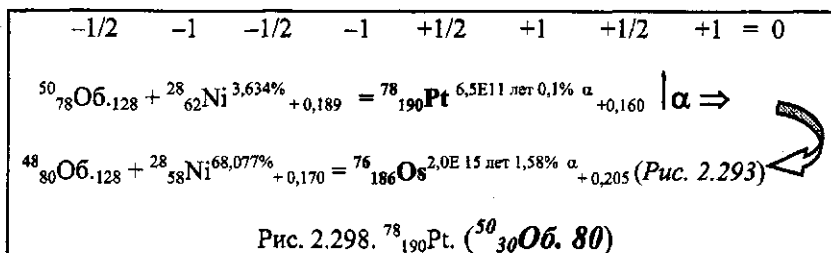
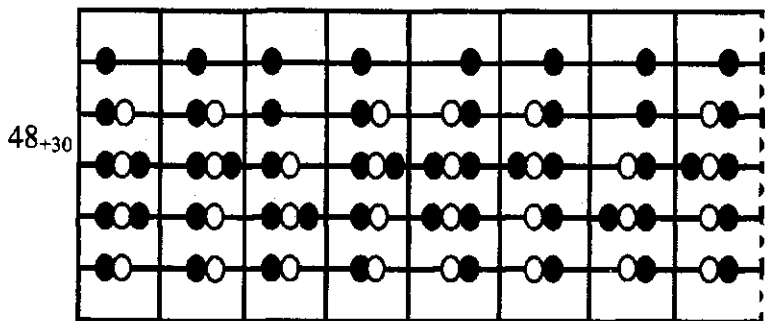


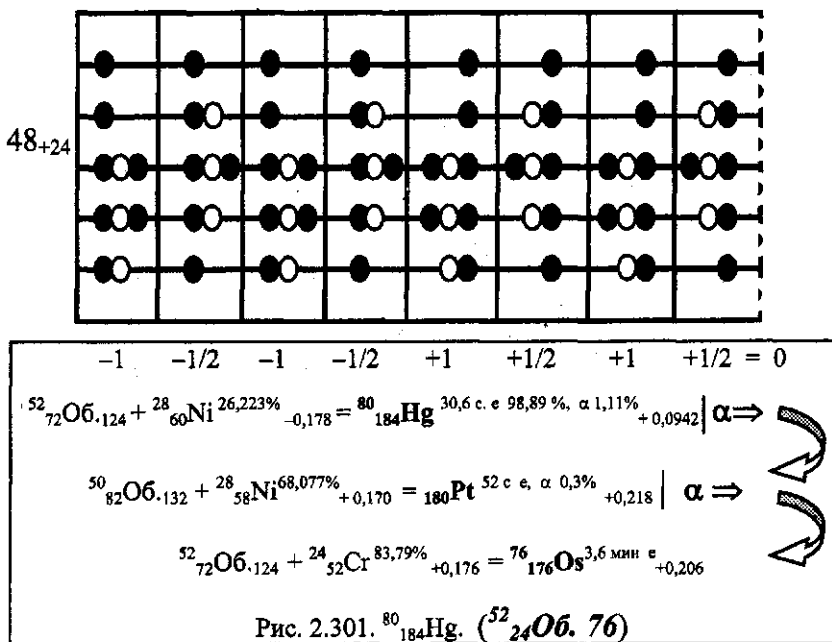
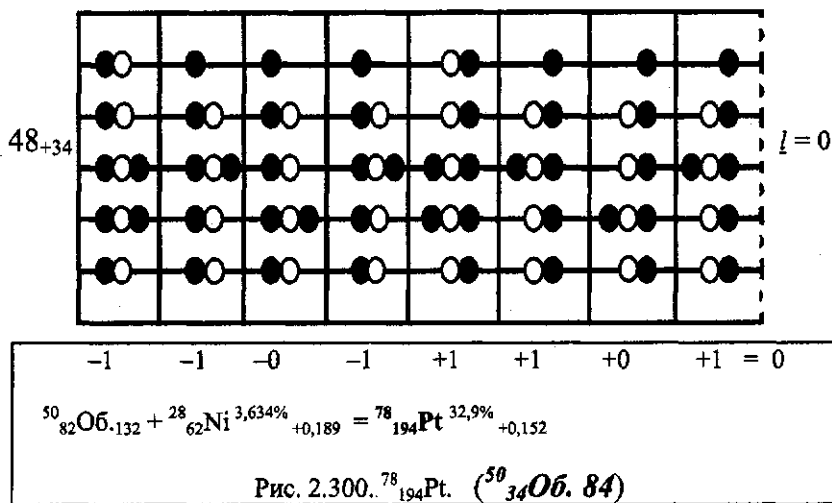
$-1 \quad -1 \quad -1 \quad -1/2 \quad +1 \quad +1/2 \quad +1 \quad +1/2 = -1/2, -1 = 3/2$

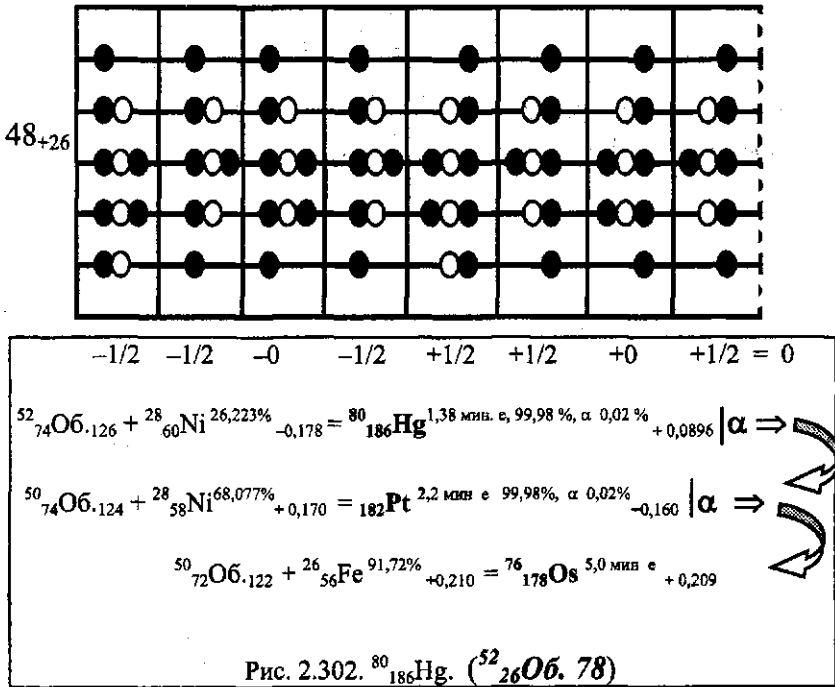
$^{49}_{86}\text{Os}_{.135} + ^{28}_{58}\text{Ni}_{68,077\% + 0,170} = ^{77}_{193}\text{Ir}(3/2)_{62,7\%}$

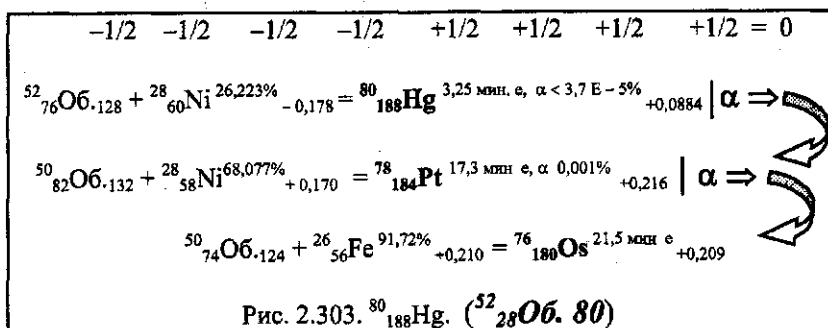
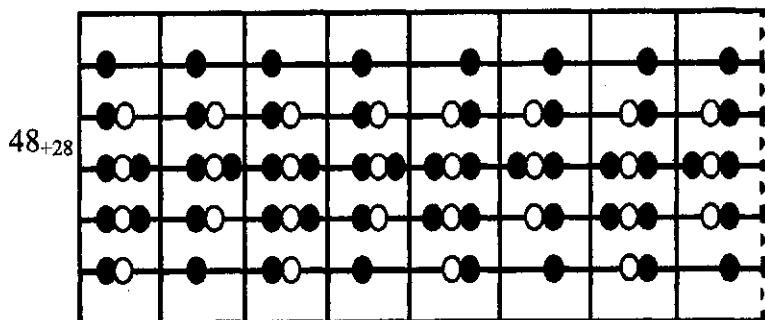
$\mu = (2n - p) \times k + \underline{l} = 1,03 \times 1,13 - 1_{\text{опб.}} = 0,16$

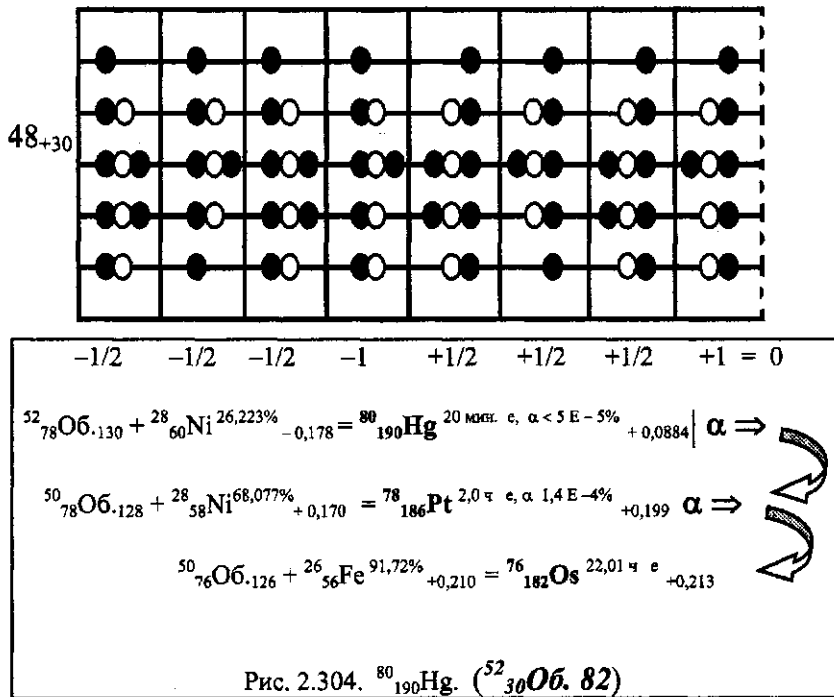
Рис. 2.297. $^{77}_{193}\text{Ir}$. ($^{49}_{38}\text{Os}$. 87)











Квазиболочка **10** $\begin{matrix} z = 50 - 61 \\ A = 137 - 164 \end{matrix}$ | Ядра $\begin{matrix} Z = 78 - 99 \\ A = 195 - 252 \end{matrix}$

Pt, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po, At, Rn, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu,
Am, Cm, Bk, Cf, Es.

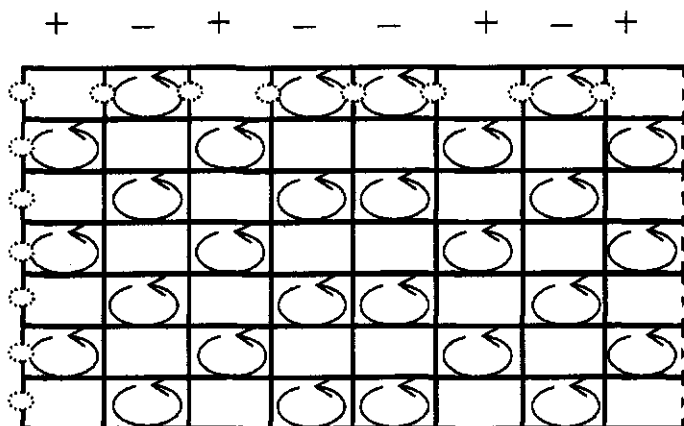
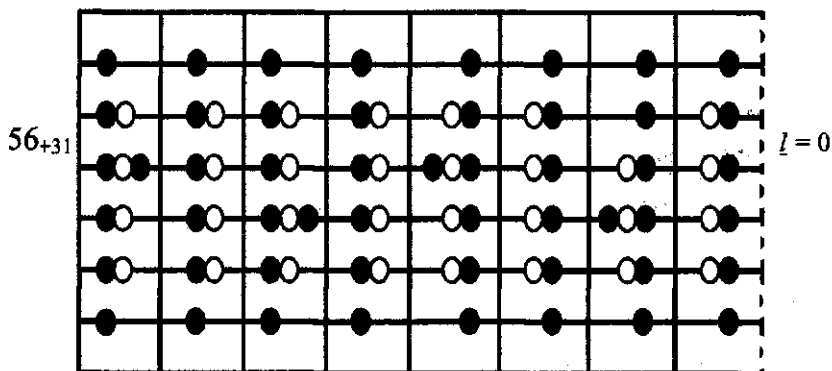


Рис. 2.305. Сочетание поляризаций ядерных связок в семярусной квазиболочке.



+1/2 +0 -1/2 +0 -1/2 -0 -0 -0 = -1/2, +1 = 1/2

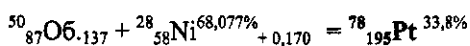
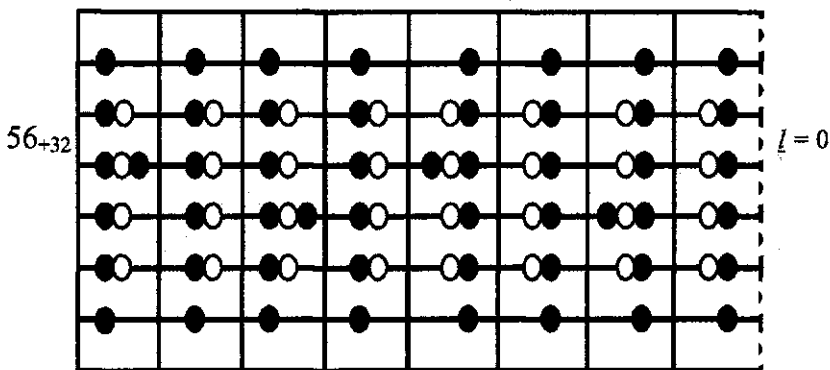


Рис. 2.306. ${}^{78}_{195}\text{Pt}$. (${}^{50}_{31}\text{Ob}$. 81)



+1/2 -0 -1/2 -0 -1/2 +0 +1/2 +0 = 0

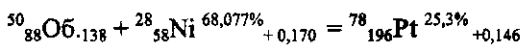
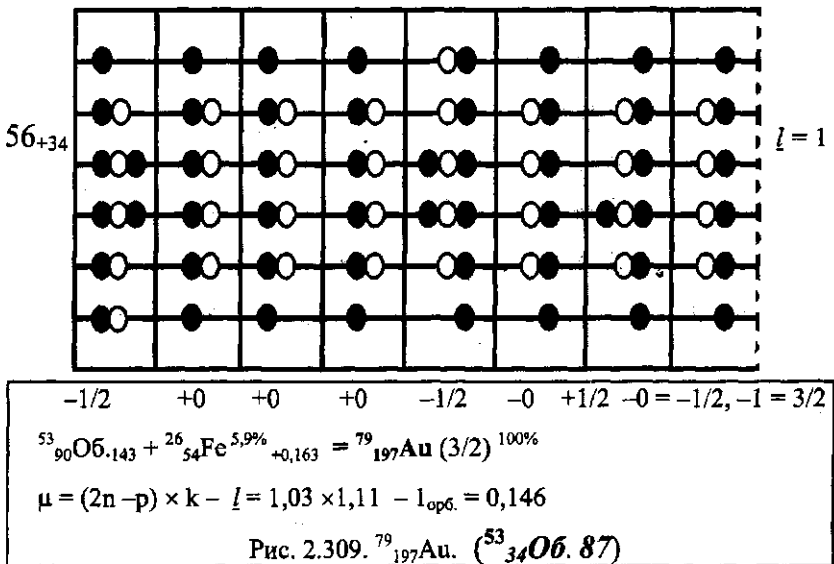
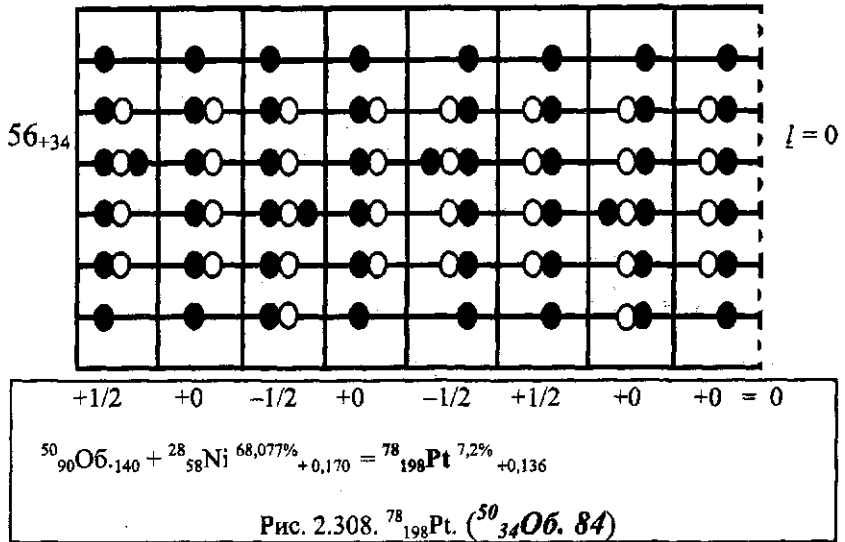


Рис. 2.307. ${}^{78}_{196}\text{Pt}$. (${}^{50}_{32}\text{Ob}$. 82)



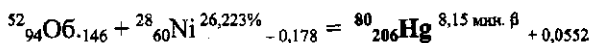
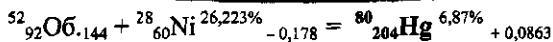
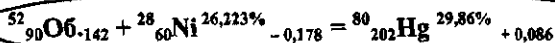
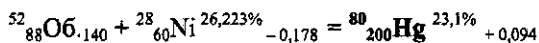
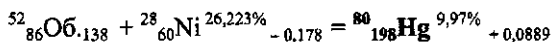
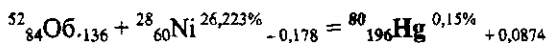
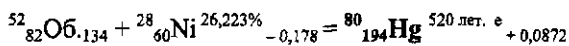
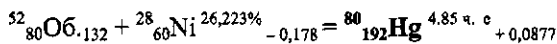
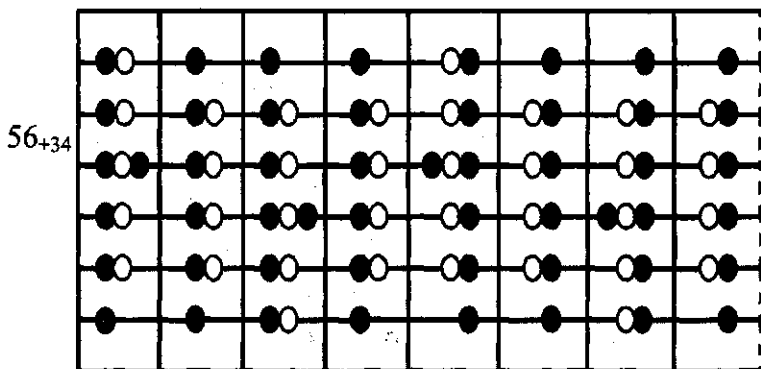
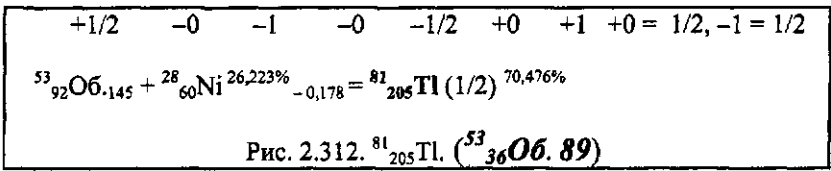
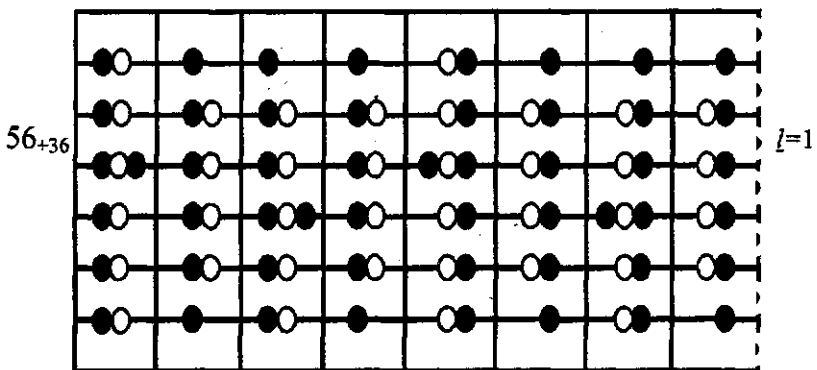
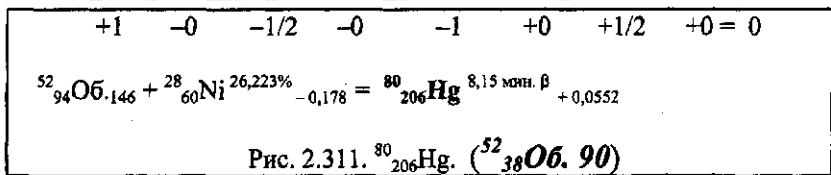
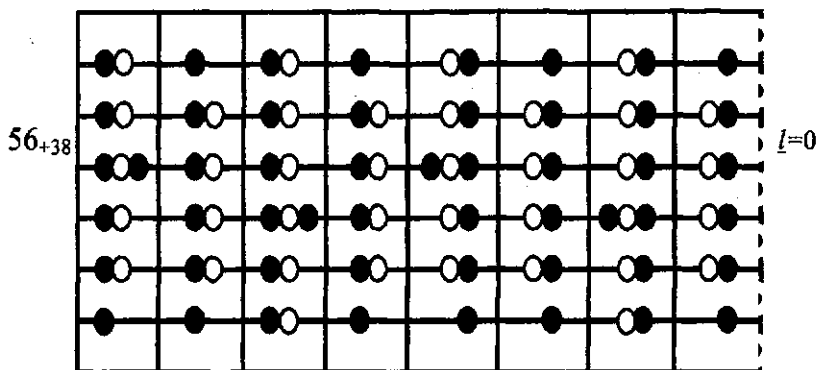
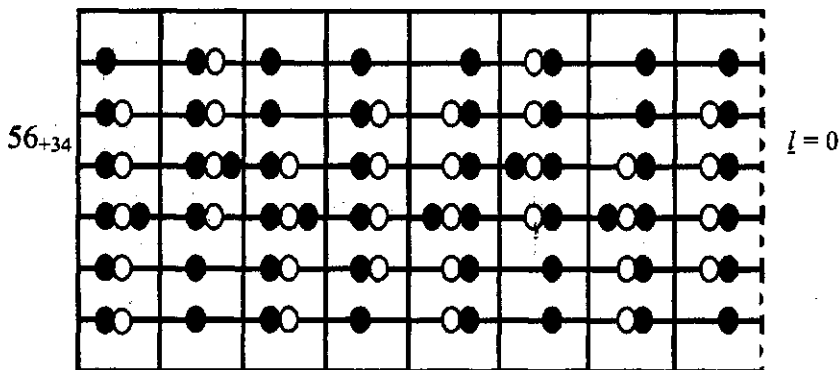


Рис. 2.310. $^{80}_{202}\text{Hg}$. ($^{52}_{34}\text{Ob}_{.86}$)





-1 +1/2 -1/2 +0 +1 -1/2 +1/2 -0 = 0

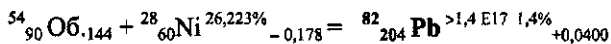
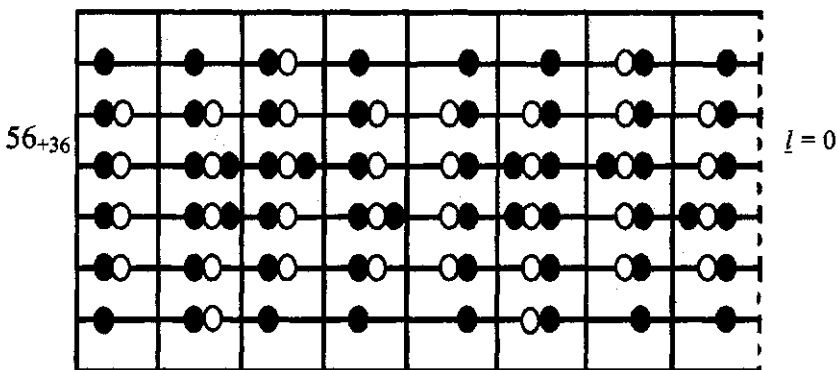
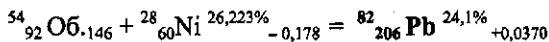


Рис. 2.313. ${}^{82}_{204}\text{Pb}$. (${}^{54}_{34}\text{Ob. 88}$)

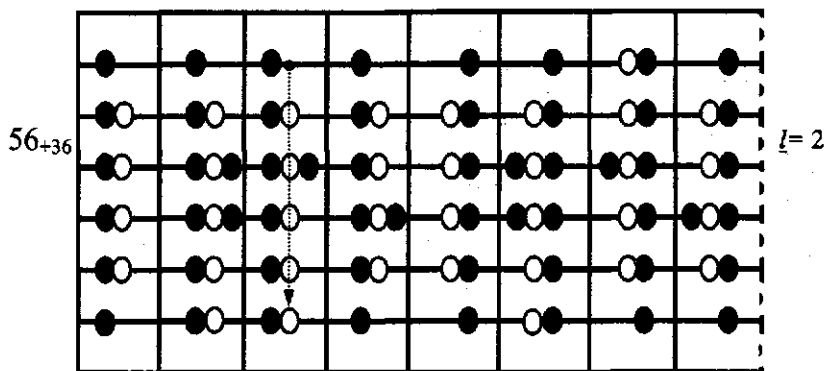


+0 -1/2 +1 +1/2 -0 +1/2 -1 -1/2 = 0

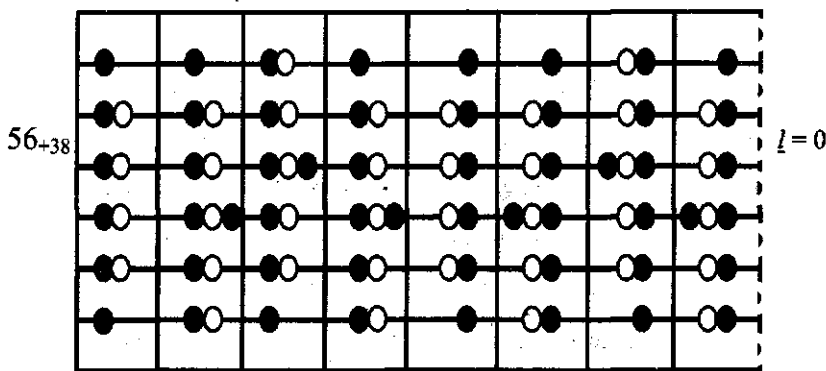


Ряд ${}^{92}_{238}\text{U} - {}^{82}_{206}\text{Pb}$

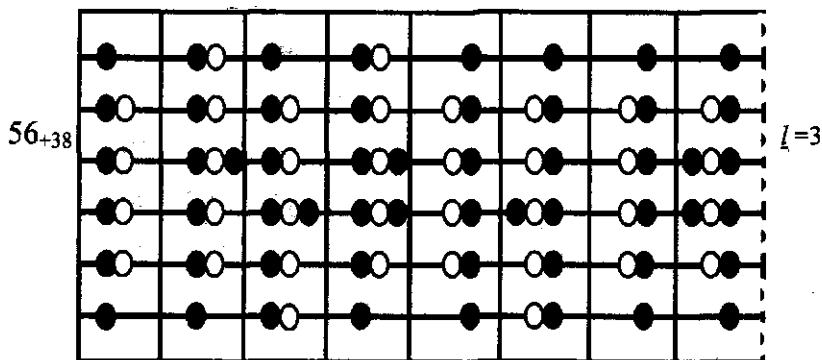
Рис. 2.314. ${}^{82}_{206}\text{Pb}$. (${}^{54}_{36}\text{Ob. 90}$)



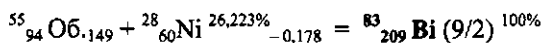
+0 -1/2 +0 +1/2 -0 +1/2 -1 -1/2 = -1, -2 = -3
 $^{54}_{92}\text{Ob}_{.146} + ^{28}_{60}\text{Ni}_{26,223\% -0,178} = ^{82}_{206}\text{Pb}^* (3)$
 Рис. 2.315. $^{82}_{206}\text{Pb}^* (3)$.



+0 -1 +1 -1 -0 +1 -1 -0 = 0
 $^{54}_{92}\text{Ob}_{.148} + ^{28}_{60}\text{Ni}_{26,223\% -0,178} = ^{82}_{208}\text{Pb}_{52,4\%}$
 Ряд $^{92}_{236}\text{U} - ^{82}_{208}\text{Pb}$
 Рис. 2.316. $^{82}_{208}\text{Pb}$. ($^{54}_{38}\text{Ob}_{.92}$)



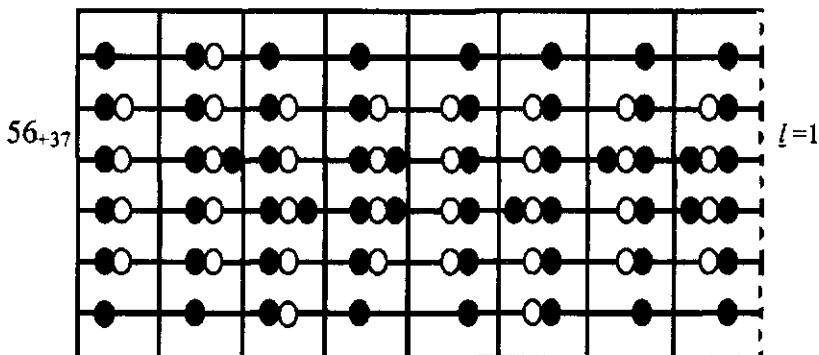
+0 +1 -1 +1/2 -0 +1 -0 -0 = 3/2, +3 = 9/2



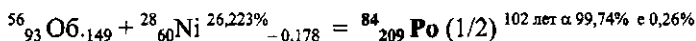
$\mu = (2n - p) \times k + l = (2 \times 1,91 - 2,79) \times 1,08 + 3_{\text{орб.}} = 4,11$

Ряд $^{93}_{237}\text{Np} - ^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.317. $^{83}_{212}\text{Bi}$. ($^{55}_{38}\text{Об. 93}$)

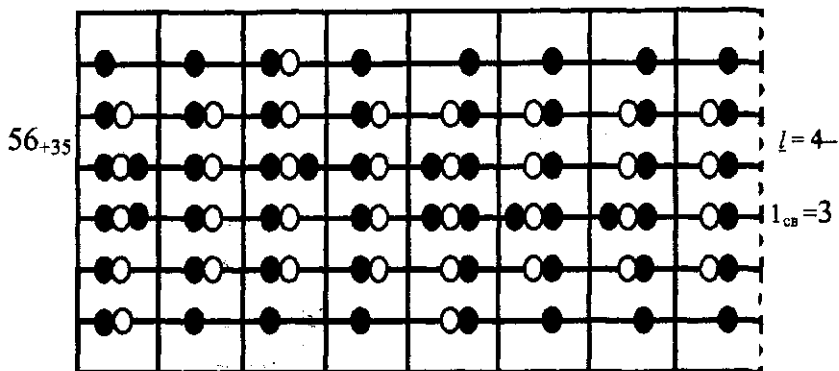


+0 +1 -1 +0 -0 +1 -1/2 -0 = 1/2, -1 = 1/2



$\mu = n / k + l = 1,93 / 1,09 - 1_{\text{орб.}} = 0,77$

Рис. 2.318. $^{84}_{209}\text{Po}$. ($^{56}_{37}\text{Об. 93}$)



$$-1/2 \quad +0 \quad +1 \quad +0 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -0 = 2, +3 = 5$$

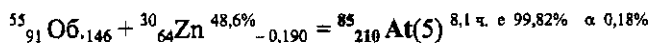
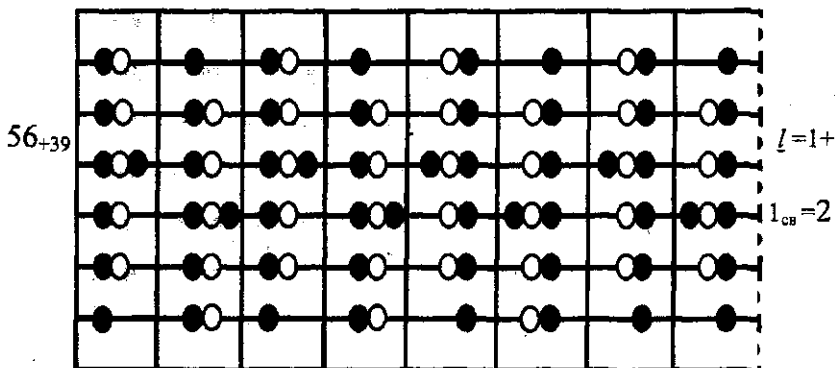
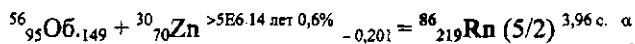


Рис. 2.319. ${}^{85}_{217}\text{At}$. (${}^{55}_{35}\text{Об}_{.90}$)

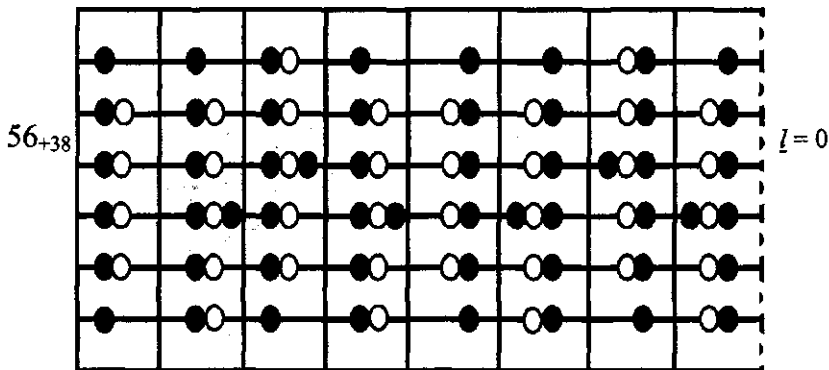


$$+1 \quad -1 \quad +1 \quad -1 \quad -1 \quad +1 \quad -1 \quad +1/2 = -1/2, -2 = 5/2$$

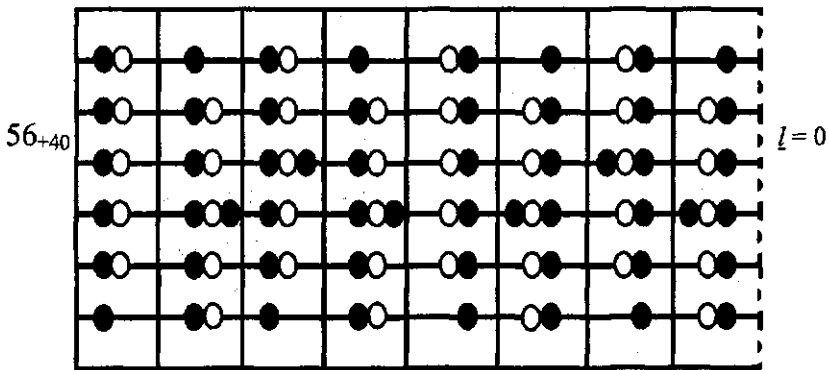


Ряд ${}^{92}_{235}\text{U} - {}^{82}_{207}\text{Pb}$

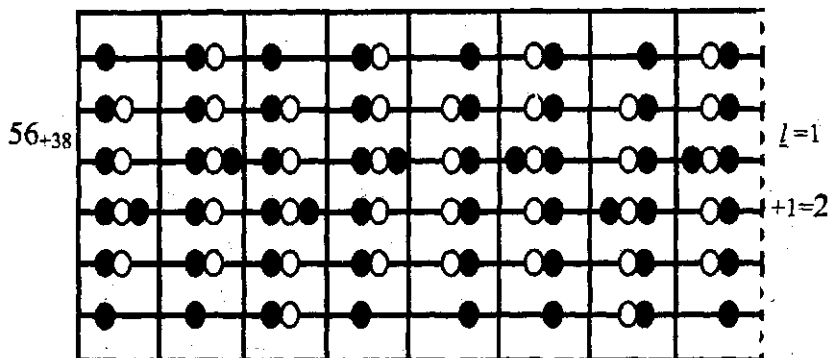
Рис. 2.320. ${}^{86}_{219}\text{Rn}$. (${}^{56}_{39}\text{Об}_{.95}$)



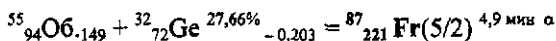
+0 -1 +1 -1 -0 +1 -1 +1 = 0
 $^{54}_{94}\text{Об}_{.148} + ^{32}_{72}\text{Ge}_{m(6)} = ^{86}_{220}\text{Rn}^{53,6\text{ с } \alpha}_{+0,123}$
 Ряд $^{92}_{236}\text{U} - ^{82}_{208}\text{Pb}$
 Рис. 2.321. $^{86}_{220}\text{Rn}$. ($^{54}_{38}\text{Об}_{.92}$)



+1/2 -1 +1 -1 -1/2 +1 -1 +1 = 0
 $^{54}_{96}\text{Об}_{.150} + ^{32}_{72}\text{Ge}_{m(6)} = ^{86}_{222}\text{Rn}^{3,8235\text{ мн } \alpha}_{+0,140}$
 Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$
 Рис. 2.322. $^{86}_{222}\text{Rn}$. ($^{54}_{40}\text{Об}_{.94}$)



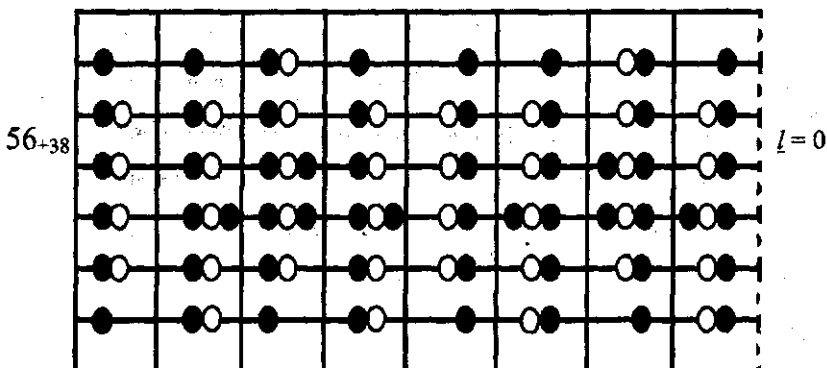
$-1/2 \quad +1 \quad -1 \quad +1 \quad -0 \quad -1 \quad +1 \quad -1 = -1/2, -2 = 5/2$



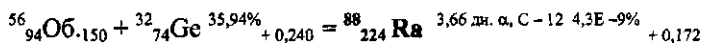
$\mu = p \times k - l = 2,79 \times 1,33 - 2_{\text{опб.}} = 1,58$

Ряд $^{93}_{237}\text{Np} - ^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.323. $^{87}_{221}\text{Fr}$. ($^{55}_{38}\text{Об}_{.93}$)

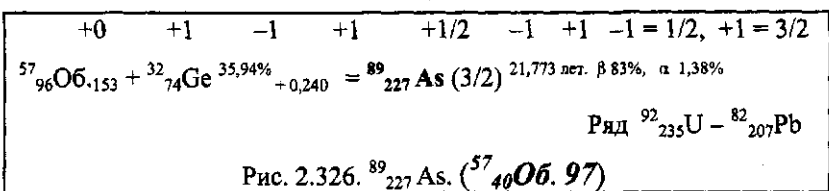
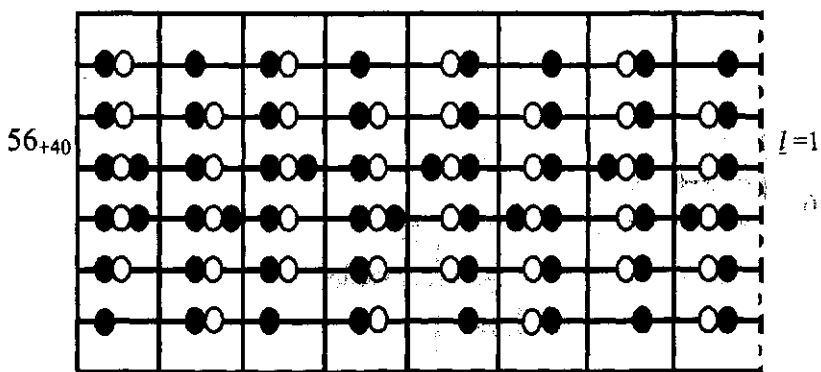
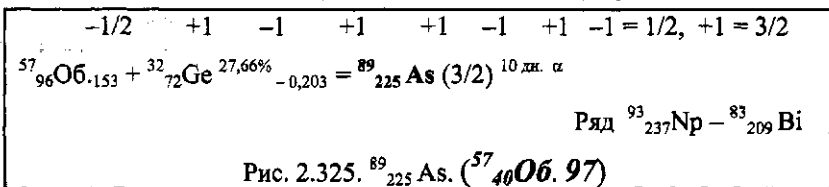
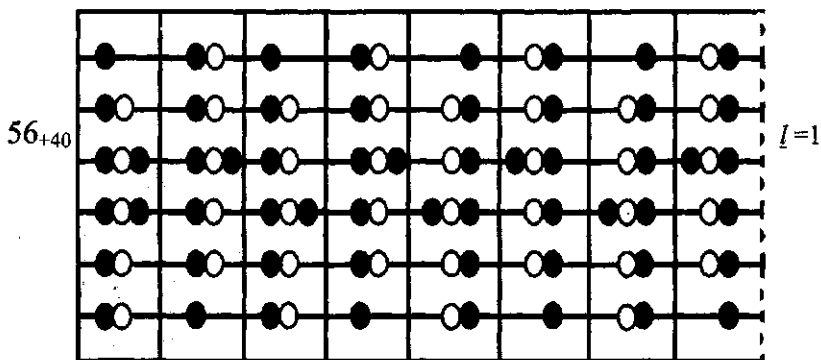


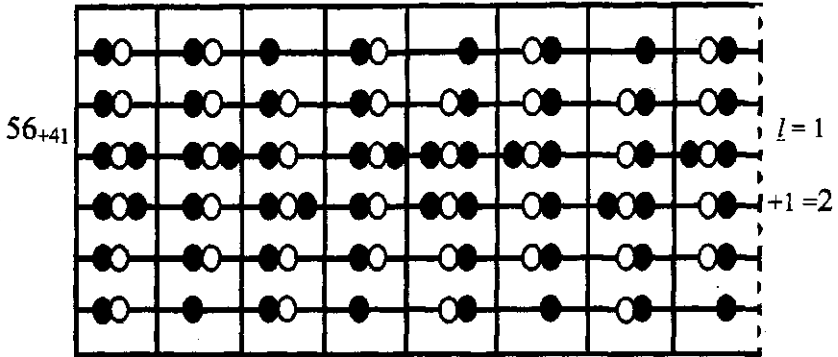
$+1/2 \quad -1 \quad +1/2 \quad -1 \quad -1/2 \quad +1 \quad -1/2 \quad +1 = 0$



Ряд $^{92}_{236}\text{U} - ^{82}_{208}\text{Pb}$

Рис. 2.324. $^{88}_{224}\text{Ra}$. ($^{56}_{38}\text{Об}_{.94}$)





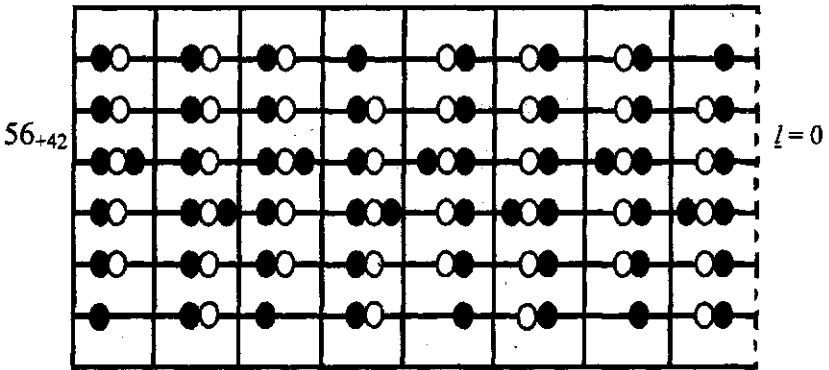
+0 +1 -1 +1 +1/2 -1 +1 -1 = 1/2, +2 = 5/2

$^{58}_{97}\text{Об}_{.155} + ^{32}_{74}\text{Ge}_{(6)} \overset{35,94\%}{+0,240} = ^{90}_{229}\text{Th}(5/2) \overset{7340 \text{ лет } \alpha,}{}$

$\mu = n \times k + l = -1,91 \times 1,29 + 2_{\text{опб.}} = 0,46$

Ряд $^{93}_{237}\text{Np} - ^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.327. $^{90}_{229}\text{Th. } (^{58}_{41}\text{Об. } 99)$

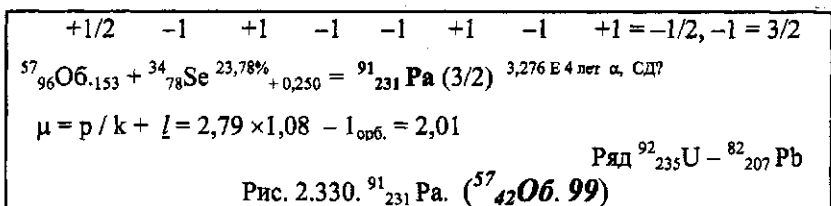
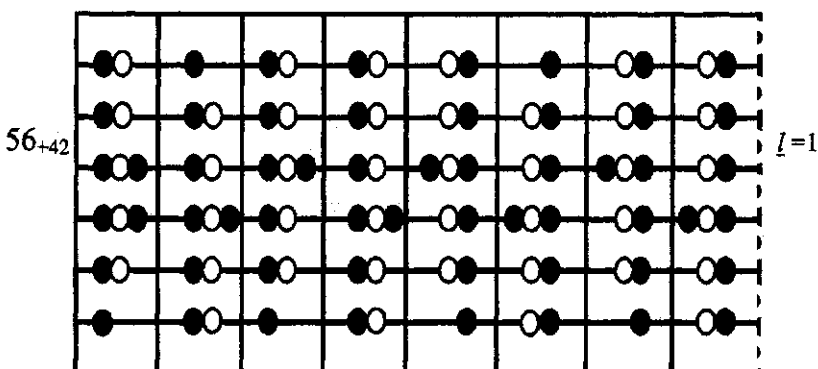
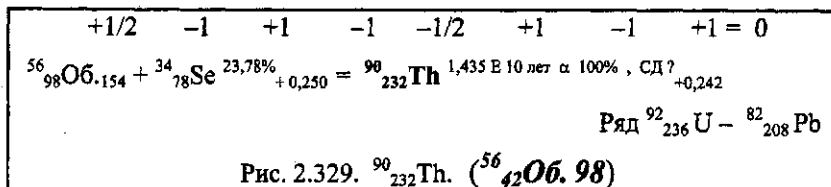
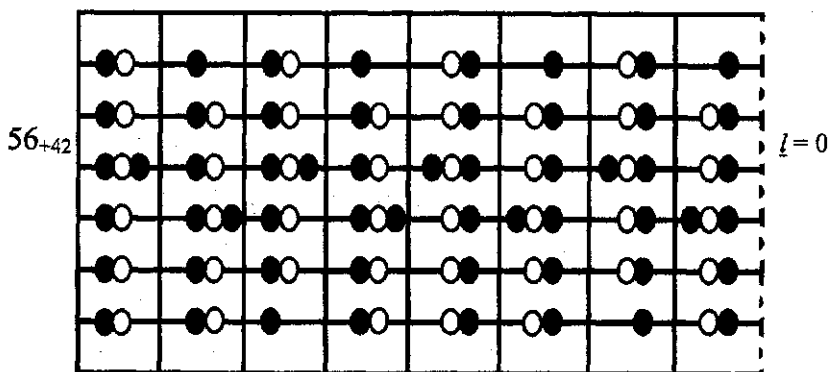


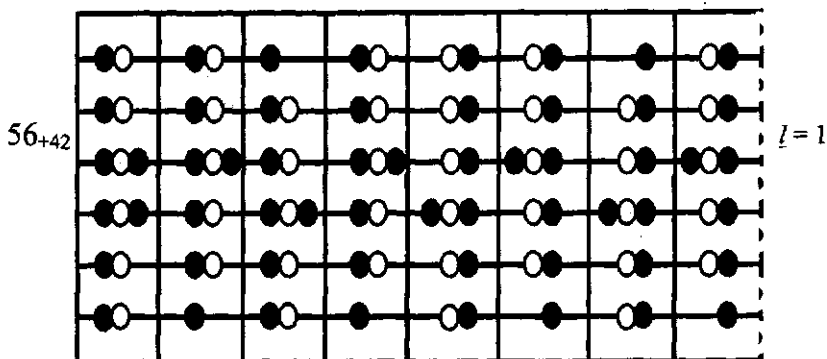
+1 -1/2 +1 -1 -1 +1/2 -1 +1 = 0

$^{56}_{98}\text{Об}_{.154} + ^{34}_{76}\text{Se}_{(8)} \overset{9,36\%}{+0,262} = ^{90}_{230}\text{Th} \overset{7,538 \text{ E } 4 \text{ лет } \alpha, \text{ СД?}}{+0,233}$

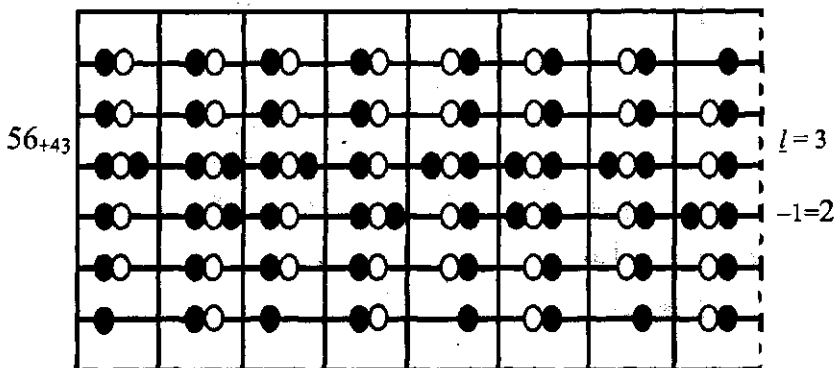
Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$

Рис. 2.328. $^{90}_{230}\text{Th. } (^{56}_{42}\text{Об. } 98)$

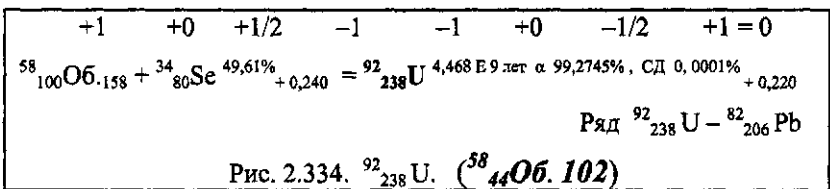
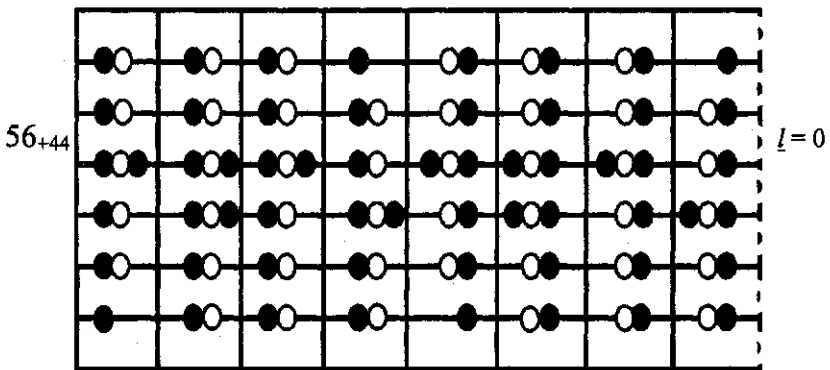
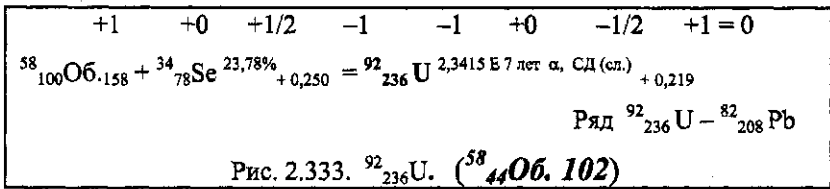
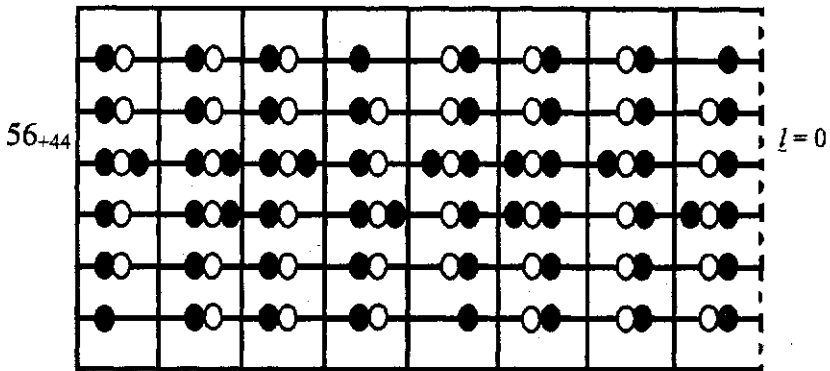


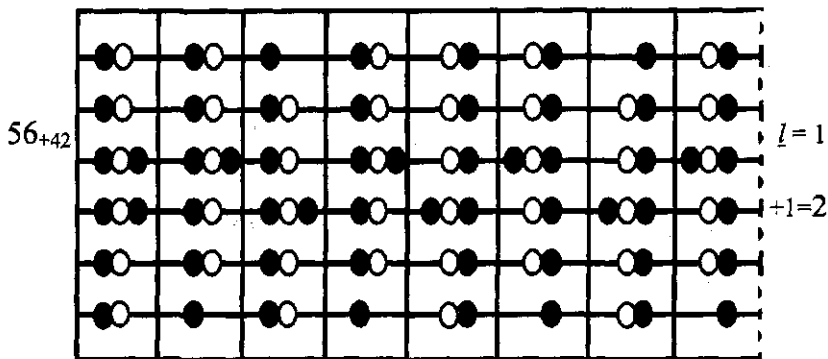


+0 +1 -1 +1 +1/2 -1 +1 -1 = 1/2, +1 = 3/2
 $^{57}_{98}\text{Об}_{.155} + ^{34}_{78}\text{Se}_{23,78\% + 0,250} = ^{91}_{233}\text{Pa} (3/2)_{26,967 \text{ дп. } \beta}$
 $\mu = p / k + l = 2,79/1,17 + 1_{\text{орб.}} = 3,39$
 Ряд $^{93}_{237}\text{Np} - ^{83}_{209}\text{Bi}$
 Рис. 2.331. $^{91}_{233}\text{Pa}$. ($^{57}_{42}\text{Об. 99}$)



+1 +0 +1 +1/2 -1 -0 -1 +1 = 3/2, +2 = 7/2
 $^{58}_{99}\text{Об}_{.157} + ^{34}_{78}\text{Se}_{23,78\% + 0,250} = ^{92}_{235}\text{U} (7/2)_{703,8 \text{ Е } 6 \text{ лет } \alpha, \text{ СД (сп) } 0,72\%}$
 $\mu = n \times k + l = -1,91 \times 1,25 + 2_{\text{орб.}} = -0,38$
 Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$
 Рис. 2.332. $^{92}_{235}\text{U}$. ($^{58}_{43}\text{Об. 101}$)





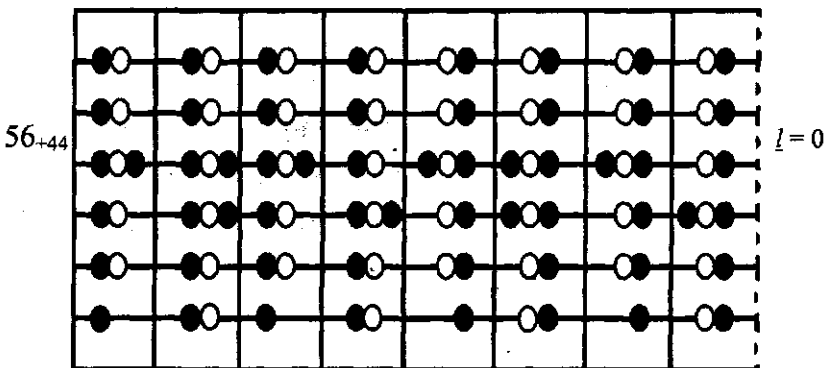
-0 +1 -1 +1 +1/2 -1 +1 -1 = 1/2, +2 = 5/2

$^{57}_{98}\text{Об}_{.155} + ^{36}_{82}\text{Kr}^{11,6\%}_{+0,223} = ^{93}_{237}\text{Np} (5/2)^{2,14 \text{ E} 6 \text{ лет } \alpha, \text{ СД} < 0,2\%}$

$\mu = (2n - p) \times k + \underline{l} = 1,03 \times 1,11 + 2_{\text{опб.}} = 3,14$

Ряд $^{93}_{237}\text{Np} - ^{83}_{209}\text{Bi}$

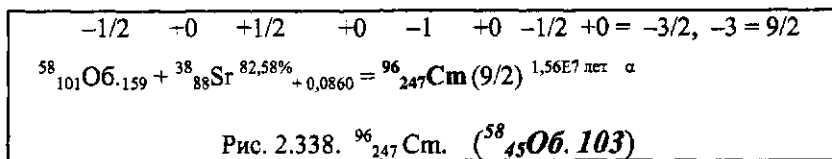
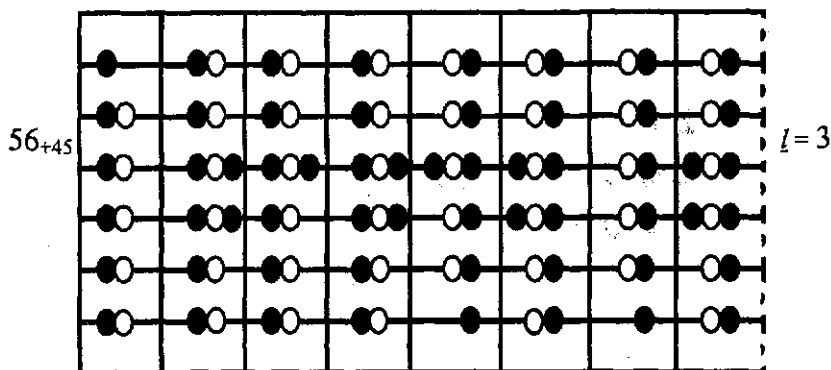
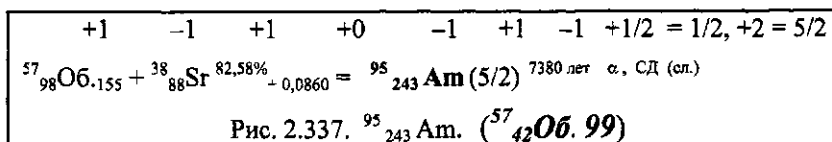
Рис. 2.335. $^{93}_{237}\text{Np}$. ($^{57}_{42}\text{Об}_{.99}$)

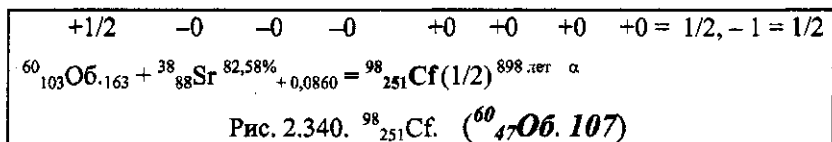
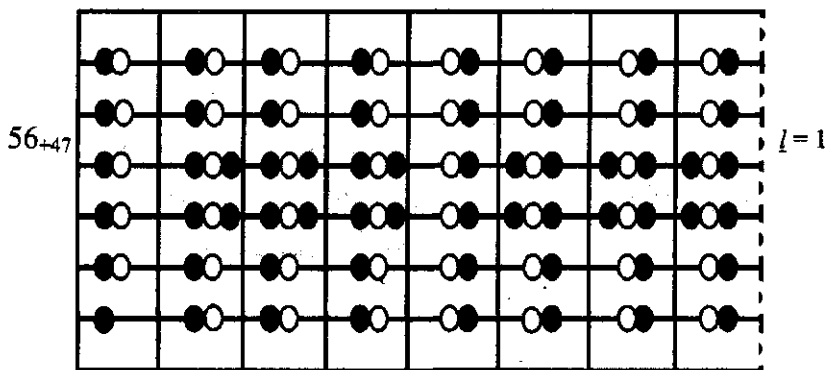
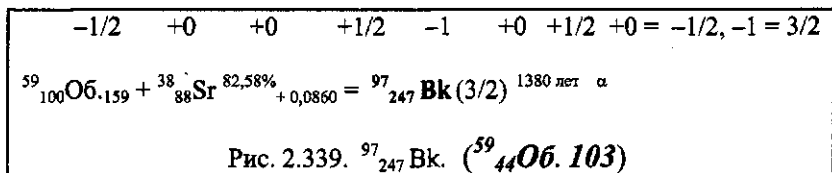
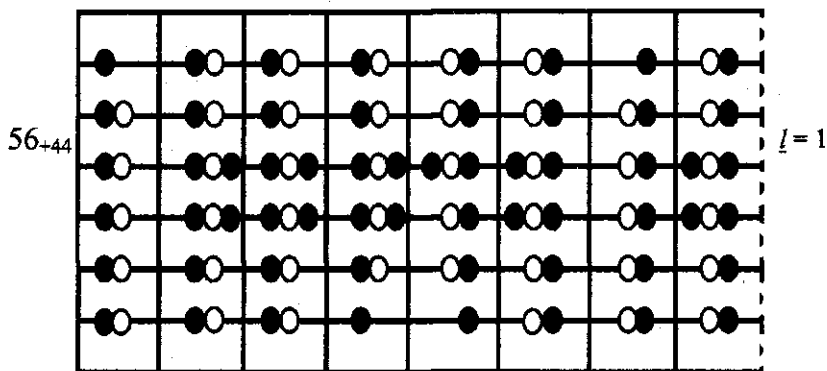


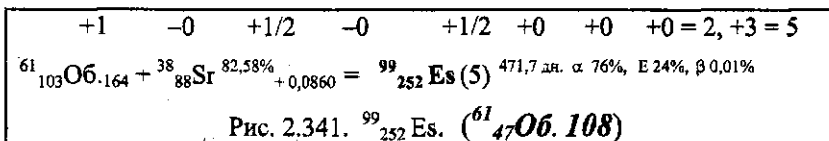
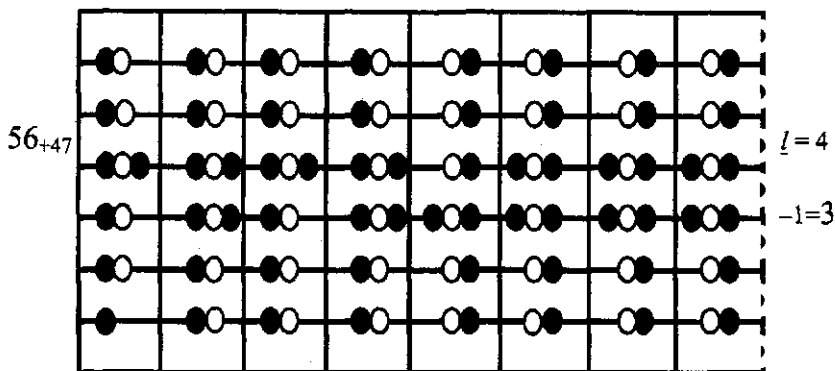
+1 +0 +1 -1/2 -1 -0 -1 +1/2 = 0

$^{58}_{100}\text{Об}_{.158} + ^{36}_{86}\text{Kr}^{17,3\%}_{+0,261} = ^{94}_{244}\text{Pu} (0)^{8,08 \text{ E} 7 \text{ лет } \alpha 99,88\%, \text{ СД } 0,12\%}_{+0,267}$

Рис. 2.336. $^{94}_{244}\text{Pu}$. ($^{58}_{44}\text{Об}_{.102}$)







Квазиоболочка **11** $z = 62 - 75$ | Ядра $Z = 98 - 111$
 $A = 168 - 188$ | $A = 252 - 272$

Cf, Fm, Md, No, Lu, Rf, Db, Sg, Bh, Hs, Mt, $^{111}_{272} ???$.

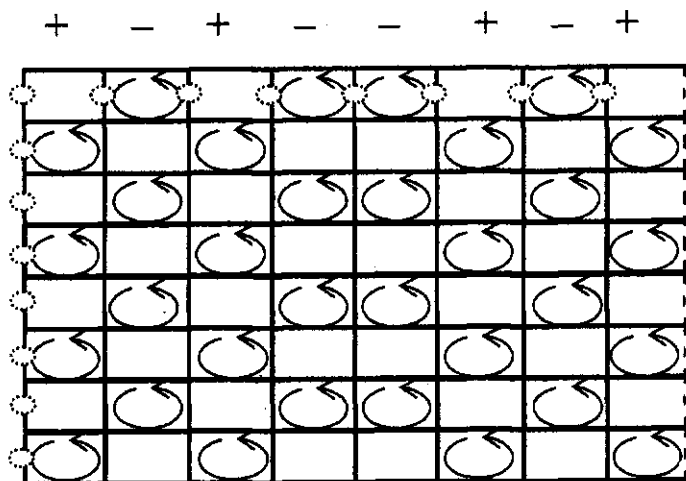
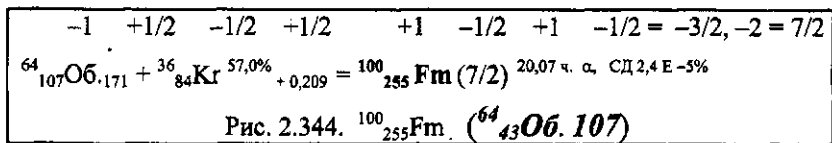
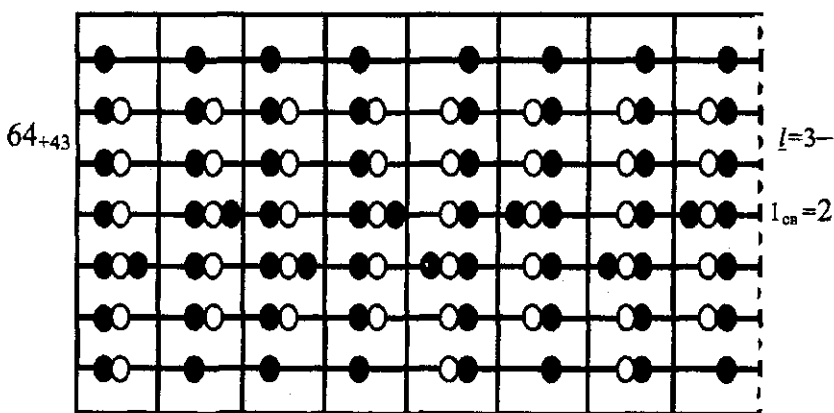
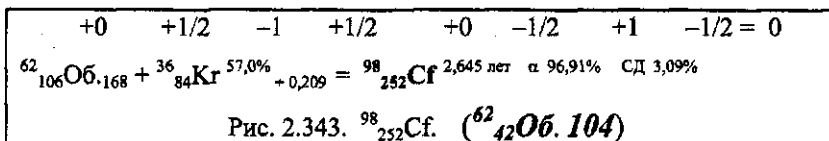
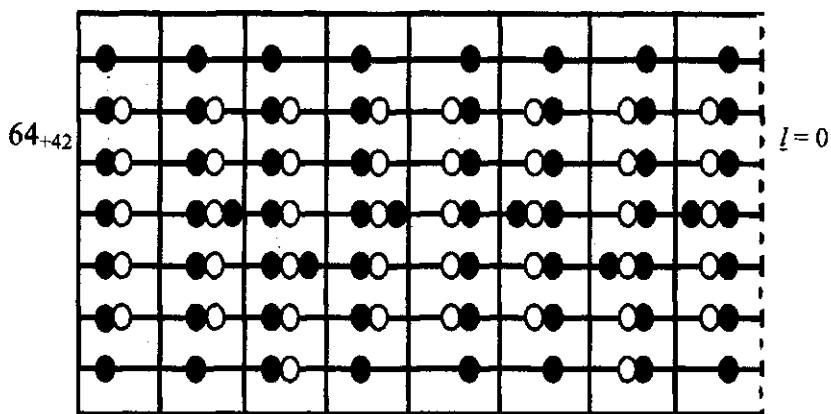
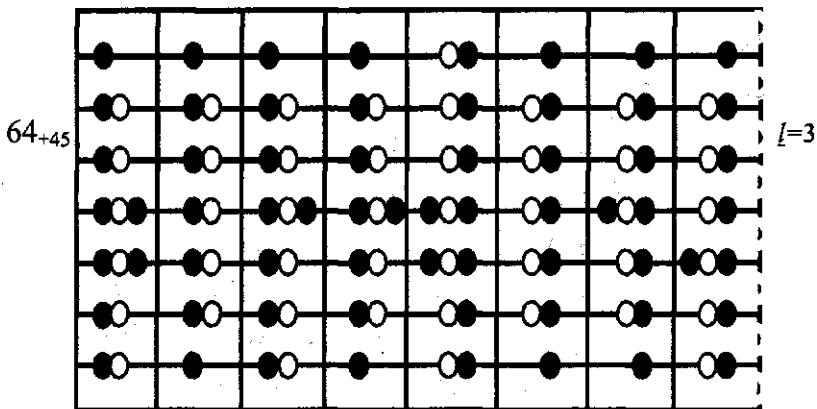
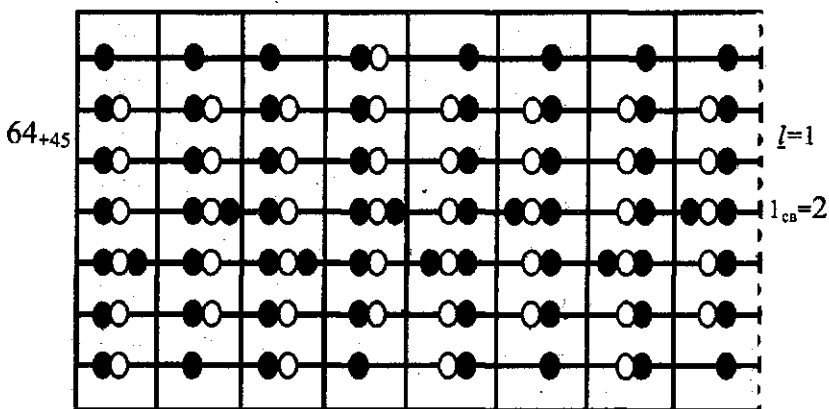


Рис. 2.342. Сочетание поляризаций ядерных связок в восьмимярусной конфигурации.

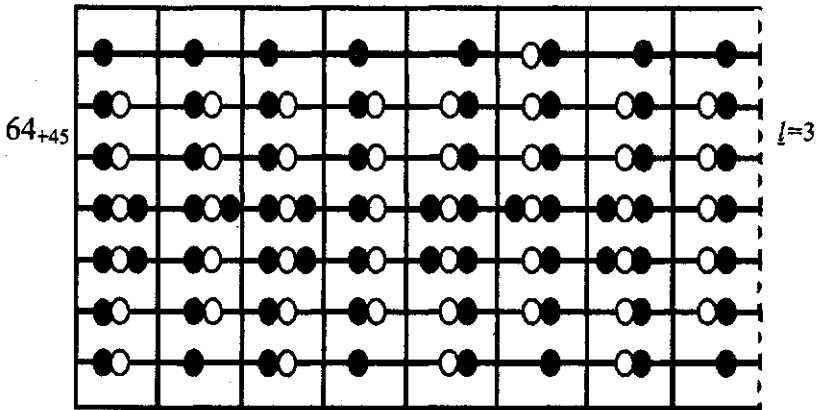




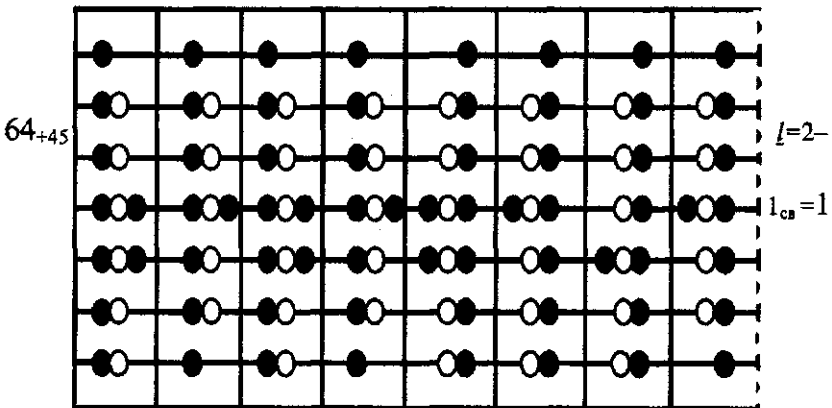
$-1/2 \quad +0 \quad -0 \quad +1/2 \quad +1 \quad +0 \quad -1/2 \quad +1 = 3/2, +3 = 9/2$
 ${}^{64}_{109}\text{Об.173} + {}^{36}_{84}\text{Kr}^{57,0\%}_{+0,209} = {}^{100}_{257}\text{Fm}(9/2) \quad 100,5 \text{ дн. } \alpha \ 99,79\% \ \text{СД} \ 0,21\%$
 Рис. 2.345. ${}^{100}_{257}\text{Fm.} ({}^{64}_{45}\text{Об. 109})$



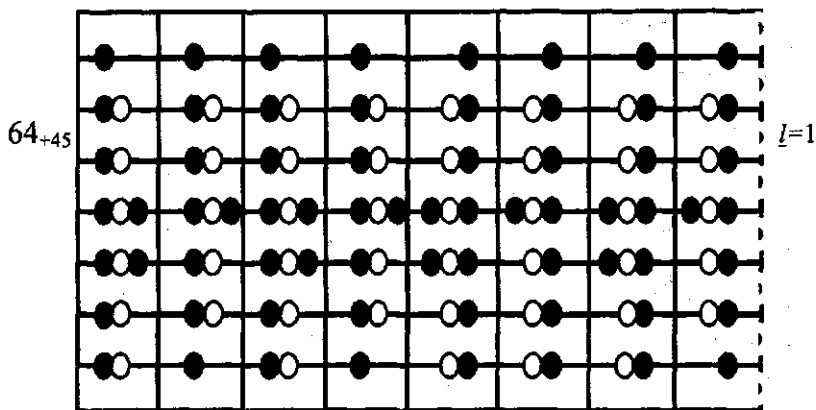
$-1 \quad +1/2 \quad -1 \quad +0 \quad +1 \quad -1/2 \quad +1 \quad -1/2 = -1/2, +2 = 3/2$
 ${}^{65}_{109}\text{Об.174} + {}^{36}_{86}\text{Kr}^{17,3\%}_{+0,261} = {}^{101}_{260}\text{Md} \quad 31,8 \text{ дн. } \text{СД} \ 70\%, \alpha \leq 25\%, \epsilon < 15\%, \beta < 10\%$
 Рис. 2.346. ${}^{101}_{260}\text{Md.} ({}^{65}_{45}\text{Об. 110})$



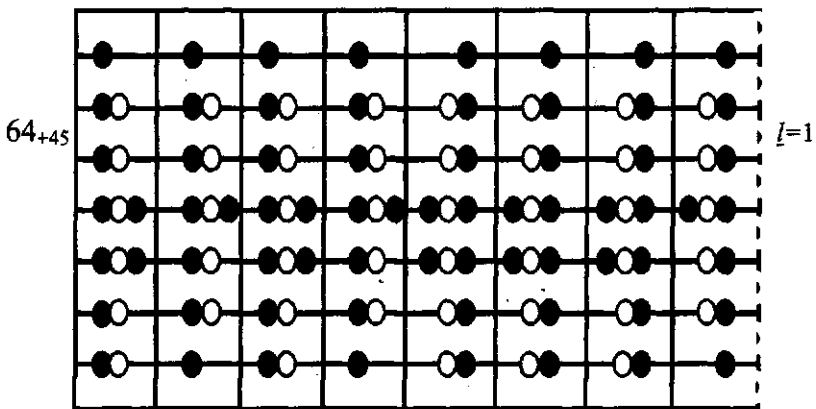
$-1/2 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad +0 \quad -0 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad +0 = -3/2, -3 = 9/2$
 ${}^{66}_{109}\text{Об}_{.175} + {}^{36}_{84}\text{Кг} \begin{matrix} 57,0\% \\ +0,209 \end{matrix} = {}^{102}_{259}\text{No} (9/2) \begin{matrix} 58 \text{ мпк.} \\ \alpha 75\% \quad \epsilon < 25\%, \text{ СД} < 10\% \end{matrix}$
 Рис. 2.347. ${}^{102}_{259}\text{No}$. (${}^{66}_{45}\text{Об. 111}$)



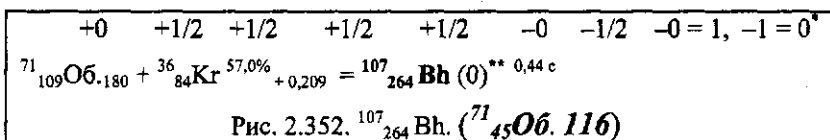
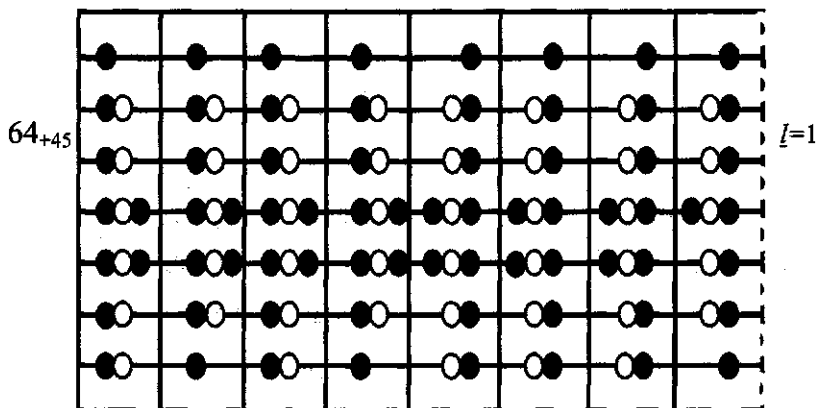
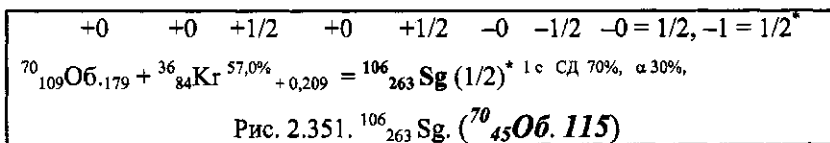
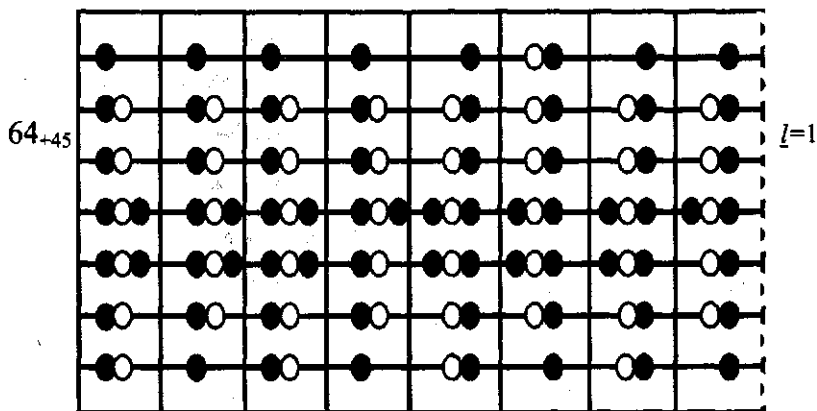
$-1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad +0 \quad +1 \quad -1/2 = 1, +1 = 2^+$
 ${}^{67}_{109}\text{Об}_{.176} + {}^{36}_{86}\text{Кг} \begin{matrix} 17,3\% \\ +0,261 \end{matrix} = {}^{103}_{262}\text{Lr} (2)^* \begin{matrix} 3,6 \text{ ч.} \\ \epsilon \end{matrix}$
 Рис. 2.348. ${}^{103}_{262}\text{Lr}$. (${}^{67}_{45}\text{Об. 112}$)

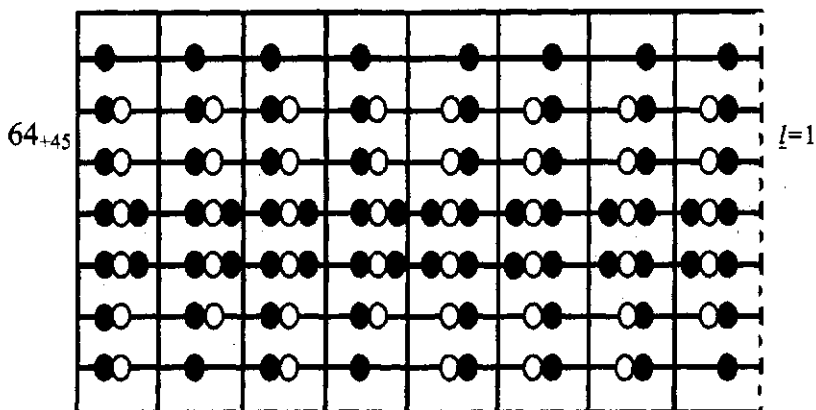


$-1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -0 \quad +1/2 \quad -1/2 = 1/2, +1 = 3/2^*$
 ${}^{68}_{109}\text{Ob}_{.177} + {}^{36}_{84}\text{Kr}_{57,0\%} + 0,209 = {}^{104}_{261}\text{Rf} (3/2)^* \quad 65 \text{ e } \alpha > 80\%, \text{ e } \leq 10\%$
 Рис. 2.349. ${}^{104}_{261}\text{Rf.} ({}^{68}_{45}\text{Ob.} 103)$

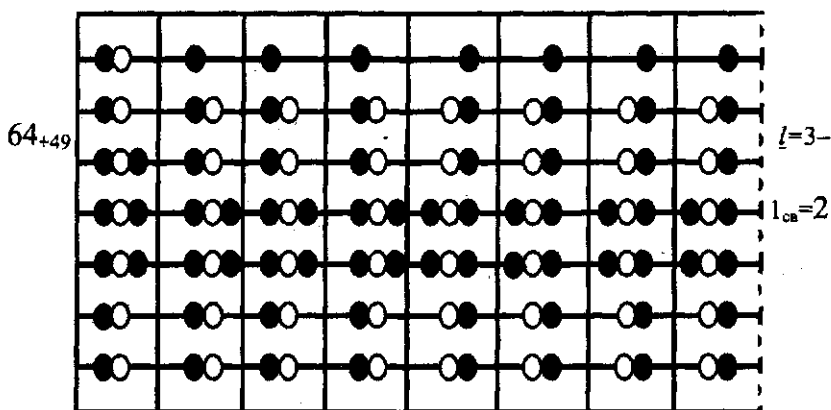


$-1/2 \quad -1/2 \quad -3/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 = -1, -1 = 2^*$
 ${}^{69}_{109}\text{Ob}_{.178} + {}^{36}_{84}\text{Kr}_{57,0\%} + 0,209 = {}^{105}_{262}\text{Db} (2)^* \quad 34 \text{ e } \text{СД } 71\%, \alpha 26\%, \text{ e } 3\%$
 Рис. 2.350. ${}^{105}_{262}\text{Db.} ({}^{69}_{45}\text{Ob.} 114)$

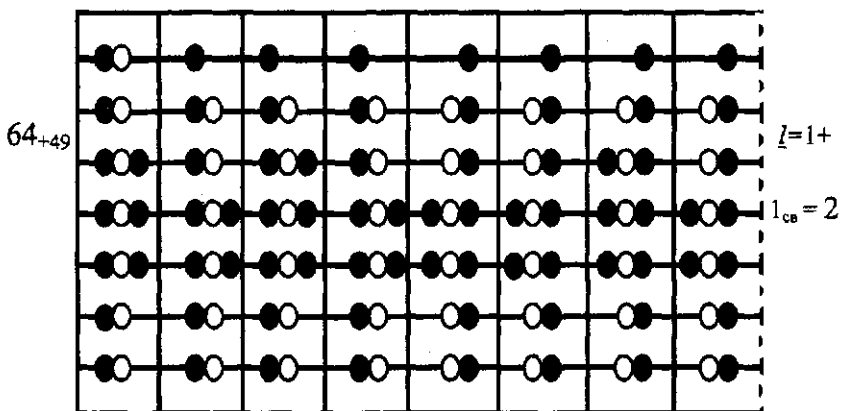




+0 +1/2 +1/2 +1/2 +1/2 -1/2 -1/2 -1/2 = 1/2, -1 = 1/2**
 $^{72}_{109}\text{Об.181} + ^{36}_{84}\text{Kr} \begin{matrix} 57,0\% \\ +0,209 \end{matrix} = ^{108}_{265}\text{Hs} (1/2)^* \begin{matrix} 2,0\text{mc} \end{matrix}$
 Рис. 2.353. $^{108}_{265}\text{Hs.} ({}^{72}_{45}\text{Об.117})$



-3/2 -1/2 -1/2 -3/2 +1/2 +1/2 +1/2 +1/2 = -2, -3 = 5
 $^{73}_{113}\text{Об.186} + ^{36}_{82}\text{Kr} \begin{matrix} 11,6\% \\ +0,223 \end{matrix} = ^{109}_{268}\text{Mt} (5) \begin{matrix} 0,07\text{c} \end{matrix}$
 Рис. 2.354. $^{109}_{268}\text{Mt.} ({}^{73}_{49}\text{Об.122})$



$+1/2 \quad +1/2 \quad -1 \quad -1/2 \quad -1/2 \quad +1 \quad -1/2 \quad +1/2 = 1/2, +2 = 5/2^{**}$
 ${}^{75}_{113}\text{Об.188} + {}^{36}_{84}\text{Кг} \begin{matrix} 57,0\% \\ +0,209 \end{matrix} = {}^{111}_{272} \text{ ??? } \quad 1,5 \text{ mc } +20 - 5$
 Рис. 2.355. ${}^{111}_{272} \text{ ??? } \cdot ({}^{75}_{49}\text{Об.124})$

Квазиболочка 12 $z = 72 - 76$ | Ядра $Z = 110 - 116$
 $A = 193 - 199$ | $A = 281 - 289$

$^{110}_{281}???$, $^{112}_{283}???$, $^{114}_{289}???$, $^{116}_{289}???$

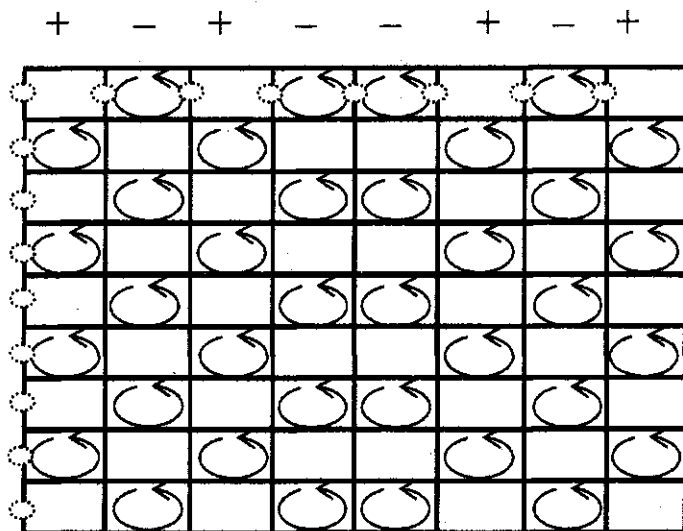
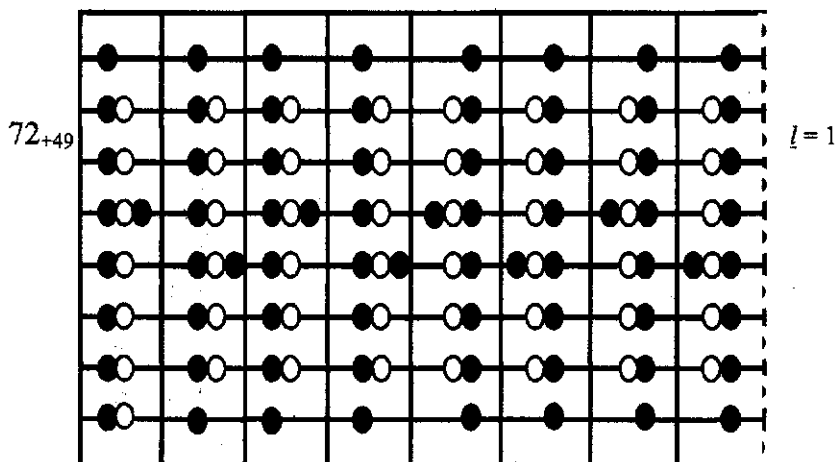


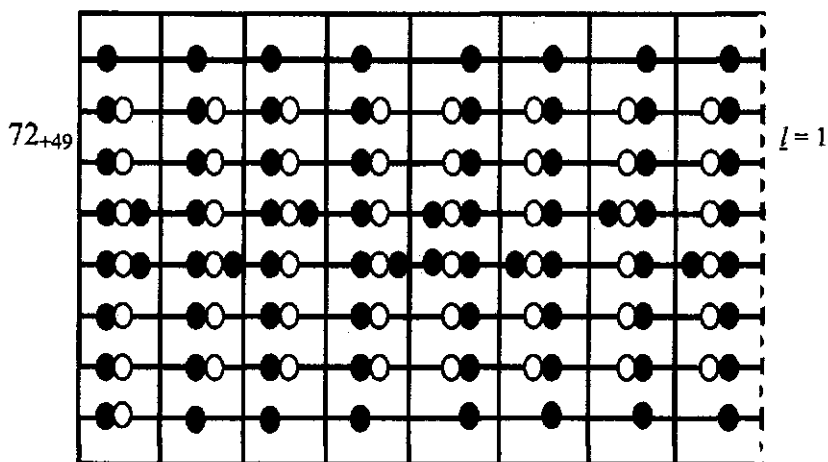
Рис. 2.356. Сочетание поляризаций ядерных связей в девятирусной квазиболочке.



$$-1 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 = -1/2, -1 = 3/2$$

$${}^{72}_{121}\text{Об.193} + {}^{38}_{88}\text{Sr} \text{ 82,58\%} + 0,0860 = {}^{110}_{281} \text{ ??? } (3/2)^{**} 1,6 \text{ m}$$

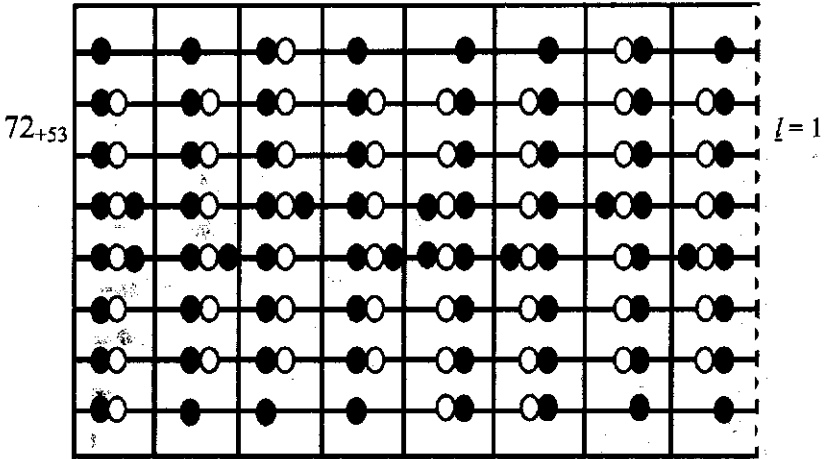
Рис. 2.357. ${}^{110}_{281} \text{ ???}.$ (${}^{72}_{49}\text{Об. 121}$)



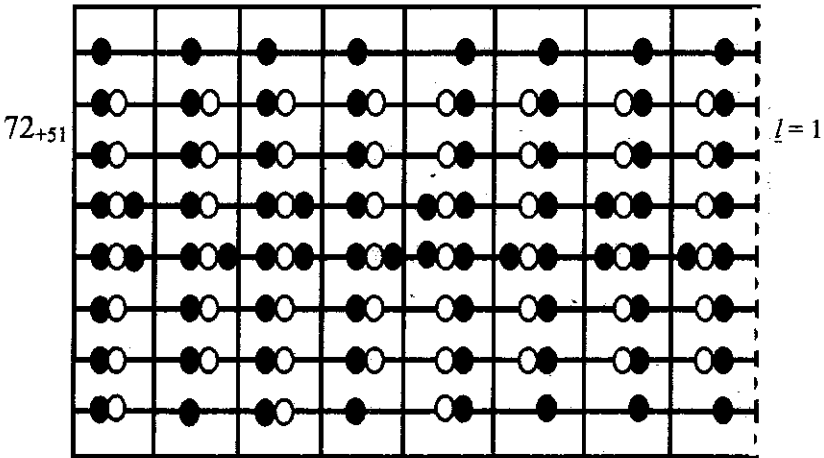
$$-1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad -0 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 = -1/2, -1 = 3/2^*$$

$${}^{74}_{121}\text{Об.195} + {}^{38}_{88}\text{Sr} \text{ 82,58\%} + 0,0860 = {}^{112}_{283} \text{ ??? } (3/2)^* 81 \text{ c} + 147 - 32$$

Рис. 2.358. ${}^{112}_{283} \text{ ???}.$ (${}^{74}_{49}\text{Об. 123}$)



$-1/2 \quad +1/2 \quad +0 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -0 \quad -0 \quad -1/2 = 1/2, +1 = 3/2^*$
 ${}^{74}_{125}\text{Ob}_{.199} + {}^{40}_{90}\text{Zr}^{51,45\%}_{+0,0740} = {}^{114}_{289}\text{???} (3/2)^* 30,4^s$
 Рис. 2.359. ${}^{114}_{289}\text{???} ({}^{74}_{53}\text{Ob}_{.127})$



$-1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad +1/2 \quad +1/2 \quad -1/2 \quad -0 \quad -1/2 = -1/2, -1 = 3/2$
 ${}^{76}_{123}\text{Ob}_{.199} + {}^{40}_{90}\text{Zr}^{51,45\%}_{+0,0740} = {}^{116}_{289}\text{???} 0,60 \text{ ms } +80-30$
 Рис. 2.360. ${}^{116}_{289}\text{???} ({}^{76}_{51}\text{Ob}_{.127})$

Радиоактивность

Ряд $^{92}_{236}\text{U} - ^{82}_{208}\text{Pb}$

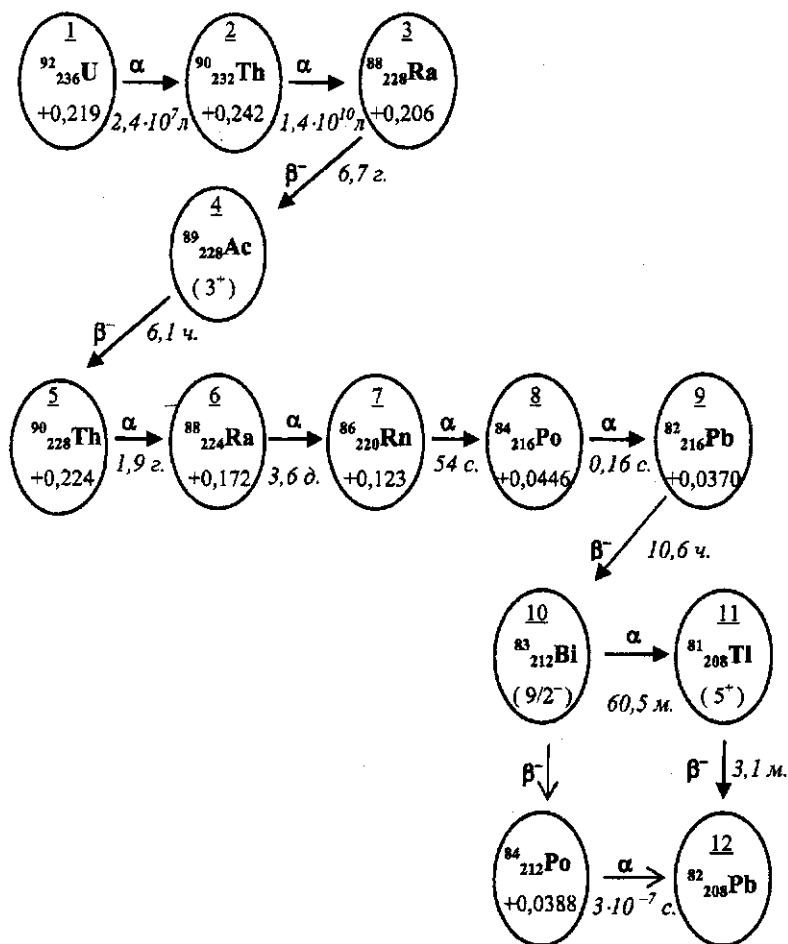
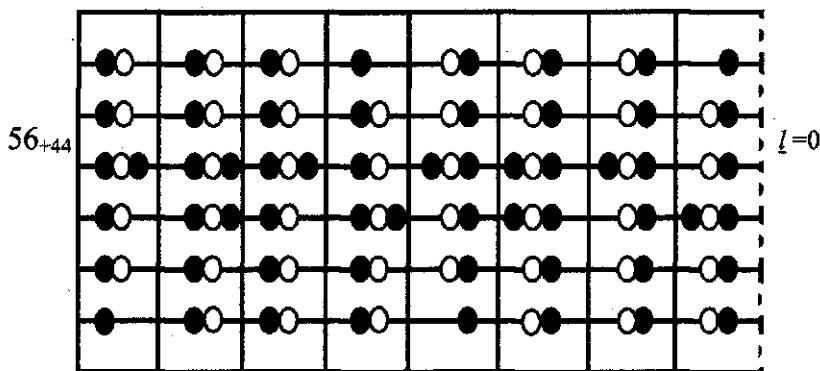


Рис. 2.361. Радиоактивный ряд $^{92}_{236}\text{U} - ^{82}_{208}\text{Pb}$

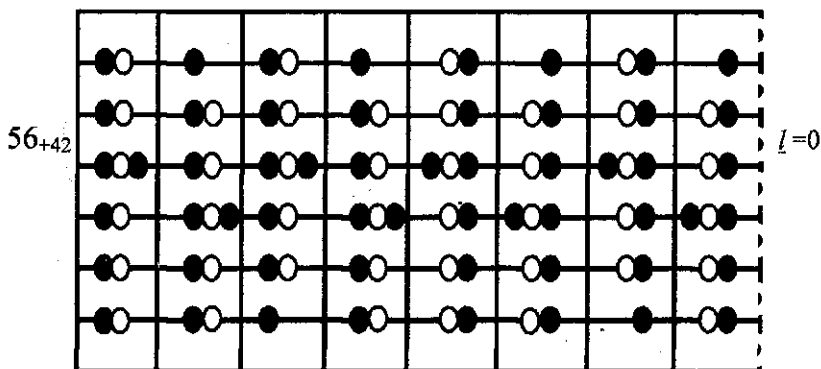


+1 +0 +1/2 -1 -1 +0 -1/2 +1=0

$^{58}_{100}\text{Об}_{.158} + ^{34}_{78}\text{Se}_{23,78\%} + 0,250 = ^{92}_{236}\text{U}_{2,3415 \text{ E } 7 \text{ лет } \alpha, \text{ СД (сл.)} + 0,219}$

1. Ряд $^{92}_{236}\text{U} - ^{82}_{208}\text{Pb}$

Рис. 2.362. $^{92}_{236}\text{U}$. ($^{58}_{44}\text{Об}_{.102}$)

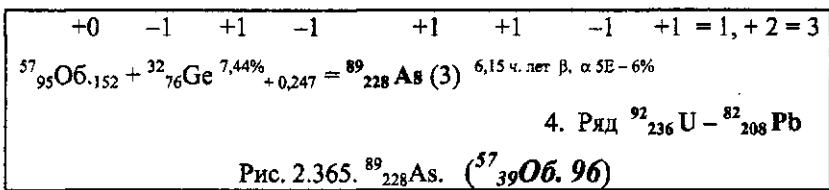
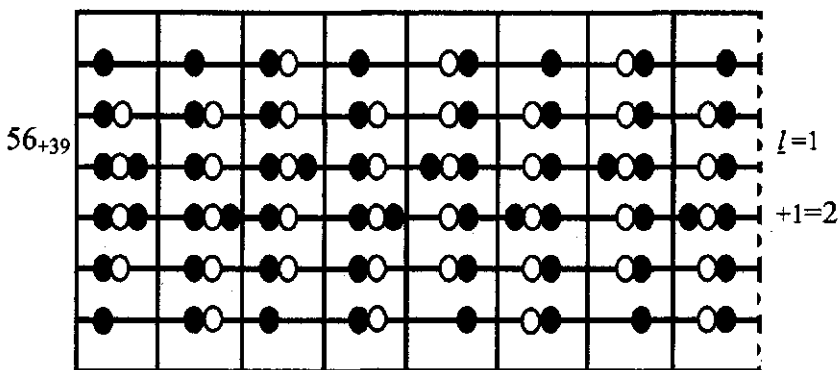
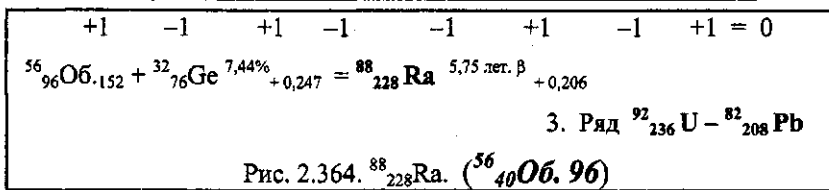
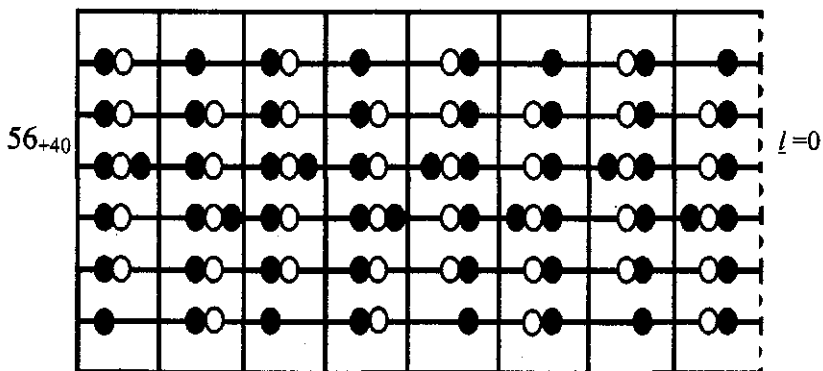


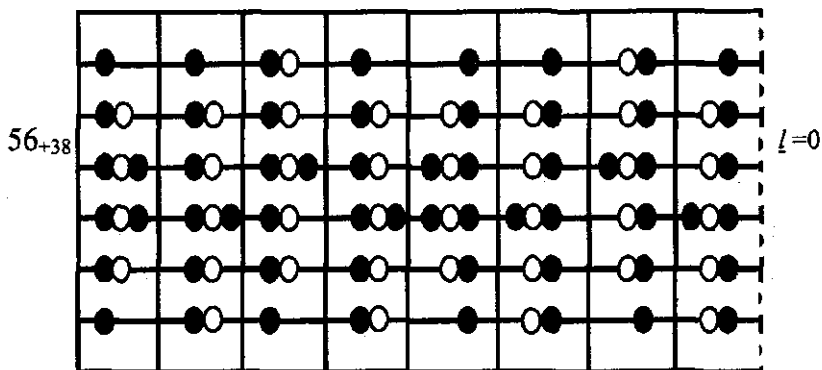
+1/2 -1 +1 -1 -1/2 +1 -1 +1=0

$^{56}_{98}\text{Об}_{.154} + ^{34}_{78}\text{Se}_{23,78\%} + 0,250 = ^{90}_{232}\text{Th}_{1,435 \text{ E } 10 \text{ лет } \alpha 100\%, \text{ СД?} + 0,242}$

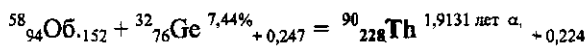
2. Ряд $^{92}_{236}\text{U} - ^{82}_{208}\text{Pb}$

Рис. 2.363. $^{90}_{232}\text{Th}$. ($^{56}_{42}\text{Об}_{.98}$)



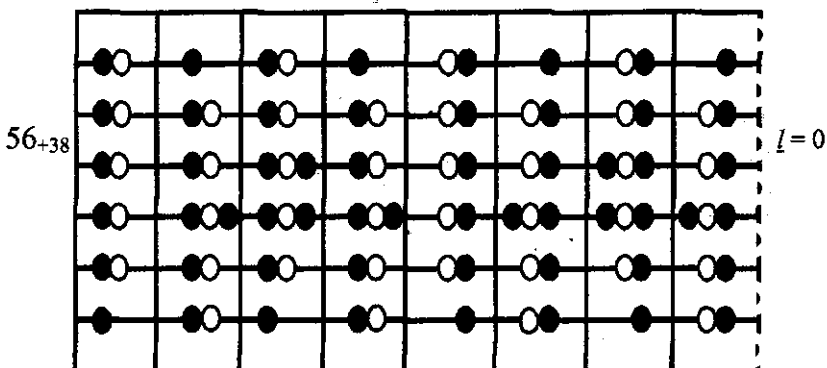


+0 -1 +1 -1 -0 +1 -1 +1 = 0

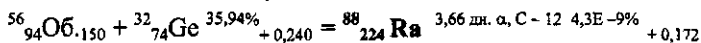


5. Ряд $^{92}_{236}\text{U} - ^{82}_{208}\text{Pb}$

Рис. 2.366. $^{90}_{228}\text{Th}$. ($^{58}_{38}\text{Ob}$, 96)

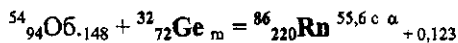
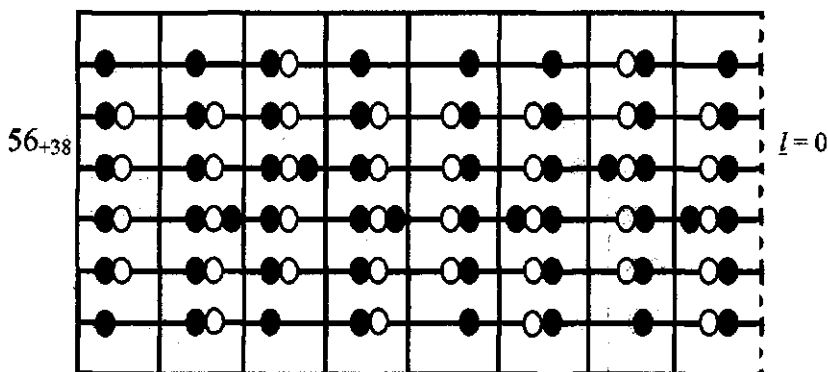


+1/2 -1 +1/2 -1 -1/2 +1 -1/2 +1 = 0



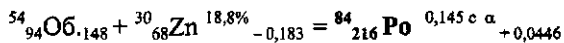
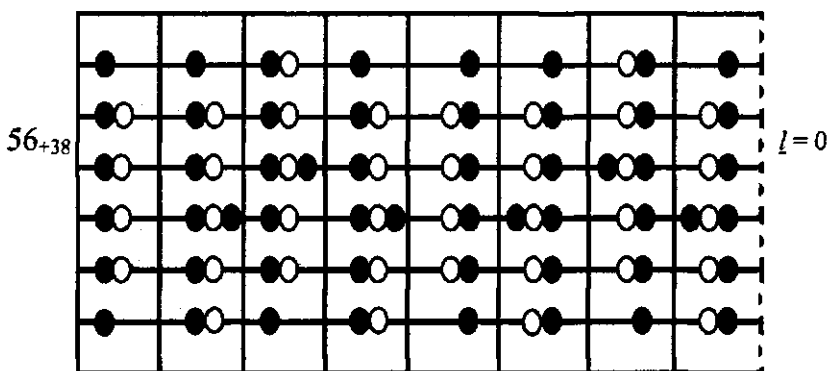
6. Ряд $^{92}_{236}\text{U} - ^{82}_{208}\text{Pb}$

Рис. 2.367. $^{88}_{224}\text{Ra}$. ($^{56}_{38}\text{Ob}$, 94)



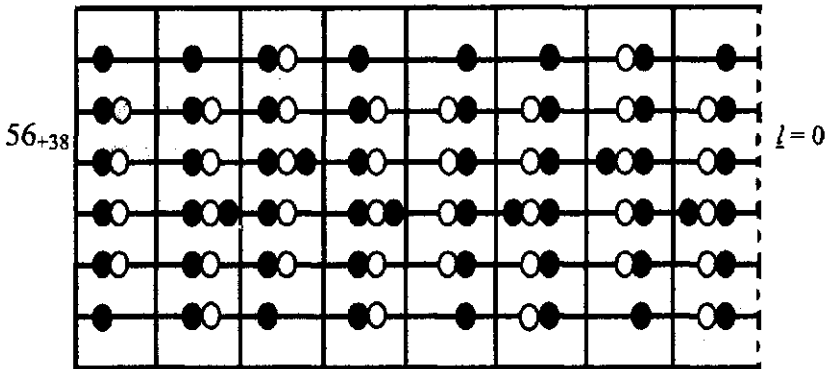
7. Ряд ${}^{92}_{236}\text{U} - {}^{82}_{208}\text{Pb}$

Рис. 2.368. ${}^{86}_{220}\text{Rn}$. (${}^{54}_{38}\text{Об}_{.92}$)



8. Ряд ${}^{92}_{236}\text{U} - {}^{82}_{208}\text{Pb}$

Рис. 2.369. ${}^{84}_{216}\text{Po}$. (${}^{54}_{38}\text{Об}_{.92}$)

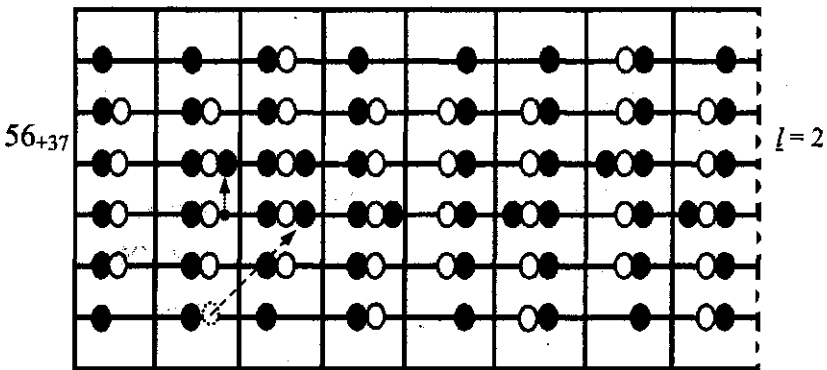


+0 -1 +1 -1 -0 +1 -1 +1 = 0

$^{54}_{94}\text{Об}_{.148} + ^{28}_{64}\text{Ni}^{0,926\%}_{-0,176} = ^{82}_{212}\text{Pb}^{10,64\text{ч}\beta}_{+0,0370}$

9. Ряд $^{92}_{236}\text{U} - ^{82}_{208}\text{Pb}$

Рис. 2.370. $^{82}_{212}\text{Pb}$. ($^{54}_{38}\text{Об. 92}$)

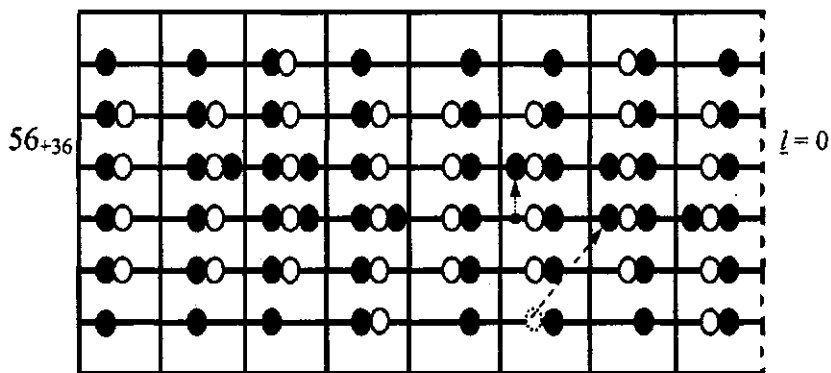


+0 +1/2 +1/2 -1 -0 +1 -1 +1 = 1, -2 = 1

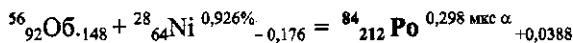
$^{55}_{93}\text{Об}_{.148} + ^{28}_{64}\text{Ni}^{0,926\%}_{-0,176} = ^{83}_{212}\text{Bi}(1)^{\beta 60,55\text{мин}}^{64,06\%, \alpha 35,94\%, \beta\alpha 0,014\%}$

10. Ряд $^{92}_{236}\text{U} - ^{82}_{208}\text{Pb}$

Рис. 2.371. $^{83}_{212}\text{Bi}$. ($^{55}_{37}\text{Об. 92}$)

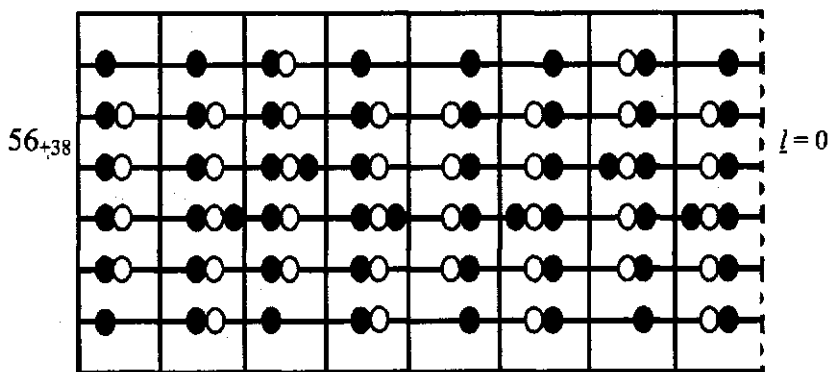


+0 +1/2 +1/2 +0 -1 -1/2 -1/2 -0 = 0

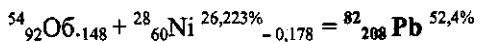


11. Ряд ${}^{92}_{236}\text{U} - {}^{82}_{208}\text{Pb}$

Рис. 2.372. ${}^{84}_{212}\text{Po}$. (${}^{56}_{36}\text{Ob}_{.92}$)



+0 -1 +1 -1 -0 +1 -1 -0 = 0



12. Ряд ${}^{92}_{236}\text{U} - {}^{82}_{208}\text{Pb}$

Рис. 2.373. ${}^{82}_{208}\text{Pb}$. (${}^{54}_{38}\text{Ob}_{.92}$)

Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$

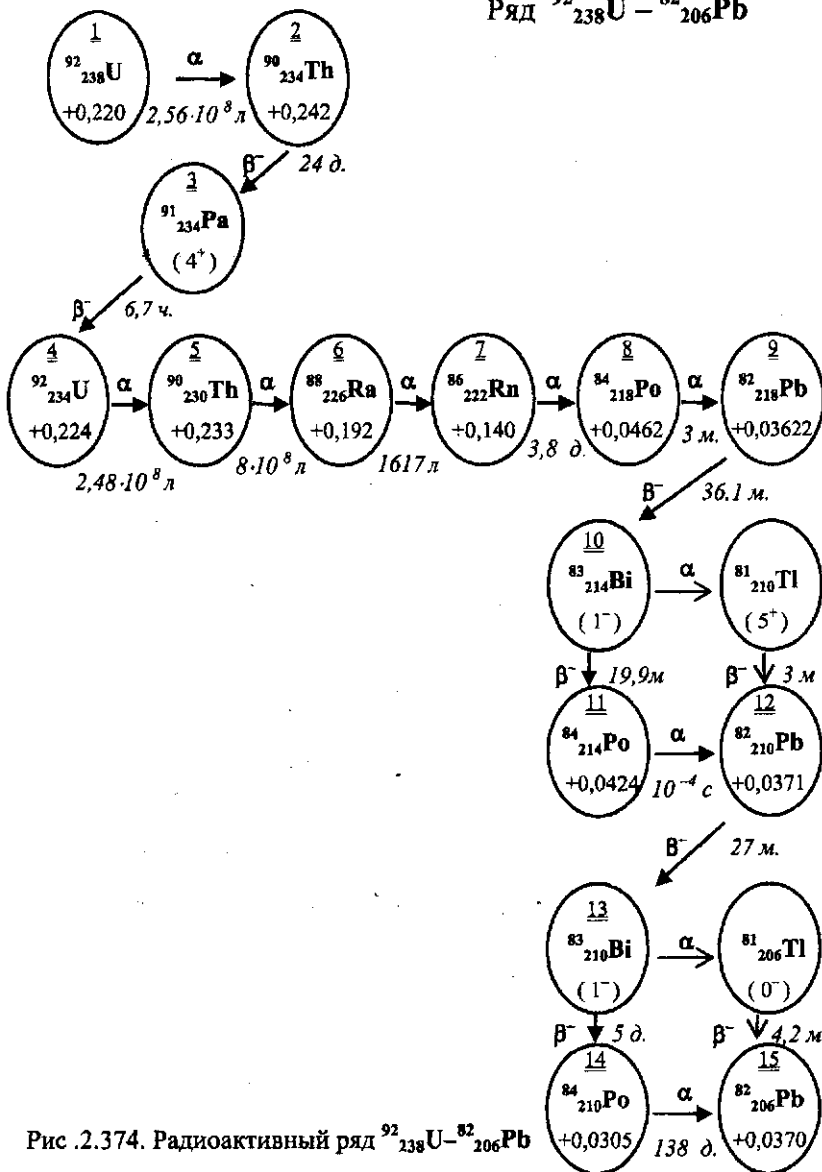
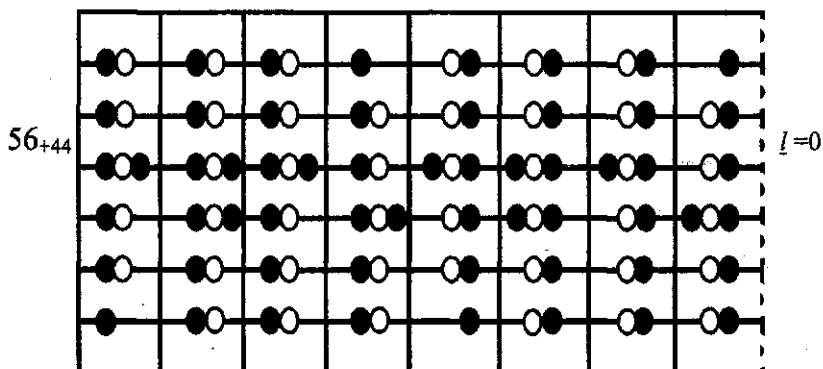


Рис .2.374. Радиоактивный ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$

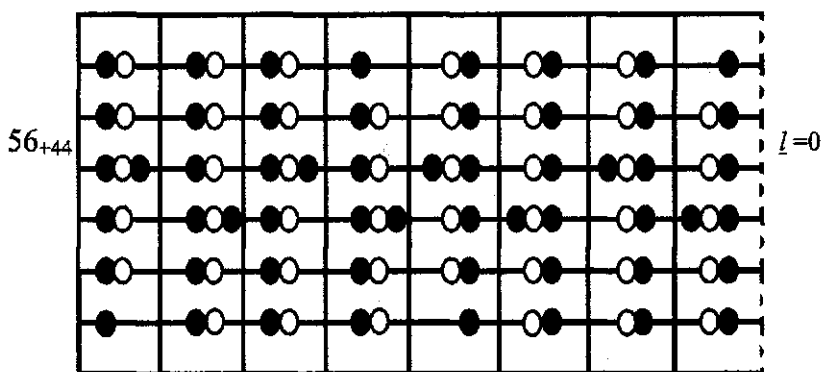


+1 +0 +1/2 -1 -1 +0 -1/2 +1 = 0

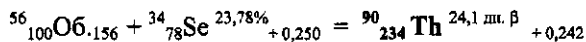


1. Ряд ${}^{92}_{238}\text{U} - {}^{82}_{206}\text{Pb}$

Рис. 2.375. ${}^{92}_{238}\text{U}$. (${}^{58}_{44}\text{Ob}_{.102}$)

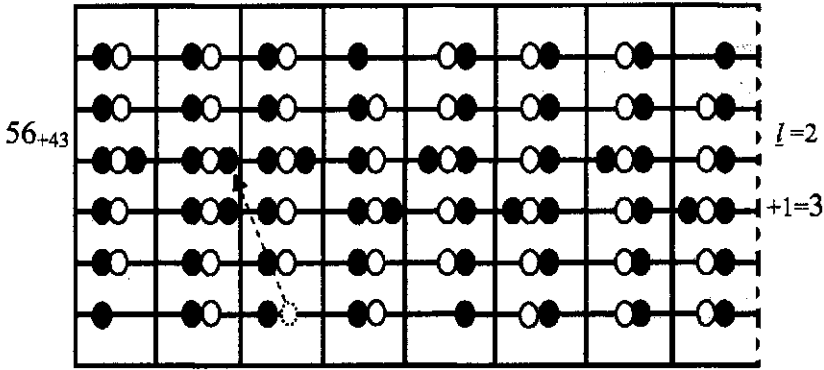


+1 +1/2 +1/2 -1 -1 +1/2 -1/2 +1 = 0



2. Ряд ${}^{92}_{238}\text{U} - {}^{82}_{206}\text{Pb}$

Рис. 2.376. ${}^{90}_{234}\text{Th}$. (${}^{56}_{44}\text{Ob}_{.100}$)

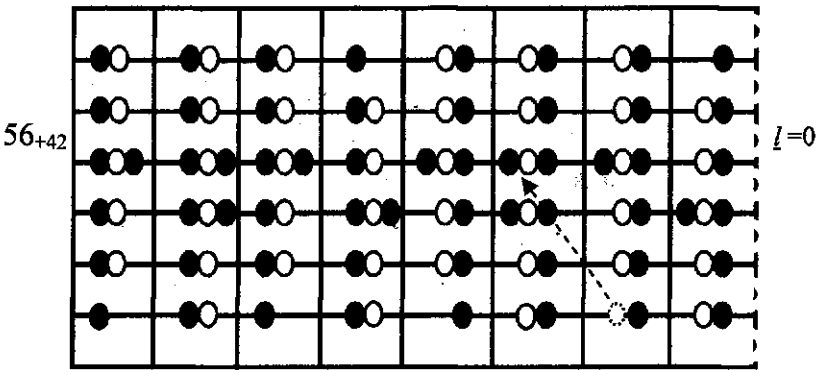


+1 +0 +1 -1 -1 +1/2 -1/2 +1 = 1, +3 = 4

$^{57}_{99}\text{Ob}_{.156} + ^{34}_{78}\text{Se}_{23,78\%} + 0,250 = ^{91}_{234}\text{Pa} (4)_{6,7 \text{ ч. } \beta}$

3. Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$

Рис. 2.377. $^{91}_{234}\text{Pa}$. ($^{57}_{43}\text{Ob.100}$)

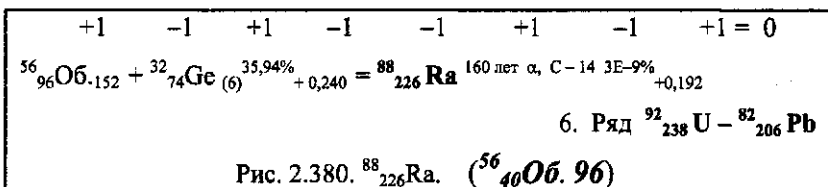
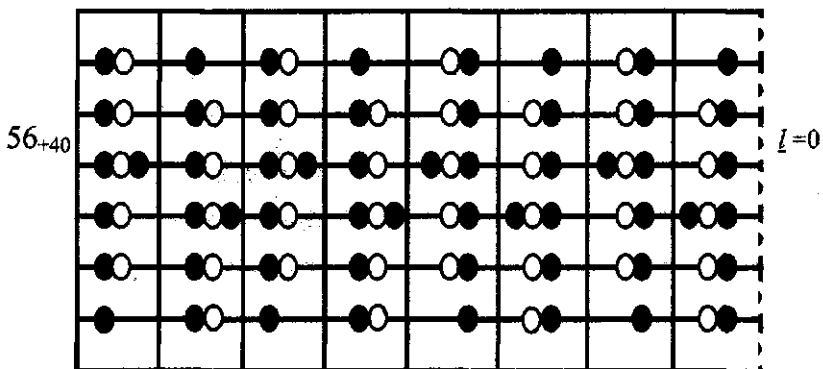
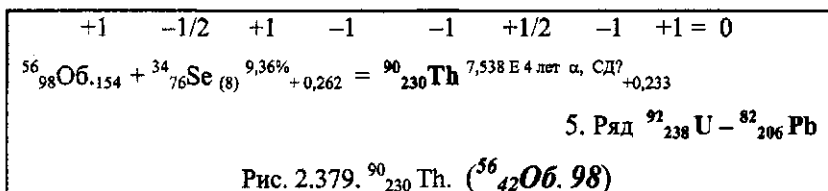
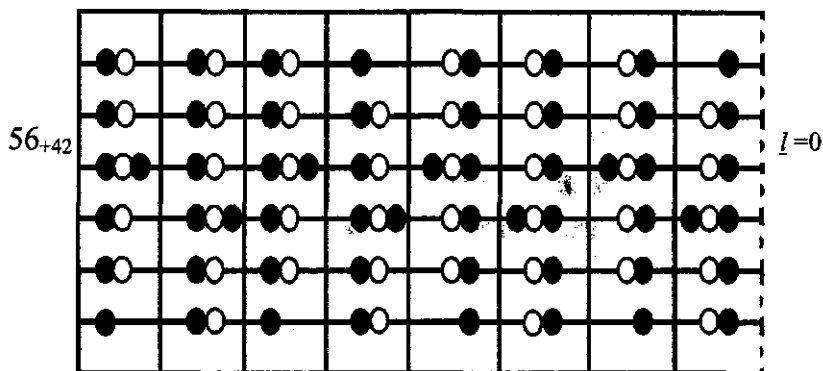


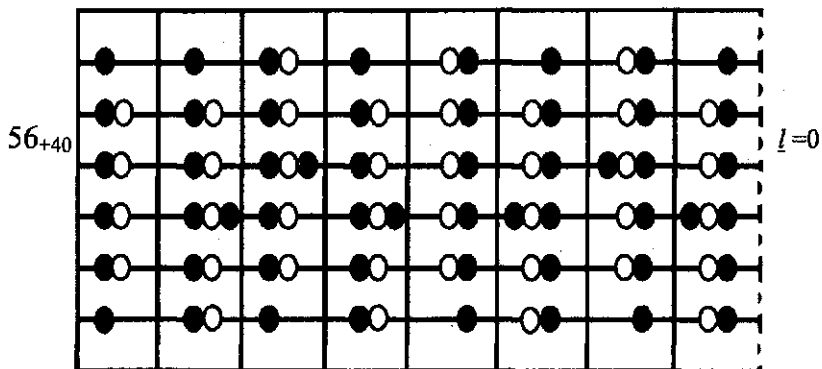
+1/2 -1/2 +1/2 -1 -1/2 +1/2 -1/2 +1 = 0

$^{58}_{98}\text{Ob}_{.156} + ^{34}_{78}\text{Se} (8)_{23,78\%} + 0,250 = ^{92}_{234}\text{U}_{2,45 \text{ в } 5 \text{ лет } \alpha, \text{ СД (см) } 0,0055\% + 0,224}$

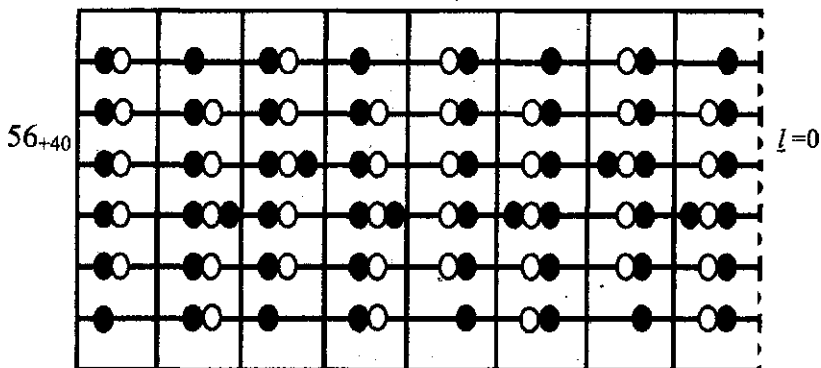
4. Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$

Рис. 2.378. $^{92}_{234}\text{U}$. ($^{58}_{42}\text{Ob.100}$)

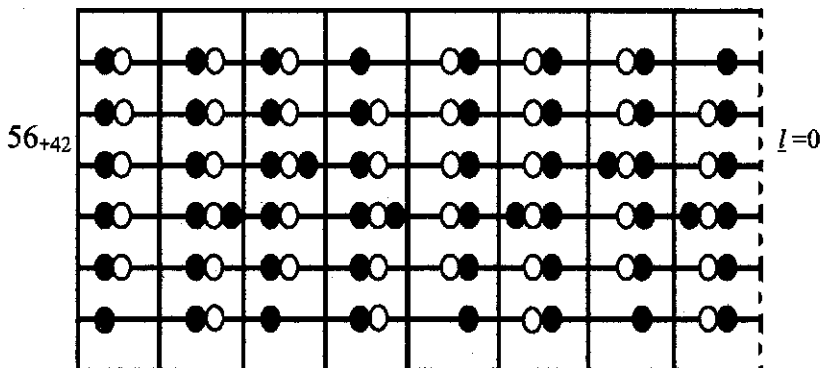




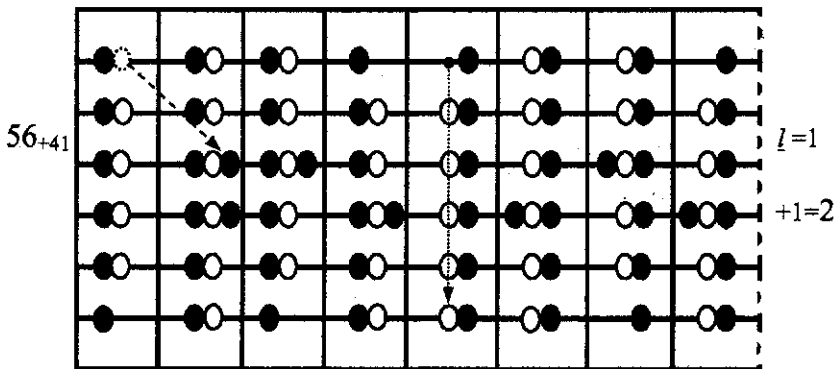
$+1/2 \quad -1 \quad +1 \quad -1 \quad -1/2 \quad +1 \quad -1 \quad +1 = 0$
 $^{54}_{96}\text{Об}_{.150} + ^{32}_{72}\text{Ge}_{m(6)} = ^{86}_{222}\text{Rn} \quad 3,8235 \text{ ДИЭ, } \alpha \quad +0,140$
 7. Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$
 Рис. 2.381. $^{86}_{222}\text{Rn}$. ($^{54}_{40}\text{Об}_{.94}$)



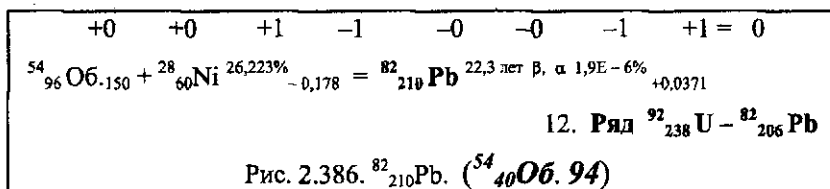
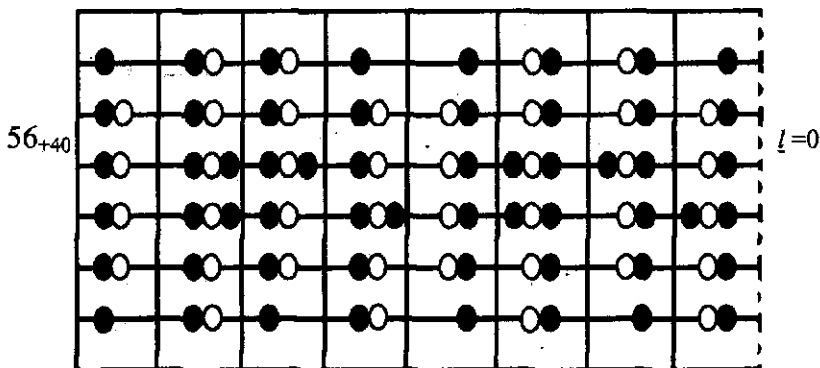
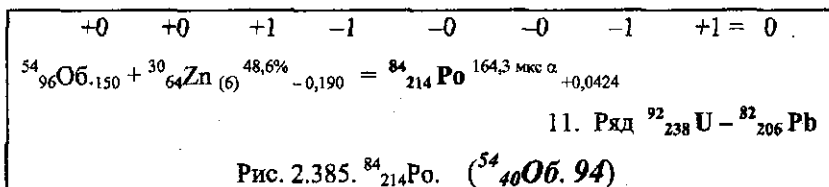
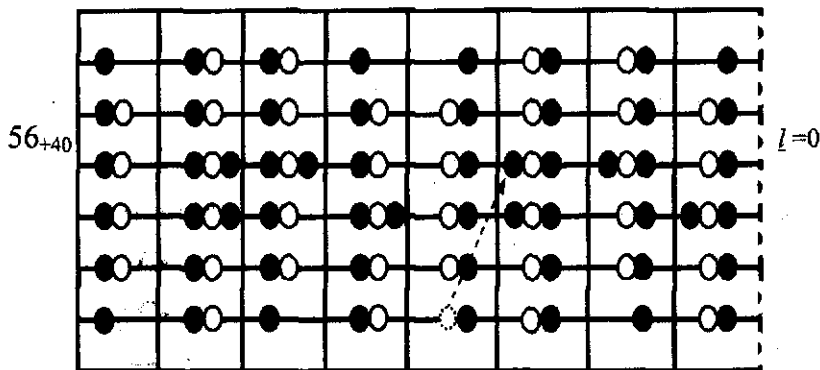
$+1/2 \quad -1 \quad +1 \quad -1 \quad -1/2 \quad +1 \quad -1 \quad +1 = 0$
 $^{54}_{96}\text{Об}_{.150} + ^{30}_{68}\text{Zn}_{(6)} \quad 18,8\% \quad -0,183 = ^{84}_{218}\text{Po} \quad \alpha \quad 99,98\%, \beta \quad 0,02\% \quad +0,0466$
 8. Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$
 Рис. 2.382. $^{84}_{218}\text{Po}$. ($^{54}_{40}\text{Об}_{.94}$)

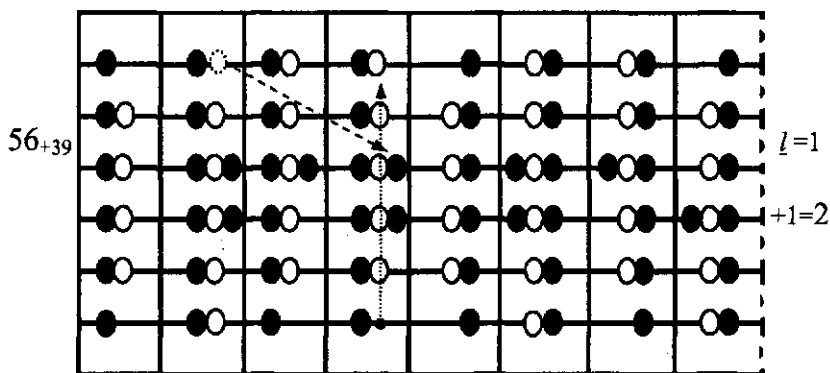


+1/2 -1/2 +1 -1 -1/2 +1/2 -1 +1 = 0
 $^{52}_{98}\text{Об.}_{150} + ^{30}_{64}\text{Zn}_{(6)} \text{ }^{48,6\%}_{-0,190} = ^{82}_{214}\text{Pb} \text{ }^{26,8 \text{ мин.}} \beta + 0,0362$
 9. Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$
 Рис. 2.383. $^{82}_{214}\text{Pb}$. ($^{52}_{42}\text{Об.}_{94}$)



+0 +0 +1 -1 +1/2 +1/2 -1 +1 = 1, -2 = -1
 $^{53}_{97}\text{Об.}_{150} + ^{30}_{64}\text{Zn}_{(6)} \text{ }^{48,6\%}_{-0,190} = ^{83}_{214}\text{Bi} \text{ }^{19,9 \text{ мин}} \beta \text{ }^{99,98\%}, \alpha \text{ }^{0,02\%}$
 10. Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$
 Рис. 2.384. $^{83}_{214}\text{Bi}$. ($^{53}_{41}\text{Об.}_{94}$)





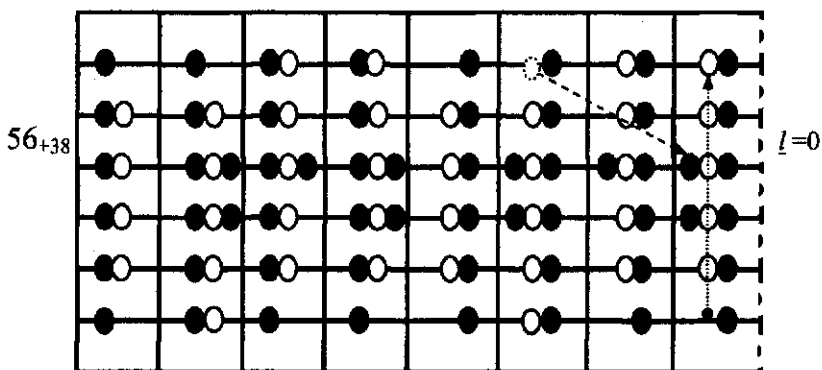
+0 -1/2 +1 +1/2 -0 -0 -1 +1=1, -2=1

$^{55}_{95}\text{Об}_{.150} + ^{28}_{60}\text{Ni}_{26,223\%}^{-0,178} = ^{83}_{210}\text{Bi} (1)_{5,013 \text{ дн. } \beta, \alpha 1,3\text{E-}4\%}$

$\mu = D \times k - \underline{l} = 0,88 \times 1,2 - 2_{\text{орб.}} = -0,94 \quad (\text{а, нс } -0,044)$

13. Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$

Рис. 2.387. $^{83}_{210}\text{Bi}$. ($^{55}_{39}\text{Об. 94}$)

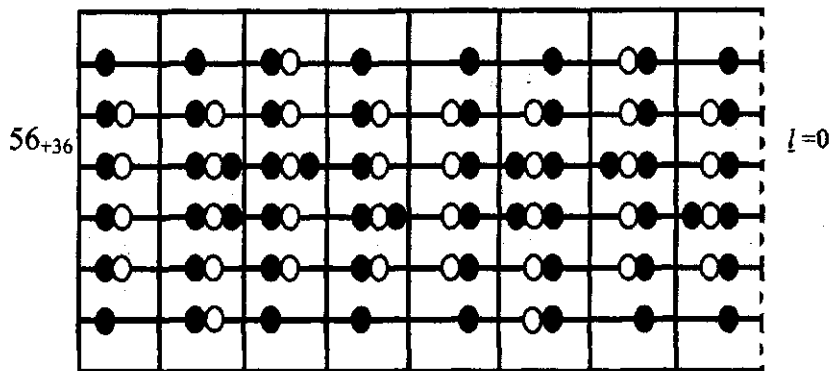


+0 -1/2 +1 +1/2 -0 +1/2 -1 -1/2=0

$^{56}_{94}\text{Об}_{.150} + ^{28}_{60}\text{Ni}_{26,223\%}^{-0,178} = ^{84}_{210}\text{Po}_{138,376 \text{ дн. } \alpha}_{+0,0305}$

14. Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$

Рис. 2.388. $^{84}_{210}\text{Po}$. ($^{56}_{38}\text{Об. 94}$)



+0 -1/2 +1 +1/2 -0 +1/2 -1 -1/2 = 0

$^{54}_{92}\text{Об.146} + ^{28}_{60}\text{Ni}^{26,223\%}_{-0,178} = ^{82}_{206}\text{Pb}^{24,1\%}_{+0,0370}$

15. Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{206}\text{Pb}$

Рис. 2.389. $^{82}_{206}\text{Pb}$. ($^{54}_{36}\text{Об.90}$)

Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$

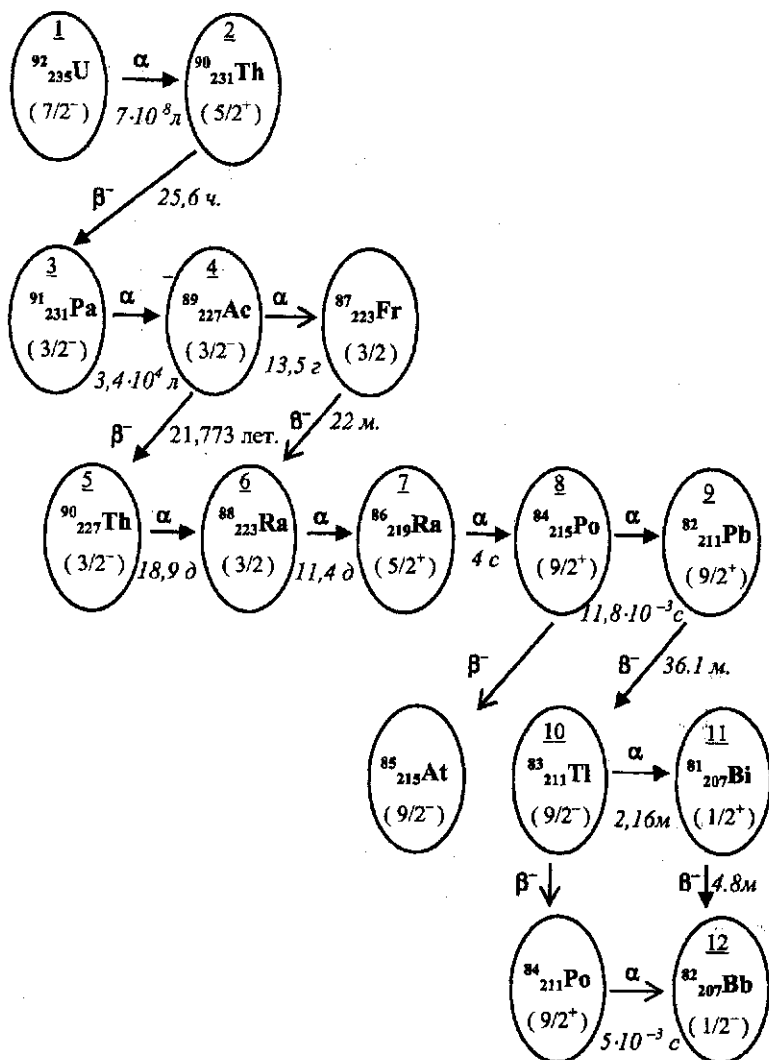
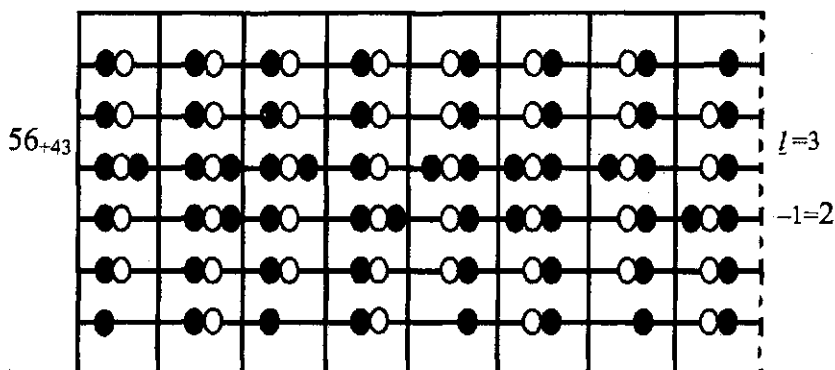
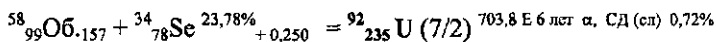


Рис.2.390. Радиоактивный ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$



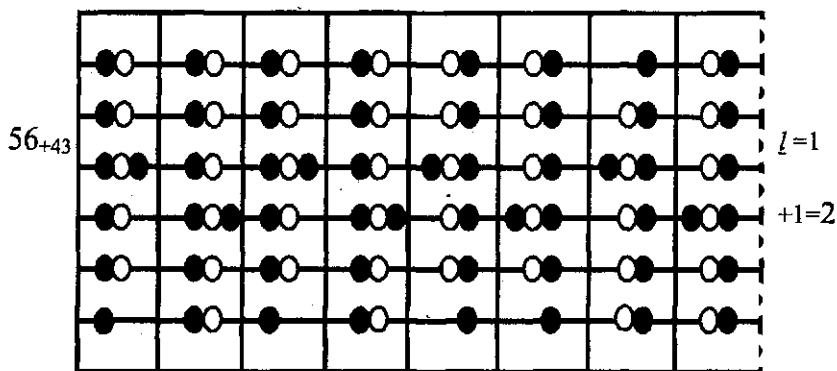
$$+1 \quad +0 \quad +1 \quad +1/2 \quad -1 \quad -0 \quad -1 \quad +1 = 3/2, +2 = 7/2$$



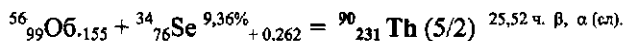
$$\mu = n \times k + I = -1,91 \times 1,25 + 2_{\text{об.}} = -0,38$$

1. Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$

Рис. 2.391. $^{92}_{235}\text{U}$. ($^{58}_{43}\text{Об. 101}$)

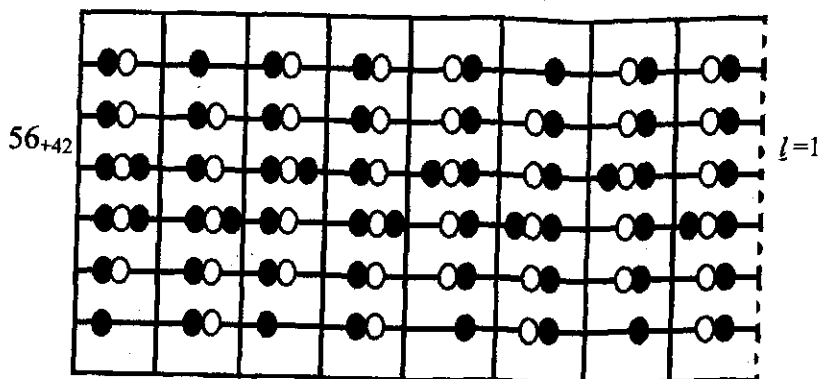


$$+1 \quad -1/2 \quad +1 \quad +1/2 \quad -1 \quad -0 \quad -0 \quad +1/2 = 1/2, +2 = 5/2$$

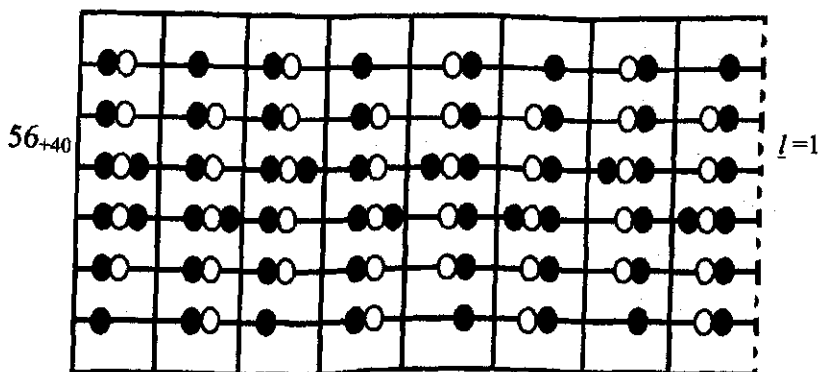


2. Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$

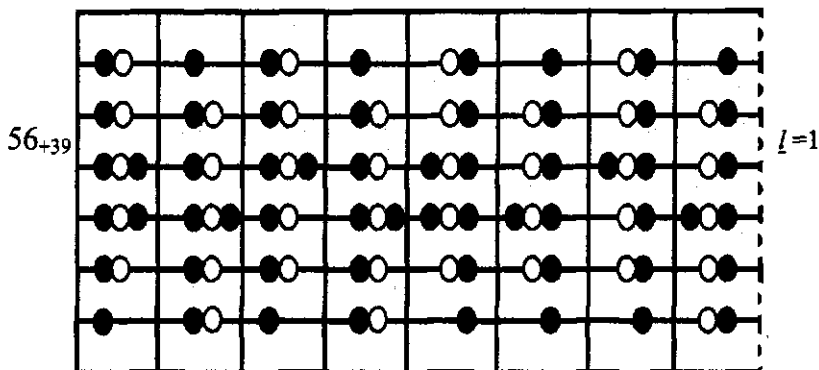
Рис. 2.392. $^{90}_{231}\text{Th}$. ($^{56}_{43}\text{Об. 99}$)



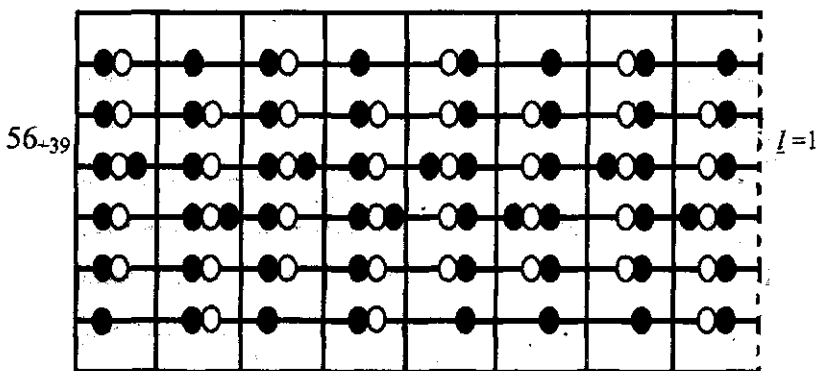
$+1/2 \quad -1 \quad +1 \quad -1/2 \quad -1 \quad +1 \quad -1 \quad +1/2 = -1/2, -1 = 3/2$
 $^{57}_{96}\text{Об.}_{153} + ^{34}_{76}\text{Se}^{9,36\%}_{+0,262} = ^{91}_{231}\text{Pa} (3/2) \quad 3,276 \text{ E } 4 \text{ лет } \alpha, \text{ CД?}$
 $\mu = p / k + l = 2,79 \times 1,08 - 1_{\text{орб.}} = 2,01$
 3. Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$
 Рис. 2.393. $^{91}_{231}\text{Pa}$. ($^{57}_{42}\text{Об.}_{99}$)



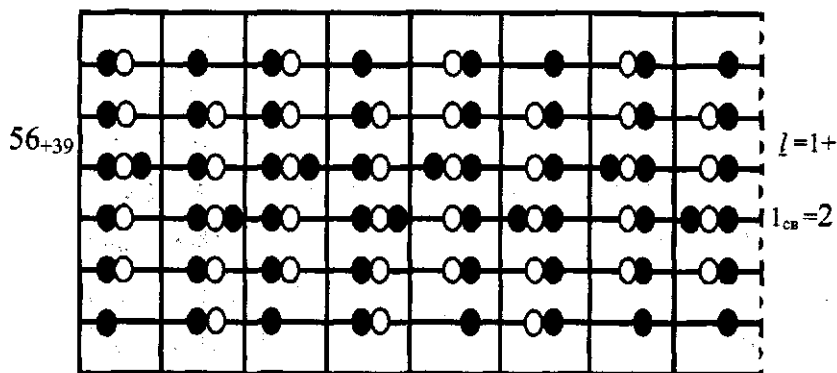
$+1/2 \quad -1 \quad +1 \quad -1 \quad -1 \quad +1 \quad -1 \quad +1 = -1/2, -1 = 3/2$
 $^{57}_{96}\text{Об.}_{153} + ^{32}_{74}\text{Ge}^{35,94\%}_{+0,240} = ^{89}_{227}\text{As} (3/2) \quad 21,773 \text{ лет. } \beta \text{ 83\%, } \alpha \text{ 1,38\%}$
 4. Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$
 Рис. 2.394. $^{89}_{227}\text{As}$. ($^{57}_{40}\text{Об.}_{97}$)



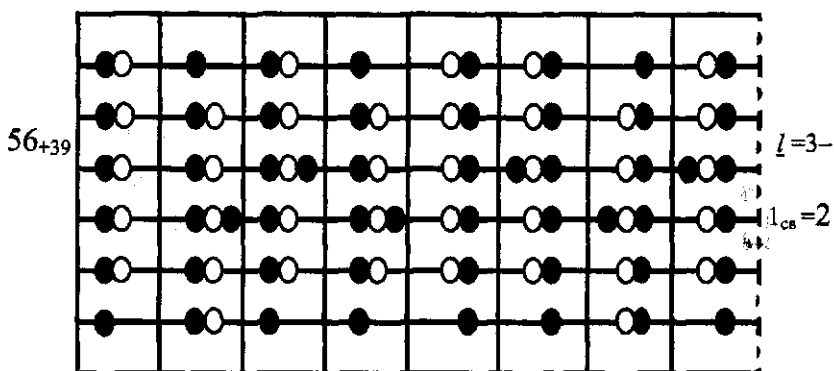
+1/2 -1 +1 -1 -1/2 +1/2 -1 +1 = -1/2, -1 = 3/2
 $^{58}_{95}\text{Ob}_{.153} + ^{32}_{74}\text{Ge}^{35,94\%}_{+0,240} = ^{90}_{227}\text{Th} (3/2)_{18,718 \text{ дн. } \alpha}$
 5. Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$
 Рис. 2.395. $^{90}_{227}\text{Th}$. ($^{58}_{39}\text{Ob}_{.97}$)



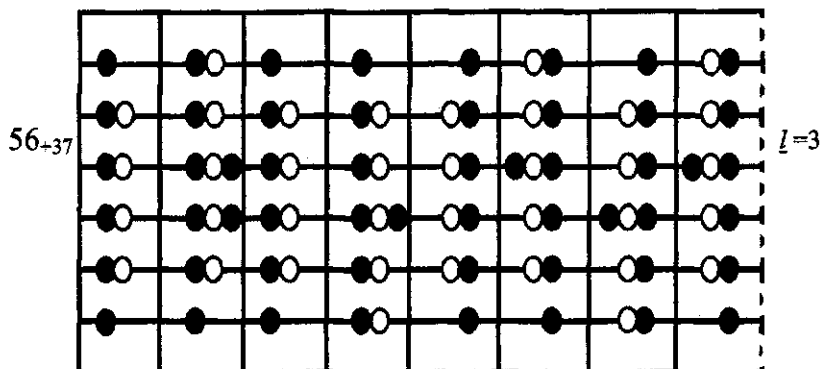
+1 -1 +1 -1 -1 +1/2 -1 +1 = -1/2, +1 = 1/2
 $^{56}_{95}\text{Ob}_{.151} + ^{32}_{72}\text{Ge}^{27,66\%}_{-0,203} = ^{88}_{223}\text{Ra} (1/2)_{11,434 \text{ дн. } \alpha, \text{ C-14 (он)}}$
 $\mu = n/k - l = -1,91/1,5 + 1_{\text{опб.}} = 0,27$
 6. Ряд $^{92}_{238}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$
 Рис. 2.396. $^{88}_{223}\text{Ra}$. ($^{56}_{39}\text{Ob}_{.95}$)



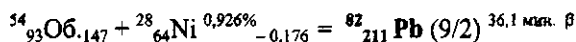
+1 -1 +1 -1 -1 +1 -1 +1/2 = -1/2, -2 = 5/2
 $^{56}_{95}\text{Об}_{.149} + ^{30}_{70}\text{Zn} >5E6 \text{ лет } 0,6\% -0,201 = ^{86}_{219}\text{Rn} (5/2) 3,96 \text{ с. } \alpha$
 7. Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$
 Рис. 2.397. $^{86}_{219}\text{Rn}$. ($^{56}_{39}\text{Об. } 95$)



+1/2 -1 +1 -1/2 -1/2 -1 +1 -1 = -3/2, -3 = 9/2
 $^{54}_{95}\text{Об}_{.149} + ^{30}_{66}\text{Zn}^{27,9\%} -0,172 = ^{84}_{215}\text{Po} (9/2) 1,78 \text{ мс. } \alpha, \beta 0,0002\%$
 8. Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$
 Рис. 2.398. $^{84}_{215}\text{Po}$. ($^{54}_{39}\text{Об. } 93$)



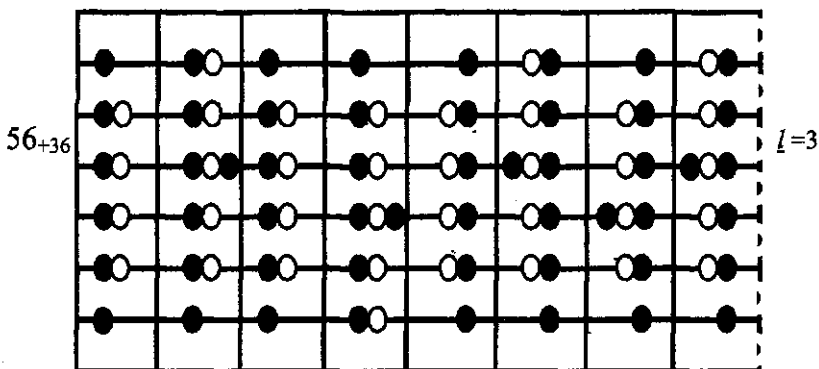
$$+0 \quad +1/2 \quad +0 \quad -1 \quad -0 \quad -1 \quad +1 \quad -1 = -3/2, -3 = 9/2$$



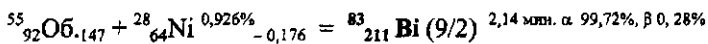
$$\mu = (2n - p) \times k + \underline{l} = 1,3 \times 1, 23 - 3_{\text{опб.}} = -1,4$$

9. Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$

Рис. 2.399. $^{82}_{211}\text{Pb}$. ($^{54}_{37}\text{Ob}$. 91)

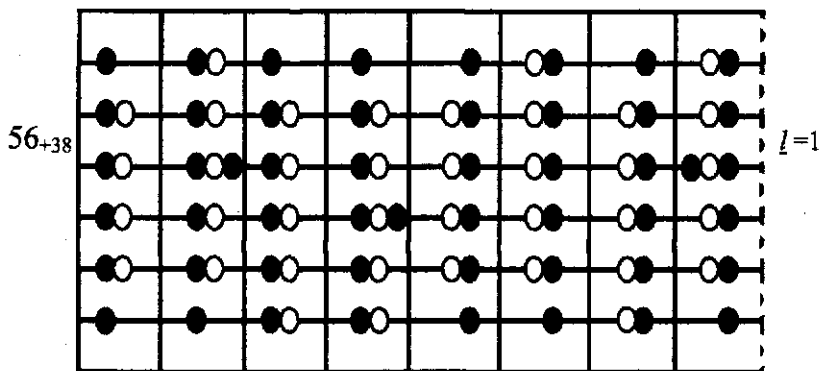


$$+0 \quad +1 \quad +0 \quad -1 \quad -0 \quad -1 \quad +1/2 \quad -1 = -3/2, -3 = 9/2$$



10. Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$

Рис. 2.400. $^{83}_{211}\text{Bi}$. ($^{55}_{36}\text{Ob}$. 91)



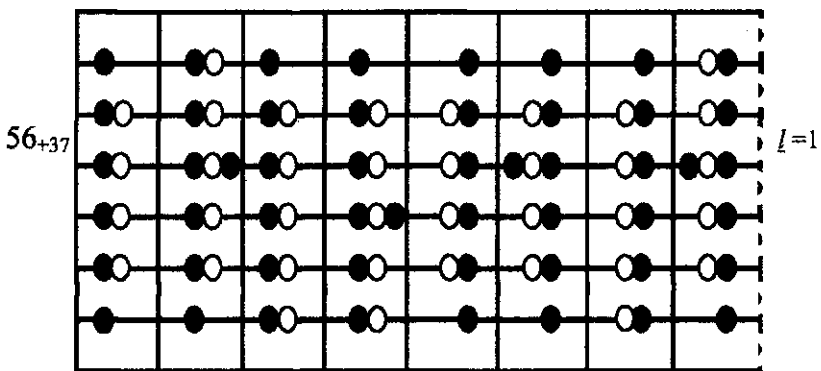
+0 +1 -1/2 -1 -0 -1/2 +1/2 +1 = 1/2, -1 = 1/2

$^{53}_{94}\text{Об}_{.147} + ^{28}_{60}\text{Ni}_{26,223\% -0,178} = ^{81}_{207}\text{Tl}(1/2)_{4,77 \text{ мдл. } \beta}$

$\mu = p/k + l = 2,79 \times 1,03 - 1_{\text{опб.}} = 1,87.$

11. Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$

Рис. 2.401. $^{81}_{207}\text{Tl}$. ($^{53}_{38}\text{Об. 91}$)



+0 +1 -1/2 -1 -0 -1/2 +1/2 +1 = 1/2, -1 = 1/2

$^{54}_{93}\text{Об}_{.147} + ^{28}_{60}\text{Ni}_{26,223\% -0,178} = ^{82}_{207}\text{Pb}(1/2)_{22,1\%}$

$\mu = p/k + l = -1,91/1,2 + 1_{\text{опб.}} = 0,59$

12. Ряд $^{92}_{235}\text{U} - ^{82}_{207}\text{Pb}$

Рис. 2.402. $^{82}_{207}\text{Pb}$. ($^{54}_{37}\text{Об. 91}$)

Ряд $^{93}_{237}\text{Np} - ^{83}_{209}\text{Bi}$

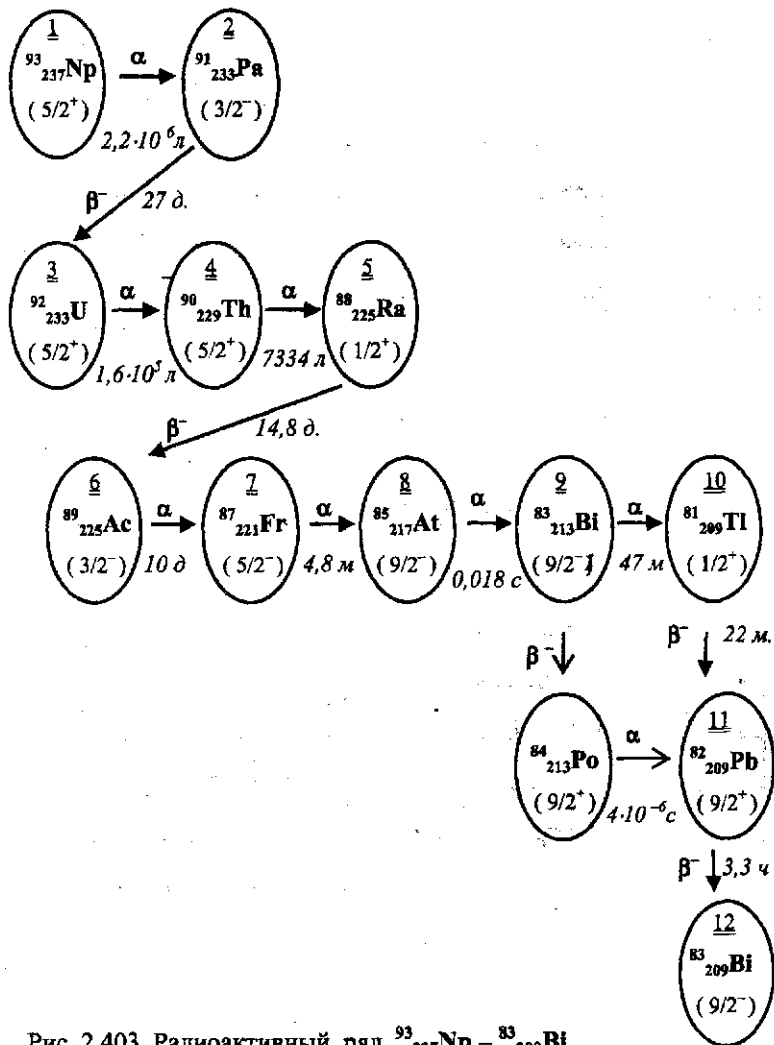
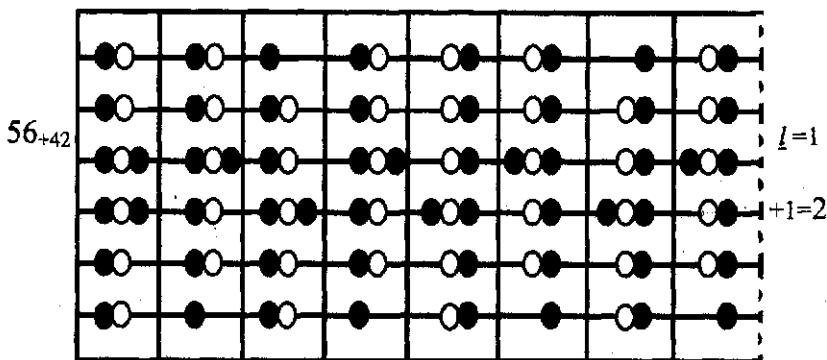


Рис. 2.403. Радиоактивный ряд $^{93}_{237}\text{Np} - ^{83}_{209}\text{Bi}$



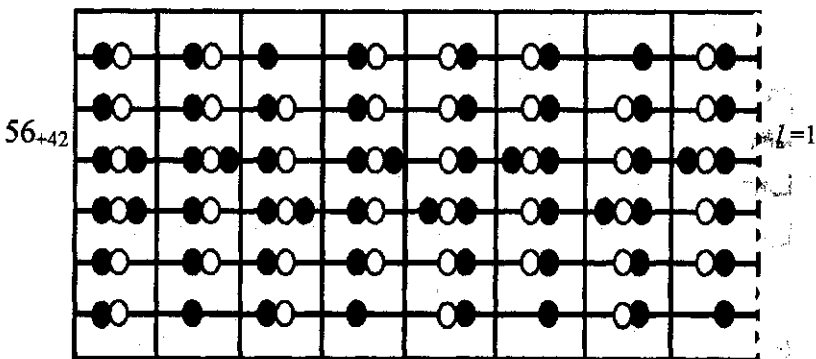
+0 +1 -1 +1 +1/2 -1 +1 -1 = 1/2, +2 = 5/2

${}^{57}_{98}\text{Об}_{.155} + {}^{36}_{82}\text{Kr}^{11,6\%}_{+0,223} = {}^{93}_{237}\text{Np} (5/2)^{2,14 \text{ E 6 лет } \alpha, \text{ СД } < 0,2\%}$

$\mu = (2n - p) \times k + \underline{l} = 1,03 \times 1,11 + 2_{\text{опб.}} = 3,14$

1. Ряд ${}^{93}_{237}\text{Np} - {}^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.404. ${}^{93}_{237}\text{Np}$. (${}^{57}_{42}\text{Об.99}$)



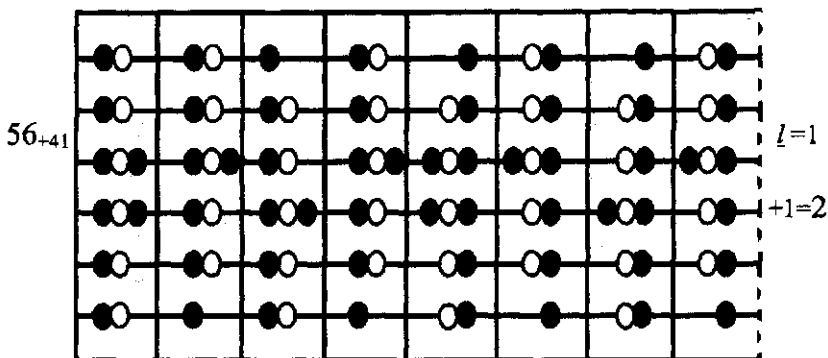
+0 +1 -1 +1 +1/2 -1 +1 -1 = 1/2, +1 = 3/2

${}^{57}_{98}\text{Об}_{.155} + {}^{34}_{78}\text{Se}^{23,78\%}_{+0,250} = {}^{91}_{233}\text{Pa} (3/2)^{26,967 \text{ мн. } \beta}$

$\mu = p / k + \underline{l} = 2,79/1,17 + 1_{\text{опб.}} = 3,39$

2. Ряд ${}^{93}_{237}\text{Np} - {}^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.405. ${}^{91}_{233}\text{Pa}$. (${}^{57}_{42}\text{Об.99}$)



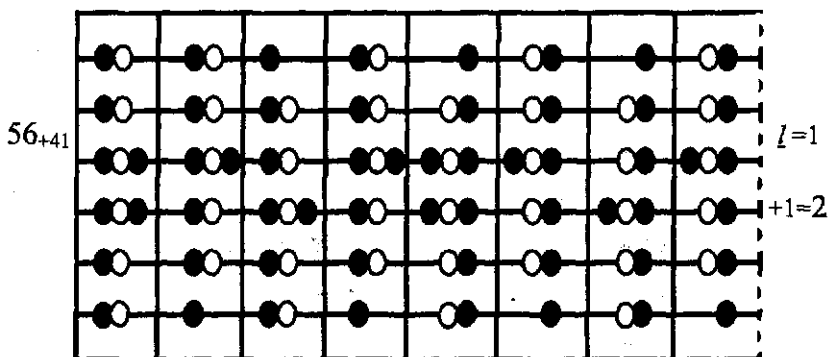
+0 +1 -1 +1 +1/2 -1 +1 -1 = 1/2, +2 = 5/2

${}^{58}_{97}\text{Об.155} + {}^{34}_{78}\text{Se } 23,78\%_{+0,250} = {}^{92}_{233}\text{U } (5/2)^{1,592 \text{ E } 5 \text{ лет } \alpha, \text{ Ne } -24 \text{ (en), СД } < 6\text{E} - 9\%$

$$\mu = n \times k + l = -1,91 \times 1,36 + 2_{\text{опб.}} = 0,59$$

3. Ряд ${}^{93}_{237}\text{Np} - {}^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.406. ${}^{92}_{233}\text{U. } ({}^{58}_{41}\text{Об. } 99)$



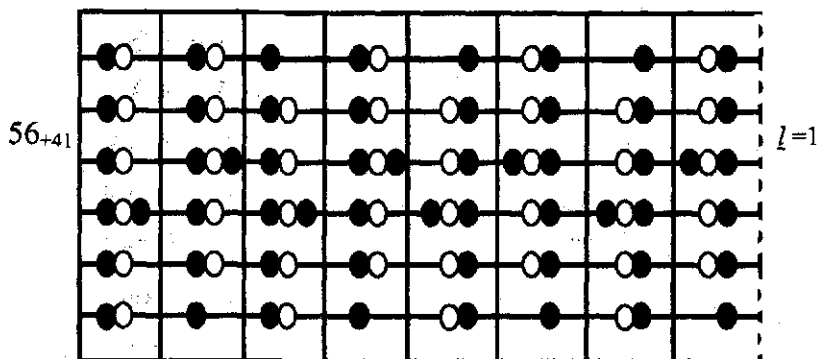
+0 +1 -1 +1 +1/2 -1 +1 -1 = 1/2, +2 = 5/2

${}^{58}_{97}\text{Об.155} + {}^{32}_{74}\text{Ge } 35,94\%_{+0,240} = {}^{90}_{229}\text{Th } (5/2)^{7340 \text{ лет } \alpha,}$

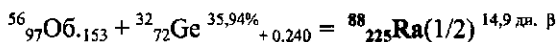
$$\mu = n \times k + l = -1,91 \times 1,29 + 2_{\text{опб.}} = 0,46$$

3. Ряд ${}^{93}_{237}\text{Np} - {}^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.407. ${}^{90}_{229}\text{Th. } ({}^{58}_{41}\text{Об. } 99)$



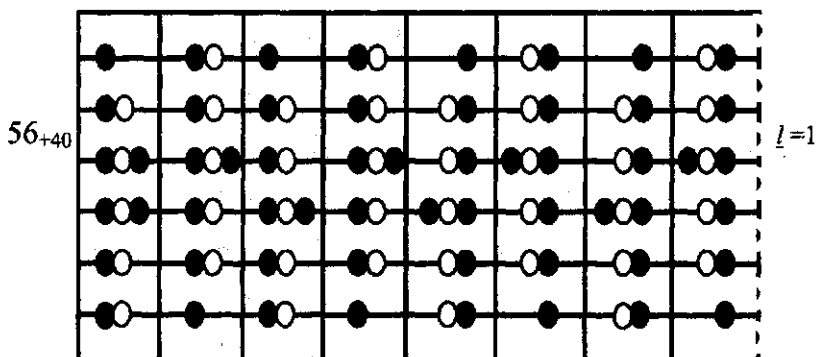
$$-1/2 \quad +1 \quad -1 \quad +1 \quad +1 \quad -1 \quad +1 \quad -1 = -1/2, +1 = 1/2$$



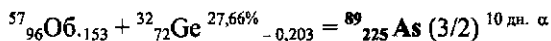
$$\mu = n/k + l = -1,91/1,1 + 1_{\text{опб.}} = -0,73$$

5. Ряд ${}^{93}_{237}\text{Np} - {}^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.408. ${}^{88}_{225}\text{Ra}$. (${}^{56}_{41}\text{Об. 97}$)

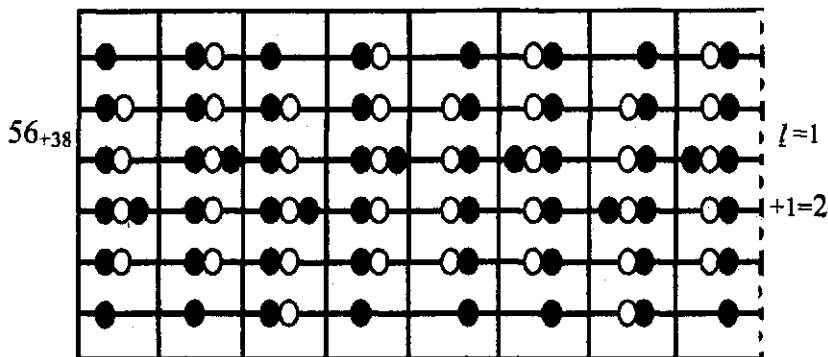


$$-1/2 \quad +1 \quad -1 \quad +1 \quad +1 \quad -1 \quad +1 \quad -1 = 1/2, +1 = 3/2$$

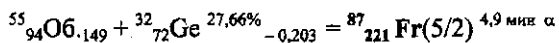


6. Ряд ${}^{93}_{237}\text{Np} - {}^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.409. ${}^{89}_{225}\text{As}$. (${}^{57}_{40}\text{Об. 97}$)



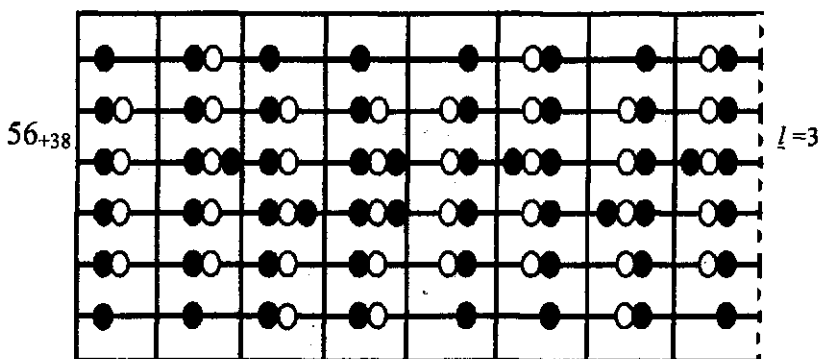
$$-1/2 \quad +1 \quad -1 \quad +1 \quad -0 \quad -1 \quad +1 \quad -1 = -1/2, -2 = 5/2$$



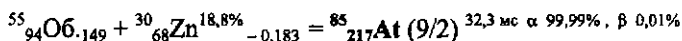
$$\mu = p \times k - l = 2,79 \times 1,33 - 2_{\text{опб.}} = 1,58$$

7. Ряд $^{93}_{237}\text{Np} - ^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.410. $^{87}_{221}\text{Fr.} (^{55}_{38}\text{Об. 93})$

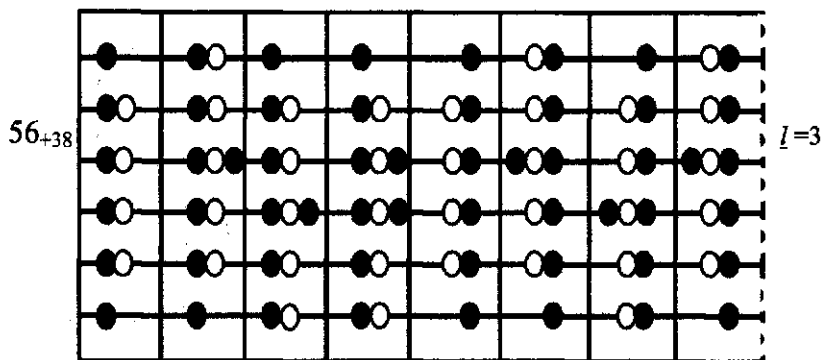


$$+0 \quad +1 \quad -1 \quad -1/2 \quad -0 \quad -1 \quad +1 \quad -1 = -3/2, -3 = 9/2$$

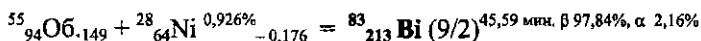


8. Ряд $^{93}_{237}\text{Np} - ^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.411. $^{85}_{217}\text{At.} (^{55}_{38}\text{Об. 93})$

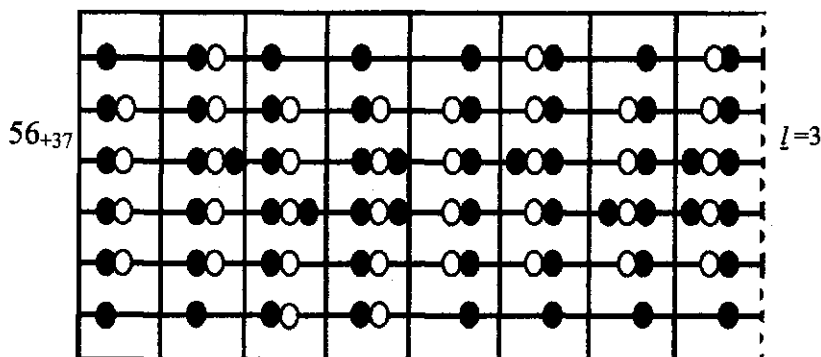


+0 +1 -1 -1/2 -0 -1 +1 -1 = -3/2, -3 = 9/2

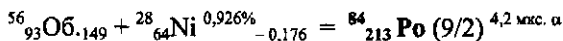


9. Ряд ${}^{93}_{237}\text{Np} - {}^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.412. ${}^{83}_{213}\text{Bi}$. (${}^{55}_{38}\text{Об. 93}$)

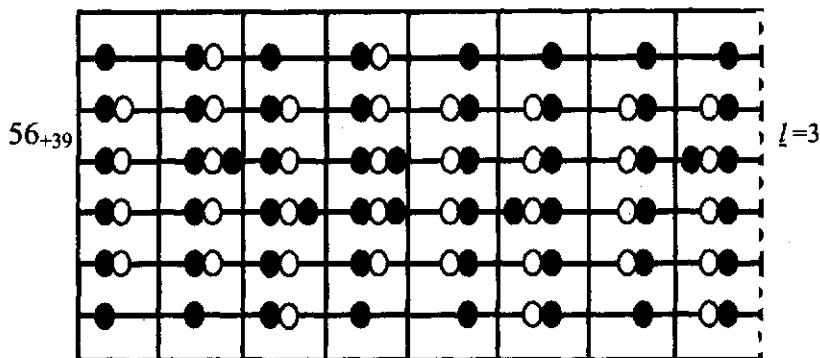


+0 +1 -1 -1/2 -0 -1 +1/2 -1/2 = -3/2, -3 = 9/2



10. Ряд ${}^{93}_{237}\text{Np} - {}^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.413. ${}^{84}_{213}\text{Po}$. (${}^{56}_{37}\text{Об. 93}$)



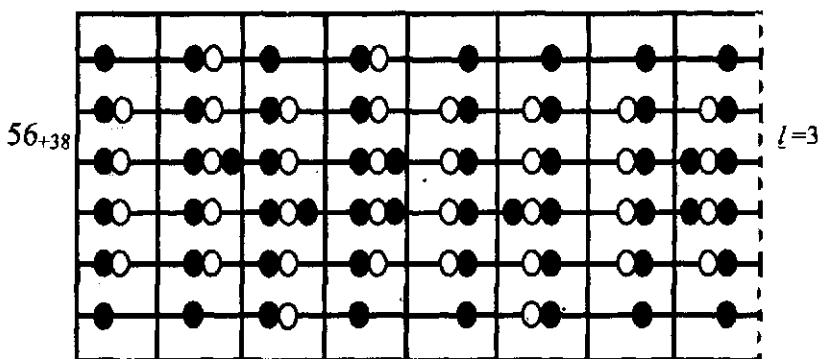
+0 +1 -1 +1/2 -0 +1 -0 -0 = 3/2, +3 = 9/2

$${}^{54}_{95}\text{Об.}_{149} + {}^{28}_{60}\text{Ni}_{26,223\%} - 0,178 = {}^{82}_{209}\text{Pb} (9/2) {}^{3,253} \text{ч } \beta$$

$$\mu = n/k + l = -1,91/1,25 + 3_{\text{опб.}} = -1,47$$

11. Ряд ${}^{93}_{237}\text{Np} - {}^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.414. ${}^{82}_{209}\text{Pb}$. (${}^{54}_{39}\text{Об.}_{93}$)



+0 +1 -1 +1/2 -0 +1 -0 -0 = 3/2, +3 = 9/2

$${}^{55}_{94}\text{Об.}_{149} + {}^{28}_{60}\text{Ni}_{26,223\%} - 0,178 = {}^{83}_{209}\text{Bi} (9/2) {}^{100\%}$$

$$\mu = (2n - p) \times k + l = (2 \times 1,91 - 2,79) \times 1,08 + 3_{\text{опб.}} = 4,11$$

12. Ряд ${}^{93}_{237}\text{Np} - {}^{83}_{209}\text{Bi}$

Рис. 2.415. ${}^{83}_{212}\text{Bi}$. (${}^{55}_{38}\text{Об.}_{93}$)

Таблица 2.1. Деформация внутреннего кластера ядерной оболочки и деформация ядра.

№	${}^Z\text{Об.}_A$	$\pm\beta_{\text{АКластер}}$	$\pm\beta_{\text{АЯдро}}$	№	${}^Z\text{Об.}_A$	$\pm\beta_{\text{АКластер}}$	$\pm\beta_{\text{АЯдро}}$
1	${}^{22}\text{Об.}_{48}$	$-0,290_{12}\text{C}$	$-0,178_{60}\text{Ni}$	36	${}^{56}\text{Об.}_{86}$	$+0,397_{22}\text{Ne}$	$+0,174_{108}\text{Pd}$
2	${}^{24}\text{Об.}_{54}$	$-0,290_{12}\text{C}$	$-0,186_{66}\text{Zn}$	37	${}^{56}\text{Об.}_{88}$	$+0,397_{22}\text{Ne}$	$+0,187_{110}\text{Pd}$
3	${}^{24}\text{Об.}_{54}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,240_{66}\text{Se}$	38	${}^{56}\text{Об.}_{86}$	$+0,610_{24}\text{Mg}$	$+0,178_{110}\text{Cd}$
4	${}^{24}\text{Об.}_{56}$	$-0,290_{12}\text{C}$	$-0,183_{68}\text{Zn}$	39	${}^{56}\text{Об.}_{88}$	$+0,610_{24}\text{Mg}$	$+0,184_{112}\text{Cd}$
5	${}^{22}\text{Об.}_{54}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,240_{74}\text{Ge}$	40	${}^{56}\text{Об.}_{88}$	$+0,531_{26}\text{Mg}$	$+0,193_{114}\text{Cd}$
6	${}^{22}\text{Об.}_{54}$	$+0,397_{22}\text{Ne}$	$+0,247_{76}\text{Ge}$	41	${}^{58}\text{Об.}_{90}$	$+0,531_{26}\text{Mg}$	$+0,201_{116}\text{Cd}$
				42	${}^{56}\text{Об.}_{84}$	$-0,360_{28}\text{Si}$	$-0,116_{112}\text{Sn}$
7	${}^{24}\text{Об.}_{58}$	$-0,290_{12}\text{C}$	$-0,201_{70}\text{Zn}$	43	${}^{56}\text{Об.}_{86}$	$-0,360_{28}\text{Si}$	$-0,114_{114}\text{Sn}$
8	${}^{26}\text{Об.}_{58}$	$-0,290_{12}\text{C}$	$-0,182_{70}\text{Ge}$	44	${}^{56}\text{Об.}_{88}$	$-0,360_{28}\text{Si}$	$-0,114_{116}\text{Sn}$
9	${}^{26}\text{Об.}_{60}$	$-0,290_{12}\text{C}$	$-0,231_{72}\text{Ge}$	45	${}^{56}\text{Об.}_{88}$	$-0,321_{30}\text{Si}$	$-0,117_{118}\text{Sn}$
10	${}^{24}\text{Об.}_{56}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,262_{76}\text{Se}$	46	${}^{56}\text{Об.}_{90}$	$-0,321_{30}\text{Si}$	$-0,120_{120}\text{Sn}$
11	${}^{24}\text{Об.}_{58}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,262_{78}\text{Se}$				
12	${}^{24}\text{Об.}_{60}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,240_{80}\text{Se}$	47	${}^{42}\text{Об.}_{102}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,146_{122}\text{Te}$
13	${}^{24}\text{Об.}_{60}$	$+0,397_{22}\text{Ne}$	$+0,242_{82}\text{Se}$	48	${}^{42}\text{Об.}_{104}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,142_{124}\text{Te}$
14	${}^{24}\text{Об.}_{56}$	$+0,610_{24}\text{Mg}$	$+0,250_{80}\text{Kr}$	49	${}^{42}\text{Об.}_{106}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,135_{126}\text{Te}$
15	${}^{24}\text{Об.}_{58}$	$+0,610_{24}\text{Mg}$	$+0,223_{82}\text{Kr}$	50	${}^{42}\text{Об.}_{108}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,128_{128}\text{Te}$
16	${}^{24}\text{Об.}_{58}$	$+0,531_{26}\text{Mg}$	$+0,209_{84}\text{Kr}$	51	${}^{42}\text{Об.}_{110}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,130_{120}\text{Te}$
17	${}^{24}\text{Об.}_{60}$	$+0,531_{26}\text{Mg}$	$+0,261_{86}\text{Kr}$	52	${}^{42}\text{Об.}_{104}$	$+0,610_{24}\text{Mg}$	$+0,142_{128}\text{Xe}$
				53	${}^{42}\text{Об.}_{106}$	$+0,610_{24}\text{Mg}$	$+0,129_{130}\text{Xe}$
18	${}^{30}\text{Об.}_{70}$	$+0,084_{16}\text{O}$	$+0,112_{86}\text{Sr}$	54	${}^{42}\text{Об.}_{108}$	$+0,610_{24}\text{Mg}$	$+0,116_{132}\text{Xe}$
19	${}^{30}\text{Об.}_{72}$	$+0,084_{16}\text{O}$	$+0,086_{88}\text{Sr}$	55	${}^{42}\text{Об.}_{106}$	$-0,360_{28}\text{Si}$	$-0,185_{134}\text{Ba}$
20	${}^{30}\text{Об.}_{72}$	$+0,157_{18}\text{O}$	$+0,128_{90}\text{Sr}$	56	${}^{42}\text{Об.}_{108}$	$-0,360_{28}\text{Si}$	$-0,159_{136}\text{Ba}$
21	${}^{32}\text{Об.}_{74}$	$+0,084_{16}\text{O}$	$+0,074_{90}\text{Zr}$	57	${}^{42}\text{Об.}_{110}$	$-0,360_{28}\text{Si}$	$-0,120_{138}\text{Ba}$
22	${}^{32}\text{Об.}_{74}$	$+0,157_{18}\text{O}$	$+0,113_{92}\text{Zr}$	58	${}^{42}\text{Об.}_{108}$	$-0,210_{32}\text{S}$	$-0,104_{140}\text{Ce}$
23	${}^{32}\text{Об.}_{76}$	$+0,157_{18}\text{O}$	$+0,114_{94}\text{Zr}$	59	${}^{42}\text{Об.}_{110}$	$-0,210_{32}\text{S}$	$-0,164_{142}\text{Ce}$
24	${}^{34}\text{Об.}_{76}$	$+0,084_{16}\text{O}$	$-0,048_{92}\text{Mo}$	60	${}^{42}\text{Об.}_{104}$	$-0,164_{38}\text{Ar}$	$-0,074_{142}\text{Nd}$
25	${}^{34}\text{Об.}_{78}$	$+0,084_{16}\text{O}$	$+0,063_{94}\text{Mo}$	61	${}^{42}\text{Об.}_{104}$	$-0,200_{40}\text{Ar}$	$-0,111_{144}\text{Nd}$
26	${}^{34}\text{Об.}_{80}$	$+0,084_{16}\text{O}$	$+0,087_{96}\text{Mo}$	62	${}^{42}\text{Об.}_{106}$	$-0,200_{40}\text{Ar}$	$-0,137_{146}\text{Nd}$
27	${}^{34}\text{Об.}_{82}$	$+0,084_{16}\text{O}$	$+0,066_{98}\text{Mo}$	63	${}^{42}\text{Об.}_{104}$	$+0,080_{40}\text{Ca}$	$+0,068_{144}\text{Sm}$
28	${}^{34}\text{Об.}_{84}$	$+0,084_{16}\text{O}$	$+0,081_{100}\text{Mo}$	64	${}^{40}\text{Об.}_{102}$	$+0,190_{48}\text{Ti}$	$+0,251_{150}\text{Sm}$
29	${}^{34}\text{Об.}_{76}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,199_{96}\text{Ru}$	65	${}^{40}\text{Об.}_{104}$	$+0,190_{48}\text{Ti}$	$+0,250_{152}\text{Sm}$
30	${}^{34}\text{Об.}_{78}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,225_{98}\text{Ru}$	66	${}^{40}\text{Об.}_{106}$	$+0,190_{48}\text{Ti}$	$+0,350_{154}\text{Sm}$
31	${}^{34}\text{Об.}_{80}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,248_{100}\text{Ru}$	67	${}^{40}\text{Об.}_{106}$	$+0,238_{50}\text{Cr}$	$+0,317_{156}\text{Gd}$
32	${}^{34}\text{Об.}_{82}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,264_{102}\text{Ru}$	68	${}^{40}\text{Об.}_{108}$	$+0,238_{50}\text{Cr}$	$+0,335_{158}\text{Gd}$
33	${}^{34}\text{Об.}_{82}$	$+0,397_{22}\text{Ne}$	$+0,304_{100}\text{Ru}$	69	${}^{40}\text{Об.}_{110}$	$+0,238_{50}\text{Cr}$	$+0,344_{160}\text{Gd}$
34	${}^{36}\text{Об.}_{84}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,154_{104}\text{Pd}$	70	${}^{42}\text{Об.}_{110}$	$+0,238_{50}\text{Cr}$	$+0,310_{162}\text{Dy}$
35	${}^{36}\text{Об.}_{86}$	$+0,350_{20}\text{Ne}$	$+0,160_{106}\text{Pd}$				

Продолжение таблицы 2.1. Деформация внутреннего кластера ядерной оболочки и деформация ядра.

№	${}^Z\text{Oб}_A$	$\pm\beta_A$ Кластер	$\pm\beta_A$ Ядро	№	${}^Z\text{Oб}_A$	$\pm\beta_A$ Кластер	$\pm\beta_A$ Ядро
71	${}^{44}\text{Oб}_{116}$	+ 0,190 _{48 Ti}	+0,325 _{164 Dy}				
72	${}^{46}\text{Oб}_{118}$	+ 0,190 _{48 Ti}	+ 0,280 _{166 Er}	93	${}^{50}\text{Oб}_{138}$	+ 0,170 _{58 Ni}	+0,146 _{196 Pt}
73	${}^{46}\text{Oб}_{120}$	+ 0,190 _{48 Ti}	+ 0,281 _{168 Er}	94	${}^{50}\text{Oб}_{140}$	+ 0,170 _{58 Ni}	+0,136 _{198 Pt}
74	${}^{46}\text{Oб}_{122}$	+ 0,190 _{48 Ti}	+ 0,284 _{170 Er}	95	${}^{52}\text{Oб}_{134}$	- 0,178 _{60 Ni}	+0,087 _{194 Hg}
75	${}^{48}\text{Oб}_{122}$	+ 0,190 _{48 Ti}	+0,276 _{170 Yb}	96	${}^{52}\text{Oб}_{136}$	- 0,178 _{60 Ni}	+0,087 _{196 Hg}
76	${}^{48}\text{Oб}_{124}$	+ 0,190 _{48 Ti}	+0,286 _{172 Yb}	97	${}^{52}\text{Oб}_{138}$	- 0,178 _{60 Ni}	+0,089 _{198 Hg}
77	${}^{48}\text{Oб}_{126}$	+ 0,190 _{48 Ti}	+0,290 _{174 Yb}	98	${}^{52}\text{Oб}_{140}$	- 0,178 _{60 Ni}	+0,094 _{200 Hg}
78	${}^{48}\text{Oб}_{126}$	+ 0,151 _{50 Ti}	+0,280 _{176 Yb}	99	${}^{52}\text{Oб}_{142}$	- 0,178 _{60 Ni}	+0,086 _{202 Hg}
79	${}^{48}\text{Oб}_{124}$	+ 0,238 _{50 Cr}	+0,265 _{174 Hf}	100	${}^{52}\text{Oб}_{144}$	- 0,178 _{60 Ni}	+0,086 _{204 Hg}
80	${}^{48}\text{Oб}_{126}$	+ 0,238 _{50 Cr}	+0,269 _{176 Hf}	101	${}^{54}\text{Oб}_{144}$	- 0,178 _{60 Ni}	+0,040 _{204 Pb}
81	${}^{48}\text{Oб}_{128}$	+ 0,238 _{50 Cr}	+0,262 _{178 Hf}	102	${}^{54}\text{Oб}_{146}$	- 0,178 _{60 Ni}	+0,037 _{206 Pb}
82	${}^{48}\text{Oб}_{128}$	+ 0,176 _{52 Cr}	+0,262 _{180 Hf}	103	${}^{56}\text{Oб}_{150}$	+ 0,240 _{74 Ge}	+0,172 _{224 Ra}
83	${}^{48}\text{Oб}_{126}$	+ 0,210 _{56 Fe}	+0,237 _{182 W}	104	${}^{56}\text{Oб}_{154}$	+ 0,262 _{76 Se}	+0,233 _{230 Th}
84	${}^{48}\text{Oб}_{128}$	+ 0,210 _{56 Fe}	+0,225 _{184 W}	105	${}^{56}\text{Oб}_{154}$	+ 0,250 _{76 Se}	+0,242 _{232 Th}
85	${}^{48}\text{Oб}_{128}$	+ 0,170 _{58 Ni}	+0,205 _{186 Os}	106	${}^{58}\text{Oб}_{158}$	+ 0,250 _{78 Se}	+0,219 _{236 U}
86	${}^{48}\text{Oб}_{130}$	+ 0,170 _{58 Ni}	+0,193 _{188 Os}	107	${}^{58}\text{Oб}_{158}$	+ 0,240 _{80 Se}	+0,220 _{238 Th}
87	${}^{48}\text{Oб}_{132}$	+ 0,170 _{58 Ni}	+0,175 _{190 Os}	108	${}^{58}\text{Oб}_{158}$	+ 0,261 _{86 Kr}	+0,267 _{244 Pu}
88	${}^{48}\text{Oб}_{134}$	+ 0,170 _{58 Ni}	+0,167 _{192 Os}				
89	${}^{50}\text{Oб}_{128}$	+ 0,189 _{62 Ni}	+0,160 _{190 Pt}				
90	${}^{50}\text{Oб}_{130}$	+ 0,189 _{62 Ni}	+0,155 _{192 Pt}				
91	${}^{50}\text{Oб}_{132}$	+ 0,189 _{62 Ni}	+0,152 _{194 Pt}				
92	${}^{52}\text{Oб}_{130}$	- 0,178 _{60 Ni}	+0,088 _{190 Hg}				

Группа II

Квазиоболочка 1

**Группа III**

Квазиоболочка 2



Квазиоболочка 3



Квазиоболочка 4

**Группа IV**

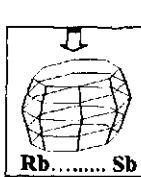
Квазиоболочка 5

**Группа V**

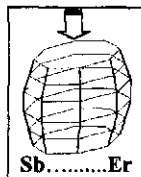
Квазиоболочка 6



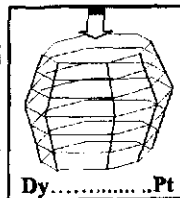
Квазиоболочка 7



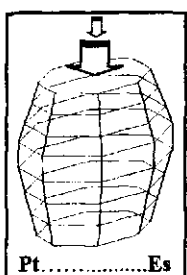
Квазиоболочка 8



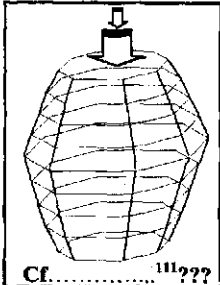
Квазиоболочка 9



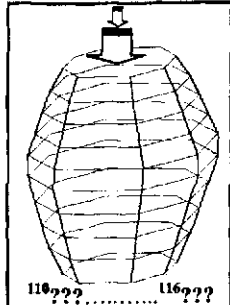
Квазиоболочка 10



Квазиоболочка 11



Квазиоболочка 12



Литература

1. Натаф Р. Модели ядер и ядерная спектроскопия. М.: Мир, (1968).
2. Соловьев В.Г. Теория атомного ядра: ядерные модели. М.: Энергоиздат, (1981).
3. Вильдермут К. Тан Я. Единая теория ядра. М.: Мир, (1980).
4. Бор О., Моттельсон Б. Структура атомного ядра. Т.1. М.: Мир, (1971).
5. Бор О., Моттельсон Б. Структура атомного ядра. Т.2. М.: Мир, (1977).
6. Браун Дж. Единая теория ядерных моделей и сил. М.: Атомиздат. (1970).
7. Физические величины: справочник под ред. Григорьева И.С., Мейлихова Е.З. М.: Энергоатомиздат, (1991).
8. Firestone R.B. Table of isotopes: In 2 vol / Ed.: v.s. Shirley. – 8 th ed. – New York, etc.: John Wiley Sons. (1996).
9. Волошин Н. И., Палкин Г.П., Фурса А.Д., Шостак В.Б. Изв. РАН. Сер. физ. 56, №1, (1992).
10. Юшков А.В. ЭЧАЯ. Т. 24, в. 2, (1993).
11. Филиппов Г.Ф., Рыбкин И.Ю, Кореннов С.В. Изв. РАН. Сер. физ. 60, №1, (1996).
12. Белозеров А.В., Борча К., Длюугы З. и др. Изв. АН СССР. Сер. физ. 52, №1, (1988).
13. Горбатов А.М., Колганова Е.А. Изв. РАН. Сер. физ. 57, №5, (1993).
14. Варламов В.В., Косыхин А.Е., Угасте А.Ю., Черняев А.П. Изв. РАН. Сер. физ. 56, №1, (1992).
15. Капитонов И.М., Введение в физику ядра и частиц. УРСС, (2002). 3-е изд. М.: КомКнига, 2006.
16. Афанасьев В.Д., Ботман В.И., Казаринов М.И., Романов В.А, Трубников С.В. Изв. РАН. Сер. физ. 60, №5, (1996).
17. Балашова О.Ю., Зеленская Н.С., Овчинникова А.А. Изв. АН СССР. Сер. физ. 52, №11, (1988).
18. Кулик А.В. Изв. РАН. Сер. физ. 62, №1, (1998).

19. Жусупов М.А., Сахиев С.К., Каипов Т.Д. Изв. РАН. Сер. физ. 60, №11, (1996).
20. Михайлов В.М., Крафт О.Е. Ядерная физика. Л.: изд. Ленингр. ун-та, (1988).
21. Сергеев Ю.В. Изв. РАН. Сер. физ. 62, №1, (1998).
22. Сумбаев О.И. Изв. РАН. Сер. физ. 62, № 1, (1998).
23. Сахаров С.Л. Изв. РАН. Сер. физ. 64, №5, (2000).
24. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. М.: Наука, (1980).
25. Котиков Е.А., Махновский Е.Д. Изв. РАН. Сер. физ. 62, №11, (1998).
26. Ишханов Б.С. Субатомная физика, изд. МГУ, (1994).
27. Митрошин В. Е. ЯФ 68, №8, (2005).
28. Авраменко В.И., Блохин А.Л. Изв. АН СССР. Сер. физ. 54, №5, (1990).
29. Бурмистров. В. Р. Изв. РАН. Сер. физ. 57, №1, (1993).
30. Оганесян Ю.Ц. ЯФ 63, №8, (2000).
31. Грашин А.Ф., Ефименко А.Д. Изв. РАН. Сер. физ. 57, №5, (1993).
32. Грашин А.Ф., Ефименко А.Д., Колобашкин В.М. Изв. АН СССР. Сер. физ. 49, №1, (1985).
33. Грашин А.Ф., Ефименко А.Д. Изв. РАН. Сер. физ. 56, №1, (1992).
34. Трофимов Ю.Н. ЯФ 52, в.6(12), (1990).
35. Маршалек Е.Р., Назмидинов Р.Г., Рагнарссон И. Изв. РАН. Сер. физ. 57, №10, (1993).
36. Барц Б.И., Ипонин Е.В., Казаринов М.И., Кузнеценко А.В., Шляхов Н. А. Изв. АН СССР. Сер. физ. 51, №11, (1987).
37. Бельский В.М., Волмянский Э.И., Григорьев Е.П., Дадамухамедов Т.Р. Изв. АН СССР. Сер. физ. 49, №1, (1985).
38. Амальский Г.М. ЯФ 56, №9, (1993).
39. Волков Д.А., Левон А.И. Изв. АН СССР. Сер. физ. 54, №11, (1990).

Уважаемые читатели! Уважаемые авторы!

Наше издательство специализируется на выпуске научной и учебной литературы, в том числе монографий, журналов, трудов ученых Российской академии наук, научно-исследовательских институтов и учебных заведений. Мы предлагаем авторам свои услуги на выгодных экономических условиях. При этом мы берем на себя всю работу по подготовке издания — от набора, редактирования и верстки до тиражирования и распространения.



URSS

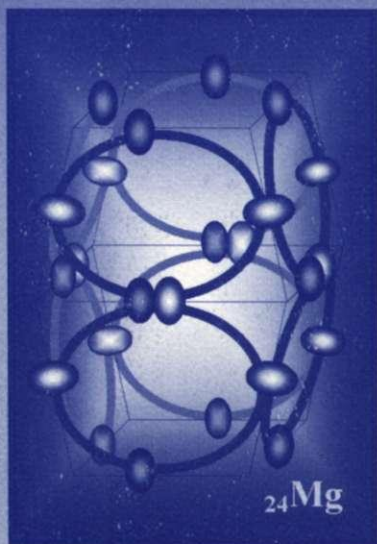
Среди вышедших и готовящихся к изданию книг мы предлагаем Вам следующие:

Серия «Relata Refero»

- Петров Ю. И.* Некоторые фундаментальные представления физики: критика и анализ.
- Бирюков С. М.* Эфир как структура мироздания.
- Артеха С. Н.* Критика основ теории относительности.
- Калинин Л. А.* Кардинальные ошибки Эйнштейна.
- Миркин В. И.* Краткий курс идеалистической физики.
- Штепа В. И.* Единая теория Поля и Вещества с точки зрения Логики.
- Бабанин А. Ф.* Введение в общую теорию мироздания. Кн. 1, 2.
- Левин М. А.* Специальная теория относительности. Эфирный подход.
- Исаев С. М.* Начала теории физики эфира и ее следствия.
- Бураго С. Г.* Круговорот эфира во Вселенной.
- Заказчиков А. И.* Загадка эфирного ветра: фундаментальные вопросы физики.
- Федулаев Л. Е.* Философия гравитации. Глазами Гегеля на проблемы физики.
- Пименов Р. И.* Основы теории темпорального универсума.
- Кириллов А. И., Пятницкая Н. Н.* Квант-силовая физика. Гипотеза.
- Харченко К. П., Сухарев В. Н.* «Электромагнитная волна», лучистая энергия — поток реальных фотонов.
- Бернштейн В. М.* Перспективы «возрождения» и развития электродинамики и теории гравитации Вебера.
- Янчилин В. Л.* Квантовая теория гравитации.
- Янчилин В. Л.* Неопределенность, гравитация, космос.
- Шульман М. Х.* Теория шаровой расширяющейся Вселенной.
- Шульман М. Х.* Вариация на темы квантовой теории.
- Михайлов В. Н.* Закон всемирного тяготения.
- Зерев Г. Я.* Физика без механики Ньютона, без теории Эйнштейна и без принципа наименьшего действия.
- Халезов Ю. В.* Планеты и эволюция звезд.
- Баинов В. Ф.* Растущая Земля: из планет в звезды.
- Анкудинов Л. А.* Образование Земли и других тел Солн. системы в новом представлении.
- Опарин Е. Г.* Физические основы бестопливной энергетики.
- Смальяков Э. Р.* Теоретическое обоснование межзвездных полетов.
- Николаев О. С.* Механические свойства жидких металлов.
- Николаев О. С.* Железо и атом железа. Сжимаемость. Справочник физ. параметров.

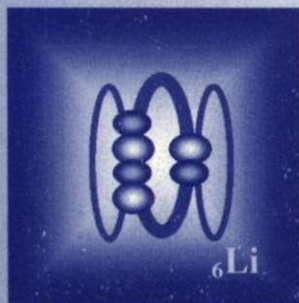
По всем вопросам Вы можете обратиться к нам:
 тел./факс (495) 135-42-16, 135-42-46
 или электронной почтой URSS@URSS.ru
 Полный каталог изданий представлен
 в Интернет-магазине: <http://URSS.ru>

Научная и учебная
 литература



На основании представлений о двухмерном характере взаимодействия нуклонов в ядре сформулированы основные принципы формирования структуры ядер. По выделенным признакам ядра разбиты на группы и квазиоболочки. С помощью экспериментальных данных о деформации, магнитном моменте и спине ядра найдены закономерности расположения нуклонов в ядре.

Установленные структуры ядер адекватно отражают имеющиеся экспериментальные данные и решают проблему симбиоза существующих моделей ядра.



интернет-магазин

OZON.RU



17072051

3873 ID 36205



9 785484 004805 >

НАУЧНАЯ И УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА



URSS

E-mail: URSS@URSS.ru

Каталог изданий в Интернете:

<http://URSS.ru>

Тел./факс: 7 (095) 135-42-16

Тел./факс: 7 (095) 135-42-46

Любые отзывы о настоящем издании, а также обнаруженные опечатки присылайте по адресу URSS@URSS.ru. Ваши замечания и предложения будут учтены и отражены на web-странице этой книги в нашем интернет-магазине <http://URSS.ru>