

Член-корреспондент АН СССР А. Ф. КАПУСТИНСКИЙ

## СТРУКТУРА ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Основой системы элементов может служить только находящаяся в соответствии с законом Менделеева периодическая классификация свойств самих химических элементов и, следовательно, тех мельчайших частиц, из которых элемент как таковой состоит. Такая система должна быть инвариантной, т. е. независимой от условий температуры, давления и концентрации. Понятие система атомов поэтому тождественно с понятием система химических элементов. В этом заключается вся суть открытия Менделеева, и поэтому выработанные им и не противоречащие друг другу развернутый «лестничный» и сжатый или же «клеточный» варианты являются единственно правильными, ясно выражающими идею его закона, наилучшим образом объединяющими характерные свойства атомов, соответствующими всем успехам химии и физики атома. Недаром именно эти две формы, единые по существу, и явились плодотворным средством предвидения. Прогресс в данной области состоит не в «перестройке» (см. напр <sup>(1-4)</sup>), а в дальнейшем укреплении, расширении и уточнении системы, во всех основных чертах правильно данной Менделеевым. Именно в этом направлении необходимо было бы внести дополнения в общепринятую ныне в исследовании и в преподавании форму системы Менделеева, продиктованные всей совокупностью новых исследований по химии.

Во-первых, в систему необходимо ввести предвиденный Менделеевым нулевой период <sup>(5)</sup>. Во-вторых, не нарушая систематизации, данной Менделеевым, следует выразить существование в системе вторичной периодичности, открытой Е. Бироном <sup>(6)</sup> уже после смерти Менделеева и выражаемой с помощью представления о циклах <sup>(5)</sup>, ранее имевшего только формально числовой характер. В-третьих, следует внести ясность в положение водорода в «клеточной» системе.

Развернутая форма системы, находящаяся в соответствии со сказанным выше и включающая в себя все элементы <sup>(7)</sup> за исключением недавно открытых афиния и центия (99 и 100), дана на рис. 1. По существу это — скелет системы, что и отмечено наименованием «структура системы элементов»: в ней не приводятся ни атомные веса, ни числа изотопов, ни другие характеристики атомов. В своих основных чертах она представляет собой то, что было дано Менделеевым еще в 1869 г. <sup>(8)</sup>.

Как известно, Бор и Томсон уточнили это начертание, приведя его в связь с электронным строением атома. Ввиду необходимости экономить место нами опущены введенные ими рамки, отмечающие достройку электронных слоев. Нулевой период и циклы («диады») были добавлены Джэйнтон <sup>(9)</sup> и Е. Ахумовым <sup>(10)</sup>. В начале системы нами приведены два уравнения, определяющие собой структуру системы — уравнение периодов <sup>(11)</sup> и уравнение циклов ( $S$  и  $S$ ); внизу сведены соответствующие числовые отношения. В нулевом периоде перекрестный пунктир означает генетическую связь нейтрона и протона со всеми ядрами всех остальных элементов. По вертикали даны периоды, причем четные обо-



Цикл	Период	Ряд	Г р у п п а										
			1	2	3	4	5	6	7	8	0		
1	0	0	e <sub>0</sub>										п <sub>0</sub> '
	1	I	1.H										2.He
2	2	II	3.Li	4.Be	5.B	6.C	7.N	8.O	9.F				10.Ne
	3	III	11.Na	12.Mg	13.Al	14.Si	15.P	16.S	17.Cl				18.Ar
3	4	IV	19.K	20.Ca	21.Sc	22.Ti	23.V	24.Cr	25.Mn	26.Fe	27.Co	28.Ni	
		V	29.Cu	30.Zn	31.Ga	32.Ge	33.As	34.Se	35.Br				36.Kr
	5	VI	37.Rb	38.Sr	39.Y	40.Zr	41.Nb	42.Mo	43.Tc	44.Ru	45.Rh	46.Pd	
		VII	47.Ag	48.Cd	49.In	50.Sn	51.Sb	52.Te	53.I				54.Xe
4	6	VIII	55.Cs	56.Ba	57.La	72.Hf	73.Ta	74.W	75.Re	76.Os	77.Ir	78.Pt	
		IX	79.Au	80.Hg	81.Tl	82.Pb	83.Bi	84.Po	85.At				86.Rn
	7	X	87.Fr	88.Ra	89.Ac								
		XI	—	—	—	—	—	—	—				

Л а н т а н о и д ы

58.Ce	59.Pr	60.Nd	61.—	62.Sm	63.Eu	64.Gd	65.Tb	66.Dy	67.Ho	68.Er	69.Tm	70.Yb	71.Cp
-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

А к т и н о и д ы

90.Th	91.Pa	92.U	93.Np	94.Pu	95.Am	96.Cm	97.Bk	98.Cf
-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

кационных начала, в соответствии с которыми построена таблица: циклы → периоды → ряды.

5. Первый цикл включает названные ранее протоэлементы (e, п, H и He), т. е. те элементы, которые одновременно удовлетворяют двум критериям: способности к существованию в свободном состоянии (простое тело) и способности входить в состав атомов других элементов. Протоэлементы нулевого периода занимают места нулевого порядка; в этом смысле свойства обычных элементов ими еще не проявляются. Протоэлементы первого периода являются переходными к типическим элементам. В них еще сохранена черта, свойственная элементам нулевого периода, — способность входить в качестве строительных единиц в структуру других атомов, но уже появляются свойства обычных элементов — их место в системе определяется зарядом ядра.

6. Водород занимает одну клетку, как и в системе Антропова (12). Она одновременно принадлежит и к 1-й и к 7-й группам, ее разрыв с остальными группами заштрихован. То же относится и к электрону. Нейтрон, как аналог инертных газов, помещен в нулевую группу над гелием.

Математическое выражение структуры «клеточного» изображения системы элементов, разумеется, такое же, как и «развернутого».

Негрудно видеть, что обе представленные формы не только не противоречат друг другу, причем сохраняют все те положительные черты, которые свойственны принятой в настоящее время системе, но и пред-

ставляют собою не что иное, как углубление и развитие идей Менделеева.

Остановимся подробнее на наиболее характерных чертах данной классификации.

1. Принятые ранее варианты страдали некоторой неопределенностью в вопросе о начале и конце системы. Обсуждаемые же здесь полностью отвечают смыслу термина «система» как гармонического целого, обладающего вполне определенным началом и концом. Понятие «элемент» предстает перед нами не как некая «догма», не как неизменное по существу, а в его диалектическом изменении, а именно, в его возникновении (протоэлементы), становлении (типические) и распаде (синтетические элементы). Завершенность системы, как системы химических элементов, отвечает ее четной и симметрической структуре, полностью и без исключений охватывающей все составляющие ее члены простыми математическими выражениями.

2. Наряду с периодичностью первого порядка, в предлагаемой таблице четко и ясно выражена вторичная периодичность (Бирон) свойств химических элементов, чем дается возможность систематизировать и объяснить характерные особенности элементов, игнорированные ранее предложенными клеточными таблицами. Осуществлена идея Менделеева о введении, наряду с нулевой группой, нулевого периода.

3. Ни об одном элементе вопрос о месте в системе не являлся столь спорным, как вопрос о месте самого простого и самого изученного элемента — водорода. Одни авторы помещали его в 1-ю группу, другие в 7-ю, третьи одновременно в две клетки системы. Варианты первый и второй взаимоисключающие, причем с эквивалентными по значимости аргументами. Третий противоречит смыслу системы, ибо каждый элемент обладает только одним менделеевским местом. Эти противоречия и неопределенность можно считать устраненными. Как известно, размеры клеток не являются заданными. Водород занимает одну — большую — клетку. В соответствии с принципом Паули здесь нет больше клеток; в первом периоде могут быть только две клетки — водорода и гелия. Сохранение их в предыдущих вариантах вело к научным (отмеченным в истории химии) и к педагогическим ошибкам. Клетка водорода одновременно находится и над 1-й и над 7-й группами, принадлежит к ним обеим, чем и выражаются свойства водорода, являющегося аналогом и щелочных металлов и галогенов. Равным образом, находящийся над ним электрон принадлежит одновременно и к металлам (свободный электронный газ решетки, носитель металлических свойств, что наиболее выражено в первой группе) и к металлоидам (присоединение электрона к атому дают типичные для галоидов анионы). Пользуясь удачным термином, предложенным Е. Ахумовым<sup>(10)</sup>, их можно назвать «амфотерными элементами». Нейтрон также находит свое естественное место в системе — в нулевой группе нулевого периода.

Институт общей и неорганической химии  
им. Н. С. Курнакова Академии наук СССР,  
Химико-технологический институт  
им. Д. И. Менделеева

Поступило  
5 VII 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Сборн. Юбил. Менделеевскому съезду АН СССР, 1934. <sup>2</sup> А. Фаустов, ЖОХ, 19, 3 (1949). <sup>3</sup> Г. Мурашев, ЖОХ, 19, 3, 396 (1949). <sup>4</sup> Э. Саркисов, ЖФХ, 24, 4, 487 (1950). <sup>5</sup> А. Капустинский, ДАН, 80, № 5 (1951). <sup>6</sup> Е. Бирон, ЖРФХО, 47, 964 (1916). <sup>7</sup> Н. Emeleus, Science Progress, 38, 609 (1950). <sup>8</sup> Сборн. Д. И. Менделеев. Новые материалы по истории открытия периодического закона, изд. АН СССР, 1950. <sup>9</sup> С. Janet, Chem. News, 138, 372, 388 (1929). <sup>10</sup> Е. Ахумов, ЖОХ, 16, 7, 961 (1946); 17, 7, 1241 (1947). <sup>11</sup> А. Капустинский, ДАН, 80, № 3 (1951). <sup>12</sup> А. Antropoff, Zs. angew. Chem., 39, 722, 725 (1926).