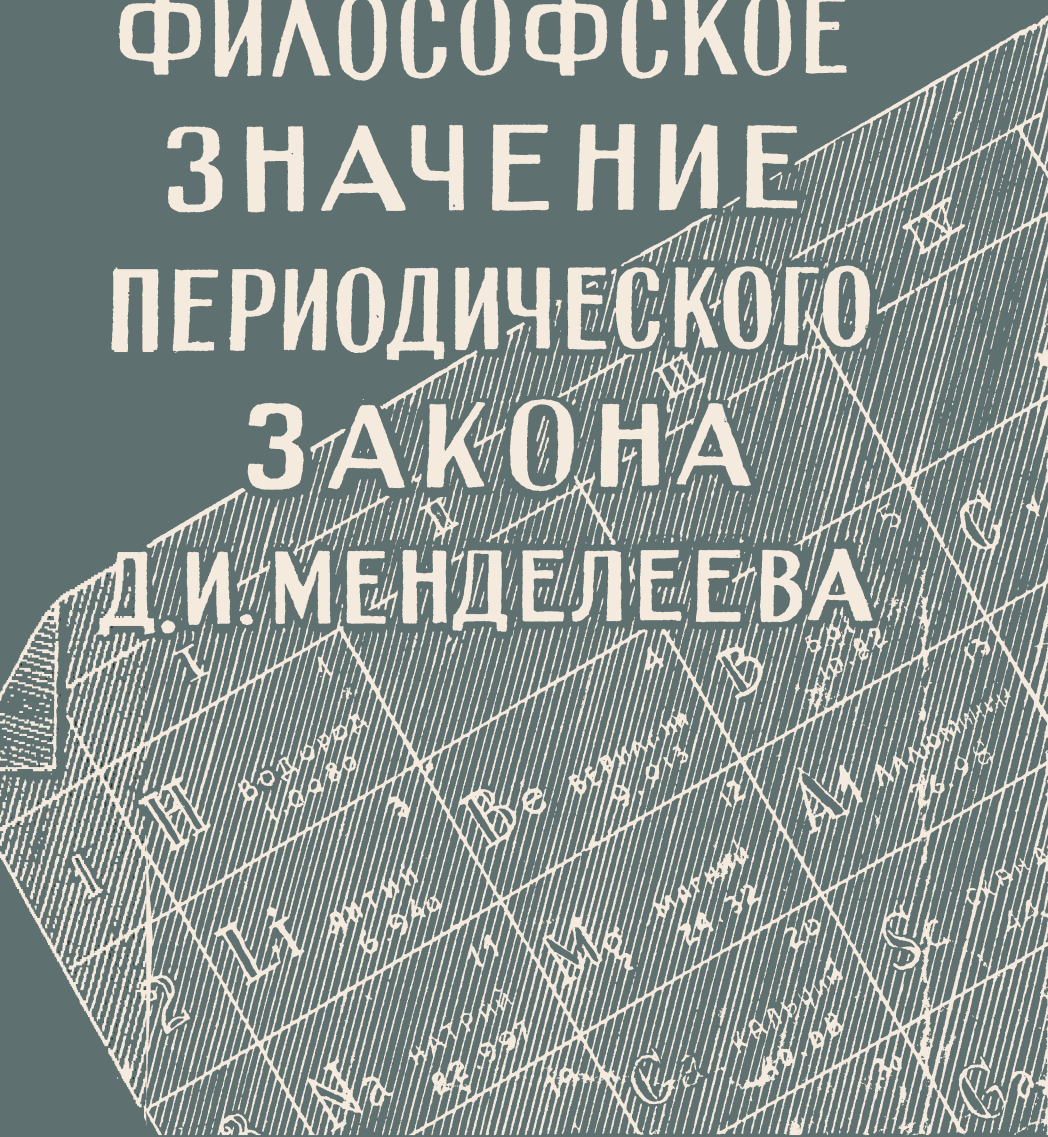


П.П. ИОНИДИ

ФИЛОСОФСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА



СЕРИЯ II №10.

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ЗНАНИЕ” 1958

ВСЕСОЮЗНОЕ ОБЩЕСТВО
О РАСПРОСТРАНЕНИИ ПОЛИТИЧЕСКИХ И НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Доктор философских наук
профессор

П. П. ИОНИДИ

ФИЛОСОФСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ
ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА
Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Москва

1958

В брошюре рассказывается о том большом значении, которое имеет периодическая система элементов Дмитрия Ивановича Менделеева для понимания основных объективных законов диалектики: закона единства и борьбы противоположностей, закона перехода количества в качество и закона отрицания отрицания.

Автор
Перикл Петрович Ионики

Редактор Ф. И. Гаркавенко
Техн редактор А. В. Трофимов
Корректор А. Г. Нудлер

А 05442. Подписано к печати 19/VI 1958 г. Формат 60 × 92¹/₁₆. Бум. л. 1,5 =
= 3 печ. л. Уч.-изд. л. 2,98 Тираж 78 000 экз. Изд. № 57. Заказ № 3554.

Типография «Красный пролетарий» Госполитиздата
Министерства культуры СССР, Москва, Краснопролетарская, 16.

Период, когда жил великий ученый Менделеев, характеризуется бурным развитием промышленности и естествознания. Быстрое развитие отдельных областей знаний привело к тому, что сами конкретные науки принуждали естествоиспытателей становиться стихийно на путь диалектики. Отдельные науки накопили огромный эмпирический материал. Обобщение этого материала требовало диалектического мышления. Химией в середине XIX века была накоплена масса эмпирического материала, требовавшего обобщения, без которого задерживалось развитие самой науки. Однако позиция метафизики, на которой оставалось большинство ученых, сделала невозможным решение поставленной задачи. Открытие периодического закона и создание периодической системы стало возможным только благодаря тому, что Менделеев вышел за пределы метафизических форм мышления.

Менделеев был близок к диалектическому пониманию таких категорий, как форма и содержание, явление и сущность, качество и количество, объективная, абсолютная и относительная истина и др. Именно этого не хватало его предшественникам, занимавшимся систематизацией химических элементов. Их упражнения в этой области оставались в пределах «искусственных» и «естественных» схем, которые без диалектики оставались мертвыми, несмотря на то, что мысль того времени в области химии подвела науку вплотную к открытию периодического закона.

До Менделеева химия представляла собой собрание не связанных между собой отделов. Во всех частях химии (общей и органической) преобладал субъективный метод исследования, субъективный подход к изложению химической науки. Этот субъективизм вытекал из одностороннего эмпиризма.

В борьбе против метафизического метода в химии Менделеев особое внимание уделял разработке и установлению правильных естественнонаучных понятий и категорий. Без четкого понятия элемента, говорил он, в химии будет царствовать «смута».

Менделеев первый среди химиков дал критику метафизического взгляда на химические элементы, вскрыл слабость

Одностороннего индуктивного метода, показал причины, не позволившие его предшественникам и современникам подняться до научного обобщения накопленного материала об элементах.

Анализируя периодический закон, мы видим, что соотношение между общим, особенным и единичным в химических элементах раскрывается в нем в диалектических связях философских категорий единичного, особенного и всеобщего. В рамках этих диалектических категорий и движется менделеевская мысль.

В данной брошюре мы рассмотрим некоторые вопросы, связанные с философским и естественнонаучным значением периодической системы Менделеева.

* *

*

Взявшись за разработку классификации химических элементов, Менделеев прежде всего должен был решить для себя вопрос о сущности самого понятия «химический элемент». Он хорошо понимал, что «вся сущность теоретического учения в химии и лежит в отвлеченном понятии об элементах».

Менделеев писал: «Найти их коренные свойства (способность давать те или другие формы соединения, соединяться с теми или другими элементами, образовать кислотные или основные соединения и т. п.), определить причину их различия и сходства, а потому на основании этого предугадать свойства образуемых ими тел, вот путь, по которому наша наука твердо пошла со времен Лавуазье, и ещё не мало остается сделать здесь, и ещё много поводов к разноречию в мирозерцании, построенном на основании этого представления. Главный интерес химии — в изучении основных качеств элементов...»¹.

Только установив это исходное положение, т. е. выяснив сущность понятия «химический элемент», его связь с «атомностью», Менделеев мог начать разработку классификации элементов.

Менделеев в отличие от предшественников, пытавшихся классифицировать химические элементы, поставил перед собой задачу найти общую закономерность, притом не только для одних сходных элементов, но для всех элементов, как сходных, так и несходных. Открытие периодического закона химических элементов стало возможным лишь потому, что Менделеев подошел к изучению химических элементов с материалистических позиций.

Химические элементы, по Менделееву, будучи естественными телами, материальны. Существование химических эле-

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 133. 1934.

ментов не зависит от нашего сознания. Элементы, по Менделееву,— это те «материальные составные части простых и сложных тел, которые придают им известную совокупность физических и химических свойств»¹.

Объективно, независимо от воли исследователя существуют не только химические элементы, но и составляющие их невидимые для человеческого глаза атомы.

Изучая простые тела, он заметил, что как бы ни менялись свойства простых тел, в них обязательно что-то остается постоянным и при переходе элементов в соединения это *«нечто»*,— пишет Менделеев,— материальное и составляет характеристику соединений, заключающих данный элемент. В этом отношении ныне известно только одно числовое данное, это именно атомный вес, свойственный элементу. Величина атомного веса, по самому существу предмета, есть данное, относящееся не к самому состоянию отдельного простого тела, а к той материальной части, которая обща и свободному простому телу, и всем его соединениям»².

Из величины атомного веса, понимаемого как нечто относящееся к «материальной части», присущей всем простым телам, Менделеев вывел и различие в свойствах элементов. *«...Величина атомного веса,— говорил он,— определяет природу элемента...»*

Материалистически решив вопрос об элементе и атоме, Менделеев выступил против попыток идеалистов найти нематериальное начало. Как известно, впоследствии махисты тщетно стремились опровергнуть материалистическое понятие элемента, учение об объективности атомов.

Если отнять от современной химии и физики атомистические представления, то закроется путь к познанию и наступит тот грубейший эмпиризм, говорит Менделеев, в котором «смешивается изучаемое с изучающим и теряется возможность обладания невидимым в такой же мере., как уверенность во всеобщности общих законов природы и в неисчезаемости вещества перед глазами наблюдателя».

Менделеев правильно понял, что между махизмом (субъективным идеализмом) и энергетикой Оствальда существует внутренняя, органическая связь. В свете поставленной проблемы характерны высказывания Менделеева. Он писал, что идеалисты-энергетики «вовсе отрицают вещество, ибо, говорят они, мы знаем только энергию... Такое, на мой взгляд, чисто схоластическое представление очень напоминает тот абстракт, по которому ничего не существует кроме «я», потому что все проходит чрез сознание. Полагать можно, что подобные пред-

¹ Д. И. Менделеев. Новые материалы по истории открытия периодического закона, стр. 19. Изд-во АН СССР. 1950.

² Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 8.

ставления, несмотря ни на какую диалектику, удержаться не могут в умах сколько-либо здравых»¹.

Менделеев показал, что «энергетика» как разновидность субъективного идеализма отрицает философское понятие материи, что у энергетиков, таким образом, «категория (в философском смысле) вещества исчезает».

Материалистическое решение Менделеевым основного философского вопроса направило великого химика на поиски объективной закономерности, которой подчиняются химические элементы.

Но мы знаем, что и до Менделеева были химики, которые придерживались материалистических взглядов, однако это еще не дало им возможности открыть закономерности химических элементов. В отличие от этих химиков Менделеев сочетал материалистические воззрения с диалектическим методом мышления.

Уже на первых этапах исследования химических элементов Менделеев понял, что решить задачу выявления закономерностей, управляющих соединениями элементов, нельзя, если не рассматривать элементы как что-то взаимосвязанное, покоящееся на материальной основе.

Поэтому он сознательно поставил перед собой задачу обнаружить, выявить всеобщую связь, которая непременно должна существовать в области химических элементов. В этом отношении большой интерес представляют слова Менделеева, сказанные им впоследствии: «Излагая совокупность сведений об элементах, мне пришлось много вдумываться в их взаимные отношения»².

Причиной неудач всех предшествующих попыток раскрыть закономерности, управляющие химическими элементами, ученый считал их метафизичность. «До периодического закона простые тела представляли лишь отрывочные, случайные явления природы», — отмечал Менделеев. И действительно, до Менделеева элементы брались вне их внутренней связи, как чисто случайные количественные соотношения различных видов вещества.

Одним из главных недостатков старых классификаций химических элементов Менделеев считал разрыв между элементами. Критикуя метафизический разрыв между группами элементов и между отдельными элементами, Менделеев тем самым боролся против метафизической концепции, отрицающей взаимосвязь процессов и явлений в природе.

Наличие всеобщей взаимосвязи в природе не вызывало у Менделеева никакого сомнения. «Все вообще явления, — го-

¹ Д. И. Менделеев. Основы химии, т. I, стр. 476.

² Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 321.

ворил он,— происходят вследствие взаимодействия различных тел друг на друга»¹.

Основная мысль Менделеева о том, что должен существовать закон, общий для всех элементов, исходила из наблюдений над отдельными связанными друг с другом элементами и их группами. Дальнейшая работа и наблюдения в этом направлении привели Менделеева к твердому убеждению в существовании всеобщей взаимосвязи элементов.

Разработав всю систему элементов, Менделеев предсказал места еще не открытых элементов.

С открытием этих новых элементов, предсказанных Менделеевым на основе периодического закона, подтвердились как правильность его системы, так и положение ученого о взаимосвязи явлений, о том, что все элементы тысячами переходов связаны друг с другом.

Найдя основное ядро связи внутри химического элемента — связь атомного веса и свойств, Менделеев обнаружил специфические связи элементов и разбил все элементы на восемь групп. Сопоставляя группы, Менделеев установил формы связи, характерные для групп. И до Менделеева химики знали, что в химических превращениях имеются две стороны: количественная и качественная. Но, так же как и элементы, эти стороны понимались раньше вне связи, оторванно друг от друга. Иначе на них взглянул Менделеев. Он говорил: «Связь этих двух сторон, по моему мнению, составит нить, долженствующую вывести химиков из лабиринта современного, уже значительного, но отчасти одностороннего запаса данных. Такую связь я сам старался разыскать; она лежит в основе той периодической системы элементов, которой подчинено все мое изложение»².

Когда химик идет от элемента к различным формам соединений, то и здесь идея всеобщей взаимосвязи освещает путь к пониманию существа соединений. Ошибку прежних классификаций элементов Менделеев видел в том, что в них элементы распределялись по местам на основе одного какого-либо признака (например «атомности»), взятого изолированно, в отрыве от других свойств. Но на одном, вырванном из общей связи свойстве нельзя построить устойчивую классификацию. К открытию закономерных связей между химическими элементами Менделеев шел диалектическим путем. Сущность его метода заключалась прежде всего в последовательном изучении закономерностей, начиная с отдельного химического элемента и до открытия общего закона. Изучив тщательным образом коренные свойства химических элементов, Менделеев перешел к изучению закономерностей распо-

¹ Д. И. Менделеев. Соч., т. XV, стр. 369. Изд-во АН СССР. 1949

² Д. И. Менделеев. Основы химии, стр. VIII. 1906. Изд. 8-е.

ложения химических элементов внутри отдельной группы, а затем к исследованию отношений между группами.

После изучения сходных элементов и отдельных групп Менделеев обратился к исследованию несходных элементов. Прежде чем сопоставить наиболее противоположные группы, нужно было найти самый порядок их расположения в системе. При этом вначале Менделеев начал сопоставлять более близкие из несходных групп. Он отобрал элементы с наименьшим атомным весом, первые члены этих групп и, чтобы найти связь между группами, стал располагать элементы в порядке атомных весов.

О результатах своего открытия Менделеев сообщил в марте 1869 года заседанию Русского химического общества в докладе «Соотношение свойств с атомным весом элементов»: «Первая проба, сделанная в этом отношении, была следующая: я отобрал тела с наименьшим атомным весом и расположил их по порядку величины их атомного веса. При этом оказалось, что существует как бы период свойств простых тел, и даже по атомности элементы следуют друг за другом в порядке арифметической последовательности величины их пая:

Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19
Na = 23	Mg = 24	Al = 27,4	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,3
K = 39	Ca = 40	—	Ti = 50	V = 51	—	—

В разряде элементов, имеющих пай более 100, встречаем совершенно аналогичный непрерывный ряд:

Ag = 108; Cd = 112; Ur = 116; Sn = 118; Sb = 122; Te = 128; J = 127;

Оказывается, что Zr, Na, K, Ag так же относятся друг к другу, как C, Si, Ti, Sn или как N, P, V, Sb и т. д. Родилось тотчас предположение: не выражаются ли свойства элементов в их атомном весе, нельзя ли на нем основать систему?»¹

Приведенное Менделеевым сопоставление известных в то время групп простых тел по их атомному весу привело его к заключению, что «способ распределения элементов по атомному их весу не противоречит естественному сходству, существующему между элементами, а, напротив того, прямо на него указывает»².

В качестве доказательства Менделеев сопоставил такие шесть групп:

Na = 23	Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137
	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133
F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127
O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128
N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122
C = 12	Si = 28	—	Sn = 118

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 8—9.

² Там же, стр. 9.

На основе результатов «первой пробы» и последующих исследований Менделеев сделал такой набросок таблицы элементов:

Т а б л и ц а 1. (Фотокопия). Расшифровал Б. М. Кедров.

2 П. П. Ионидь

Следующий этап открытия периодического закона состоял в переходе от простого перечня элементов к таблице, указывающей на закономерную связь элементов (таблица 2).

Этому переходу мешали: двоякий порядок следования элементов в зависимости от их атомных весов — возрастающий в горизонтальных группах и убывающий в вертикальных периодах — пустые места, а также сомнения в правильности размещения некоторых элементов. Только после преодоления трудностей Менделееву удалось расположить элементы в закономерной последовательности, в один ряд, в непрерывном порядке, разделив на периоды. Найдя диалектическую связь между всеми группами, Менделеев показал, что «элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную периодичность их свойств».

Ученый указывает, что возможны многие подобные расположения элементов, но они не изменяют существа системы. Это говорит о сложном творческом пути Менделеева.

Таким образом, открытие периодического закона состоит из следующих этапов: отбор легких элементов и поиски основного принципа для сравнения несходных групп элементов; составление таблицы расположения групп; поиски удовлетворительной таблицы для публикации и открытие периодического закона как основного закона для всех элементов. «На этот раз я и желал преимущественно найти общую систему элементов», — заявляет Менделеев.

На основе многочисленных исследований Менделеев сделал следующий вывод: «...*величина атомного веса определяет природу элемента* настолько же, насколько вес частицы определяет свойства и многие реакции сложного тела. Если это убеждение подтвердится дальнейшим применением выставленного начала к изучению элементов, то мы приблизимся к эпохе понимания существенного различия и причины сходства элементарных тел»¹.

Указав на то, что выставленный им в данном случае закон не идет в разрез с общим направлением естествознания, Менделеев отметил, что до сих пор «не существовало его доказательства, хотя уже и были намеки на него». Обратив внимание также на то, что отныне возникает новый интерес в определении атомных весов, в открытии новых простых тел и в отыскании новых аналогий между ними, Менделеев привел составленную им систему элементов, основанную на их атомном весе.

Именно в результате большой творческой работы Менделеев в феврале 1869 года составляет свою первую таблицу по принципу длинных периодов («лестничную» таблицу), разосланную им некоторым из химиков:

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 10.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
		Ni =	Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199
H = 1	Be = 9,4	Mg = 24	Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
	B = 11	Al = 27,4	Zn = 65,2	Cd = 112	
	C = 12	Si = 28	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	N = 14	P = 31	? = 70	Sn = 118	
	O = 16	S = 32	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	F = 19	Cl = 35,5	Se = 79,4	Te = 128?	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Br = 80	J = 127	
		Ca = 40	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
		? = 45	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
		?Er = 56	Ce = 92		
		?Yt = 60	La = 94		
		In = 75,6	Di = 95		
			Th = 118?		

Т а б л и ц а 2. Опыт системы элементов,
основанной на их атомном весе и химическом сходстве

В этой таблице периоды не разбивались на ряды, а ставились как целые, вертикальные, один рядом с другим. В ней особенно заметно сближение несходных элементов.

Сделав открытие величайшего значения, Менделеев видел, что это только начало глубокого познания природы химических элементов. «Предлагаемую систему элементов,— писал он,— конечно, нельзя считать совершенно законченной, но она, мне кажется, основывается на таких данных и на таких естественных сближениях, что существо ее едва ли можно считать сомнительным, потому что числа здесь подтверждают те сходства, какие вытекают из изучения соединений элементов»¹.

Именно в диалектическом подходе к изучению элементов Менделеев видел то новое, что внес он в химию. В докладе Русскому химическому обществу, опубликованном затем в виде статьи, Менделеев говорил: «Цель моей статьи была бы совершенно достигнута, если бы мне удалось обратить внимание исследователей на те отношения в величине атомного веса *несходных* элементов, на которые, сколько то мне известно, до сих пор не обращалось почти никакого внимания»². И далее: «В сопоставлении *несходных* элементов заключается по моему основной признак, отличающий мою систему от систем моих предшественников»³.

В самом деле, стоит только посмотреть на таблицу, приведенную в статье, чтобы заметить, что Менделеев объеди-

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 14.

² Там же, стр. 16 (Курсив мой.— П. И.).

³ Там же, стр. 221—222.

нил в каждом ряду резко несходные элементы. И это сделано им не случайно.

Менделеев диалектически сблизил химически различные элементы, атомные веса которых приближались друг к другу. Эти различные элементы выступали не только как соседи, но и как полярные противоположности. Диалектическое чутье Менделеева дало ему возможность на основе этого сближения химически различных элементов построить отдельные периоды в своей системе.

Мысль сличить все элементы по величине их атомного веса, писал Менделеев, до того чужда была общему сознанию, что не могла обратить на себя чьего-либо внимания.

До Менделеева свойства несходных элементов никем не сравнивались между собой, а ведь именно этим и обнаруживается закономерная зависимость свойств от изменений атомного веса. До сих пор, насколько известно, говорит Менделеев, еще не предложено никакого сопоставления всех естественных групп друг с другом, а замеченные отношения для отдельных членов групп не объяснены. В лучшем случае предшественники Менделеева только приводили в некоторый порядок известные элементы и этим ограничивались.

Единственное, чего достигли с помощью односторонней индукции метафизически мыслящие химики,— это сближение в одну группу наиболее сходных элементов, слепое уподобление их систематике растений или животных. Иначе говоря, изучение было описательным и не позволяло делать какие-либо предсказания по отношению к элементам, еще не бывшим в руках исследователей. Простое описание фактов, говорил Менделеев, очень мало дает для предвидения, которое и «составляет прямую цель совершенствующегося познания».

Открытие периодического закона вскрыло для философии естествознания новую область мышления. Сам же творец периодической системы в своих широких обобщениях говорил языком диалектики. Существо своих открытий Менделеев сформулировал так:

«1) Элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную *периодичность* свойств. 2) Сходственные по химическим отправлениям элементы представляют или близкие атомные веса (Pt, Ir, Os), или последовательно и однообразно увеличивающиеся (K, Rb, Cs). 3) Сопоставление элементов или их групп по величине атомного веса соответствует так называемой *атомности* их. 4) Распространеннейшие в природе простые тела имеют *малый* атомный вес, а все элементы с малыми атомными весами характеризуются резкостью свойств. Они поэтому суть типические элементы. 5) *Величина* атомного веса определяет характер элемента. 6) Должно ждать открытия еще многих *неизвестных* простых тел, напр., сходных с Al и Si элементов

с паем 65—75. 7) Величина атомного веса элемента иногда может быть исправлена, зная его аналоги. Так, пай Те должен быть не 128, а 123—126. 8) Некоторые *аналогии* элементов открываются по величине веса их атома»¹.

Так, Менделеев открыл закон, который распространяется на все без исключения химические элементы, как сходные, так и несходные. В 1870 году в «Основах химии» он писал, что если расположить все элементы по величине их атомного веса, то при этом замечается повторение свойств в периодах элементов, близких по величине атомного веса. Логически развивая и обобщая итоги сопоставления элементов в таблице, легко прийти, говорит Менделеев, к заключению, что *«свойства простых тел, так же формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости (или, выражаясь алгебраически, образуют периодическую функцию) от величины атомных весов элементов»*².

Но первая таблица элементов все же еще не могла до конца раскрыть закономерную зависимость химических элементов.

К тому времени были неизвестны атомные веса ряда элементов, и, кроме того, как мы дальше увидим, Менделеев еще не исследовал тогда зависимости атомных весов от форм соединений, что он сделает только осенью 1869 года.

Поскольку, как об этом говорит сам Менделеев, первая таблица не являлась еще окончательно завершенной, он проводит новые и новые исследования химических элементов. В результате их он приходит к важному выводу, что у элементов есть два свойства и два коренных отношения, зависимость которых и может составить закономерность, определяющую все другие свойства элементов. Это — *величина атомного веса* и *атомность*, или способность давать те или иные формы соединений.

В своих трудах, и в особенности в «Основах химии», Менделеев всесторонне исследует характерные особенности форм соединений химических элементов. Он ищет общие закономерности, присущие всем элементам.

Не только предшественники Менделеева, но и его современники даже после открытия периодического закона не видели связи между периодическим законом, атомным весом и формой соединения. Даже такой известный химик, как Л. Мейер, который ближе других ученых стоял на пути к открытию периодического закона, не понял диалектики взаимосвязи между атомными весами и формами соединения химических элементов. Так, в статье «К вопросу о системе элементов» Менделеев подчеркивает, что он не разделяет мнения

¹ Д. И. Менделеев. Основы химии, т. II, стр. 381—382.

² Там же, стр. 80—81.

		Группа I	Группа II	Группа III
Типические элементы		H=1 Li=7	Fe=9,4	B=11
Первый период	Ряд 1-й » 2-й	Na=23 K=39	Mg=24 Ca=40	Al=27,3 —=44
Второй период	» 3-й » 4-й	(Cu=63) Rb=85	Zn=65 Sr=87	—=68 (?Yt=88?)
Третий период	» 5-й » 6-й	(Ag=108) Cs=133	Cd=112 Ba=137	In=113 —=137
Четвертый период	» 7-й » 8-й	—	—	—
Пятый период	» 9-й » 10-й	(Au=197) —	Hg=200 —	Tl=204 —
Высшая соляная окись		R ² O	R ² O ² или RO	R ² O ³
Высшее водородное соединение		—	—	(RH ³ ?)

Т а б л и ц а 3. Естественная система

Мейера, который «не обращает внимания на периодическую зависимость форм окислов от атомных весов элементов, хотя последнее дает более точный путь к решению такого рода вопросов».

Опираясь на периодический закон, Менделеев ищет внутреннюю причинную связь между атомными весами элементов и формами их соединения.

Для решения этой задачи Менделеев разделяет свойства химических элементов на качественные и количественные. Еще в 1871 году он отмечал, что, кроме качественных отношений элементов и их соединений, имеются и количественные отношения, характеризующие элементы. Между тем химики до него не видели количественных, числовых характеристик химических элементов. «Дело сводится здесь, как и всюду в классификации, [к тому], что деления, не основанные на числах, приобретают вид резкости, различие кажется качественным, тогда как оно в сущности количественное»¹, но это различие, говорил Менделеев, не следует принимать за «абсолютно резкое». Зависимость форм соединений от атомного веса вытекает из того, что атомный вес показывает отношение между массами, составляющими химические единицы.

«А по смыслу всех наших физико-химических сведений масса вещества есть именно такое свойство его, от которого

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 218.

Группа IV	Группа V	Группа VI	Группа VII	Группа VIII переход к группе I
C=12 Si=28 Ti=50?	N=11 P=31 V=51	O=16 S=32 Cr=52	F=19 Cl=35,5 Mn=55	Fe=56, Co=95, Ni=59, Cu=63 Ru=104, Rb=104 Pd=104, Ag=108
—=72 Zr=90 Sn=118 Ce=138?	As=75 Nb=94 Sb=122	Se=78 Mo=96 Te=128?	Br=80 —=100 J=127	
— Pb=207 Th=232	Ta=182 Bi=208	W=184 Uг=240	— — —	Os=199 Jr=198? Pt=197 Au=197
R ² O ⁴ или RO ² RH ⁴	R ² O ⁵ RH ³	R ² O ⁶ или RO ³ RH ²	R ² O ⁷ RH	R ² O ⁸ или RO ⁴ —

элементов Д. И. Менделеева (1870 г.)

должны находиться в зависимости все остальные свойства материи... Поэтому ближе или естественнее всего искать зависимости между свойствами и сходствами элементов и атомными их весами.

Такова основная мысль, заставляющая **расположить все элементы по величине их атомного веса**¹.

Менделеев делает вывод, что природа тех функций, которые выражают зависимость свойств от веса атомов, имеют для разных свойств один общий признак — периодичность.

Иначе говоря, по Менделееву, периодическая зависимость, существующая между всякими свойствами элементов, например их способность давать те или другие соединения, и их атомным весом показывает, что «эта изменчивость атомности подчиняется одному совершенно точному и общему закону».

Менделеев показал, что таким общим законом и для атомного веса и для форм соединений, как и для всех остальных свойств элементов, является периодический закон химических элементов.

Исходя из этого, Менделеев объединил элементы в восемь групп. К этому времени им были уточнены также атомные веса ряда элементов.

Оба эти обстоятельства — открытие зависимости формы соединений от атомного веса и уточнение атомных весов

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 265.

элементов — дали возможность Менделееву составить в 1870 году новую таблицу химических элементов, названную им «Естественная система элементов» (таблица 3).

Основная идея этой «короткой» системы элементов появилась у Менделеева уже на самой первой стадии создания им периодической системы (см. статью Менделеева «Соотношение свойств с атомным весом элементов», 1869).

В основание «короткой» системы положено распределение химических элементов по величине их атомного веса. «Начиная от водорода и кончая ураном, мы располагаем все элементы, — писал Менделеев, — в арифметическом порядке по величине их атомных весов; при этом тотчас же замечается периодичность, и притом двоякого рода: начиная от лития до натрия, калия и т. д. чрез 7 элементов повторяется та же последовательность в общем химическом характере, а именно, сперва идут металлы все высшей и высшей атомности, а потом металлоиды или по крайней мере металлы, способные образовать кислоты все меньшей и меньшей атомности. На основании этого составляется для элементов семь групп или семь семейств, которые обозначены в таблице римскими цифрами»¹.

Но наряду с изменением свойств с возрастанием атомного веса, говорит Менделеев, замечается много и общих свойств, принадлежащих всем элементам, так что «сходство каждого элемента выражается его местом в горизонтальных и вертикальных рядах». Эту двоякую сходственность элементов Менделеев назвал их атом-анalogией.

«Разности в величине атомных весов соседних элементов представляют, — писал Менделеев, — последовательную изменяемость, в которой можно проследить периодичность; это дает возможность теоретически исправить атомные веса тех элементов, которые определены с малою точностью в настоящее время»².

В статье «Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых элементов», в которой приведена была естественная система элементов, Менделеев предсказал свойства экабора, экаалюминия и экасилиция, которые тогда еще не были открыты.

* *
*

Смело став на путь объединения в одной группе несходных элементов, Менделеев тем самым блестяще применил к решению центральной проблемы химии диалектический закон

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 145.

² Там же, стр. 154.

единства и борьбы противоположностей. И это не было случайным, неосознанным.

Отличие своих поисков закономерных связей химических элементов от поисков других ученых Менделеев видел в том, что его предшественники «между несходными элементами и не искали даже каких-либо точных и простых соотношений в атомных весах, а только этим путем и можно было узнать правильное соотношение между изменением атомных весов и других свойств элементов»¹.

Менделеев исходил из того, что каждый элемент есть единство разнообразных и противоположных свойств. Сама природа элементов противоречива: ни один из химических элементов не обладает только одним свойством, а содержит в себе много противоположных, как бы взаимоисключающих свойств. При этом каждый элемент может проявляться различно. В зависимости от условий на первый план выступают то одни, то другие свойства элементов. В своем первом сообщении о периодическом законе (1869 г.) Менделеев привел десятки примеров, показывающих, как один и тот же элемент в одних соединениях выступает как металл, в других — как неметалл (марганец, фосфор, сера, мышьяк, ртуть, цинк, свинец, висмут и др.).

До Менделеева все элементы делились на две абсолютно раздельные группы — металлы и металлоиды. Такое подразделение всех элементов на две исключаящие друг друга группы, между которыми нет никакого перехода, дает, по мнению Менделеева, искаженное представление об элементах, ибо между металлами и металлоидами «различие не резко».

Будучи диалектиком, он обнаружил не только различие между металлами и металлоидами, но и тесную связь, взаимные переходы элементов этих групп.

Все группы сходных элементов Менделеев разделил на два главных разряда. В первом разряде он объединил группы, содержащие сходные элементы, но имеющие значительные различия в величине атомного веса. Это ясно видно хотя бы на примере первых двух групп этого разряда.

Li = 7	Cu = 63,4	Cs = 133	Ca = 40	Cd = 112
Na = 23	Rb = 85,4	Be = 9,4	Zn = 65,2	Ba = 137
K = 39	Ag = 108	Mg = 24	Sr = 87,6	

В каждой из обоих групп мы видим сходные по химическим свойствам элементы. Так, в первой группе помещены серебро и натрий. Серебро в своей окиси имеет много сходства с натрием: азотносеребряную соль нельзя отделить кристаллизацией от азотнонатриевой. И вместе с тем серебро и

¹ Д. И. Менделеев. Новые материалы по истории открытия периодического закона, стр. 23.

натрий резко отличаются своими атомными весами: 108 и 23. Известно также, что сходны соединения закиси меди и окиси серебра, но серебро и медь различаются своими атомными весами: 108 и 63,4.

Менделеев понял, что в действительности нет абсолютной грани между металлами и неметаллами, и сблизил химически различные элементы, атомные веса которых были близки друг к другу.

Щелочные металлы и галоиды являются ярко противоположными в химическом отношении группами. До Менделеева эти группы резко противопоставлялись и разрывались. Менделеев увидел не только различие, но и их единство; как химические элементы они прямо противоположны, но атомные веса их близки. В группу «металлоидов» Менделеев включил азот и фосфор, а в группу «полуметаллов» — мышьяк, сурьму и висмут. Объединение олова и свинца с металлоидами — углеродом и кремнием, или же алюминия с металлоидом — бором было необычным для того времени.

Еще до открытия периодического закона Менделеев заключил, что в качественном отношении галоиды, с одной стороны, и щелочные металлы — с другой, элементы, наиболее противоположные друг другу. Он обращал внимание как на степень качественного химического различия галоидов и щелочных металлов, так и на ту степень количественного сходства, какая существует между этими столь различными элементами.

Переход от хлора, являющегося галоидом, к калию, являющемуся щелочным металлом, во многих отношениях будет соответствовать, говорил Менделеев, некоторому между ними сходству, хотя в периоде и нет других настолько близких по величине атома элементов, которые качественно были бы между собой столь различны. Галоиды и щелочные металлы представляют собой самые крайние по характеру элементы.

Соединяясь друг с другом, галоиды, как и щелочные металлы, образуют в химическом отношении непрочные соединения. Следовательно, говорит Менделеев, те и другие, соединяясь с себе подобными, образуют мало характерные соединения, обладающие свойствами составных частей, в них входящих.

Соединяясь же со щелочными металлами (как единство противоположностей), галоиды образуют прочные во всех отношениях тела, в которых первоначальные свойства галоидов и щелочных металлов совершенно исчезают. Образование таких соединений сопровождается большим выделением тепла и глубоким изменением в физических и химических свойствах.

Сближая щелочные металлы и галоиды, являющиеся полярно противоположными, Менделеев сделал глубокий фило-

софский вывод о том, что данное соединение укажет химикам на существование общих законов, управляющих самыми разнородными химическими изменениями веществ.

Не зная диалектики единства противоположности, предшественники Менделеева даже не пытались изучать связь между группами несходных элементов. Игнорирование единства противоположных свойств и групп привело предшественников Менделеева к одностороннему изучению форм соединений элементов, вне связи с прочими их свойствами. Менделеев же придавал решающее значение определению внутренних связей. В сопоставлении несходных элементов, говорил он, заключается основной признак, отличающий его систему от прежних классификаций элементов.

Несомненно глубокой диалектической мыслью было утверждение Менделеева, что качественно различные химические элементы могут иметь сходство в количественном отношении. Так, при глубоком качественном различии галоидов и щелочных металлов у них есть, говорит Менделеев, и «важное количественное сходство». Это сходство ясно выражается в том, что оба эти разряда элементов относятся к числу одноэквивалентных по водороду, или одноатомных.

Эту диалектику противоположностей Менделеев показывает и на примере способности элементов соединяться с водородом и кислородом. Элементы, говорит он, способны соединяться с тем большим количеством кислорода, чем меньше они могут удерживать водород.

*«Сумма эквивалентов водорода и кислорода, находящихся в соединении с атомом элемента, здесь, в высших формах, равна, как всегда, восьми. Так и в других элементах, соединяющихся с кислородом и водородом... Это показывает, что способность элементов к соединению со столь разнородными элементами, как кислород и водород, подчиняется одной общей закономерности...»*¹

Расположение элементов по группам и периодам описывается на детальное изучение Менделеевым места каждого элемента в системе. Это и понятно. «Место» в системе элементов, говорил Менделеев, характеризует все коренные свойства элементов, а вместе с тем и самый элемент.

«Каждый элемент по периодической системе имеет место, определяемое группою (означаем римскую цифрой) и рядом (цифра арабская), в которых находится. Они указывают величину атомного веса, аналогию, свойства и форму высшего окисла, водородного и других соединений, словом, главные количественные и качественные признаки элемента, хотя затем и остается еще целый ряд подробностей или индивидуальностей...»².

¹ Д. И. Менделеев. Основы химии, т. II, стр. 78.

² Там же, стр. 86—87.

Место, таким образом, является связующим узлом. Оно выражает собой связи и соотношения всех главнейших свойств элементов.

Исходя в построении системы элементов из общей закономерности, которой подчиняются все элементы в природе, Менделеев не растворял отдельное в общем, а указывал на относительную самостоятельность его. Всякое отдельное, доказывал он, неполно входит в общее. Кроме главных признаков элементов, которые определяются периодической системой, остается еще целый ряд индивидуальных особенностей.

Менделеев сделал правильное заключение о том, что нельзя игнорировать специфические свойства единичного, частного при анализе элементов. Необходимо, говорил он, при изучении свойств элементов обращать внимание как на общие свойства группы, к которой принадлежит элемент, так и на его индивидуальные особенности. Только после такого сравнительного изучения и на основании точно измеримого свойства можно делать обобщение о свойствах элементов.

Признание того, что каждый элемент есть индивидуум, а не простое механическое сочетание, что он представляет собой сложный мир, для которого характерен момент общей зависимости, означает, что отдельный химический элемент выступает как общее, т. е. что отдельное есть в то же время общее.

С открытием новых элементов, предсказанных Менделеевым на основе периодического закона, подтвердилось положение ученого о взаимосвязи явлений, о том, что все элементы тысячами переходов связаны друг с другом. Каждая группа в периодической системе есть единство противоположных элементов. Хотя принцип построения групп основывается на сближении элементов по коренному качественному сходству, но это сходство не есть абсолютное тождество. Менделеев показал, что тождество в себе содержит противоположность. Это видно на примере любой группы периодического закона.

Так короткая таблица Менделеева объединяет в одной вертикальной группе отличающиеся друг от друга элементы. В первой группе очень сильные щелочные металлы соединены с такими химически слабыми металлами, как Cu , Ag , Au . Менделеев писал, что Cu , Ag и Au находятся в двойственном положении. В низших своих формах они, например, сходны с Na . Это особенно видно на Ag . Сходство соединений закиси меди CuX и золота AuX с соединениями окиси серебра AgX также не подлежит сомнению. Это видно при сопоставлении свойств CuCl , AgCl и AuCl .

При некотором сходстве этих соединений с NaX есть, говорит Менделеев, и ряд различий.

Ученый расположил элементы с резко различными свойствами в одной группе, например, титан — в группе углерода, ванадий — в группе азота, хром — в группе кислорода и марганец — в группе хлора.

Эту диалектику противоположностей Менделеев прекрасно показал на примере сопоставления марганца с галоидами в одну группу. Помещая марганец с галоидами в одну группу, писал Менделеев, периодическая система элементов заставляет для него ждать сходства с галоидами только в высшей форме окисления, т. е. в солях и кислотах, ей отвечающих. Для низших же форм и для простых тел заставляет ждать столь же глубокого различия, как то, которое существует между хромом и серою или между молибденом и селеном. Оно так и есть в действительности.

Менделеевская система позволяет одновременно выражать в единстве два противоположных момента: сходство элементов и их различие. Менделеев поднялся в своих обобщениях до синтеза противоположностей, включив в одну группу различные и сходные элементы.

Менделеев вскрыл не только диалектику отношений элементов в группах, но и диалектику отношений элементов в периодах. Он показал, что каждый период представляет единство разнообразных и противоположных элементов: от металлов до металлоидов, от переходных к «инертным» элементам. На концах периодов Менделеев поместил «наиболее между собою качественно различные элементы, а в середине — элементы, во многом между собой сходные».

Четные и нечетные ряды Менделеев включил в один период.

В периодической системе члены четных и нечетных рядов выступают как единство противоположностей. Менделеев сблизил разные подгруппы. Эту закономерность он открыл в то время, когда еще не было известно строение атома. Современное развитие теории строения атома подтвердило правоту Менделеева. Это видно на примере изучения закономерностей расположения электронов по орбитам. Между тем метафизически мыслящие физики и химики в наше время сблизили только сходные элементы и решили, что они этим «исправили» таблицу Менделеева.

Менделеев соединил две противоположные подгруппы в одну группу. На этой основе ему удалось показать одновременно их сходство, единство, а также различие. Образование двух рядов и деление каждой группы на две подгруппы показывают, что длинные периоды образуют две меньшие спирали развития. В результате длинных периодов в каждой группе из I—VI групп образуются две подгруппы. Менделеев подробно исследует закономерности, характерные для этих двух подгрупп. Так, ванадий (элемент V группы) в одно и то же

время близок к хрому (VI группа) и в то же время он аналог фосфора, мышьяка и сурьмы, как Bi в отношении к Pb и Sb. Еще резче различие двух подгрупп в VI группе. При сходстве всех элементов VI группы они вместе с тем отличаются друг от друга.

Диалектически решал Менделеев проблему общего и единичного. На конкретном естественнонаучном материале он показал, что общее и единичное необходимо рассматривать в единстве, причем в таком единстве, в котором противоположные стороны переходят друг в друга и зависят друг от друга. Замечательными образами диалектики является утверждение Менделеева о том, что без развития индивидуальности нет общности, что «без частного индивидуального мира не может сложиться общий, и этот последний был бы абстрактом, если бы не оживлялся реальным разнообразием индивидуального мира»¹, ибо «общее не есть только простой отвлеченный абстракт, а находит осязательное выражение в действительности...»².

Правильное решение Менделеевым проблемы общего и единичного объясняется тем, что для него общее и частное в теории являются отображением общего и частного в объективном мире.

Исходя из диалектического понимания проблемы общего и единичного, Менделеев и решал такой вопрос, как эволюция химических элементов.

«Давно сказано: дайте точку опоры — и землю легко сдвинуть. Так должно сказать: дайте что-либо индивидуализированное — станет легко понять возможность видимого многообразия. Иначе — единое как же даст множество? Естествознание нашло, после великого труда исследований, индивидуальность химических элементов, и потому оно может ныне не только анализировать, но и синтезировать, понимать и охватывать как общее, единое, так и индивидуальное, множественное. Единое и общее, как время и пространство, как сила и движение, изменяется последовательно, допускает интерполяцию, являя все промежуточные фазы. Множественное, индивидуальное, как мы сами, как простые тела химии, как члены своеобразной периодической функции элементов, как дальтоновские кратные отношения, характеризуется другим способом: в нем везде видны — при связующем общем — свои скачки, разрывы сплошности, точки, исчезающие от анализа бесконечно малых, отсутствие промежутков. Химия нашла ответы на вопросы о причине множества, и она, держа понятия о многих элементах, подчиненных дисциплине общего закона, указывает выход из индийского исчезания во

¹ Д. И. Менделеев. Периодический закон, стр. 172.

² Д. И. Менделеев. Соч., т. XI, стр. 336.

всеобщем, дает свое место индивидуальному. Это место индивидуальности притом столь ограниченно охватывающим, всеобщим — всеобщим, что составляет не более, как точку опоры для того, чтобы понять множество в единстве»¹.

Но прекрасно понимая, что нет общего без единичного, что общее и единичное составляют неразрывную целостность, Менделеев совершенно ясно представлял, что от знания единичного, частного надо подыматься к знанию общего.

* *
*

Глубокое понимание диалектических принципов всеобщей взаимосвязи и единства противоположностей дало Менделееву ключ к решению другой замеченной им важнейшей всеобщей закономерности, как взаимосвязь, единство и переход количества в качество, закономерности, которой подчиняются и все процессы в области химических элементов.

Высоко оценив великое открытие Менделеева, Энгельс главное свое внимание обратил на применение великим русским химиком диалектического закона перехода количества в качество. «Наконец, закон Гегеля имеет силу не только для сложных тел, но и для самих химических элементов,— писал Энгельс в «Диалектике природы».— Мы знаем теперь, «что химические свойства элементов являются периодической функцией атомных весов»... что следовательно их качество обусловлено количеством их атомного веса. Это удалось блестящим образом подтвердить. Менделеев доказал, что в рядах сродных элементов, расположенных по атомным весам, имеются различные пробелы, указывающие на то, что здесь должны быть еще открыты новые элементы. Он наперед описал общие химические свойства одного из этих неизвестных элементов... и предсказал приблизительно его удельный и атомный вес и его атомный объем. Несколько лет спустя Лекок де-Буабодран действительно открыл этот элемент, и оказалось, что предсказания Менделеева оправдались с совершенно незначительными отклонениями. Экаалюминий получил свою реализацию в галии... Менделеев, применив бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Лавуазье, вычислившего орбиту еще неизвестной планеты — Нептуна»².

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 356—357.

² Ф. Энгельс. Диалектика природы, стр. 42—43. Госполитиздат. 1955.

Менделеев не слепо шел к открытию периодического закона. Он мастерски применил диалектический метод в химии. Однако это не означает,

	I	II	III	IV	V		
1	H ВОДОРОД 1,0080						
2	Li ЛИТИЙ 6,940	Be БЕРИЛЛИЙ 9,013	B БОР 10,82	C УГЛЕРОД 12,011	N АЗОТ 14,008		
3	Na НАТРИЙ 22,997	Mg МАГНИЙ 24,32	Al АЛЮМИНИЙ 26,98	Si КРЕМНИЙ 28,06	P ФОСФОР 30,975		
4	K КАЛИЙ 39,100	Ca КАЛЬЦИЙ 40,08	Sc СКАНДИЙ 44,96	Ti ТИТАН 47,90	V ВАНАДИЙ 50,94		
	Cu МЕДЬ 63,54	Zn ЦИНК 65,38	Ga ГАЛЛИЙ 69,72	Ge ГЕРМАНИЙ 72,60	As АРСЕН 74,91		
5	Rb РУБИДИЙ 85,48	Sr СТРОНЦИЙ 87,63	Y ИТРИЙ 88,92	Zr ЦИРКОНИЙ 91,22	Nb НИОБИЙ 92,91		
	Ag СЕРЕБРО 107,880	Cd КАДМИЙ 112,41	In ИНДИЙ 114,76	Sn ОЛОВО 118,70	Pb СВИНЕЦ 121,76		
6	Cs ЦЕЗИЙ 132,91	Ba БАРИЙ 137,36	La ЛАНТАН 138,92	Hf ГАФНИЙ 178,6	Ta ТАНТАЛ 180,95		
	Au ЗОЛОТО 197,0	Hg РТУТЬ 200,61	Tl ТАЛЛИЙ 204,39	Pb СВИНЕЦ 207,21	Bi ВИСМУТ 209,0		
7	Fr ФРАНЦИЙ 223	Ra РАДИЙ 226,05	Ac АКТИНИЙ 227	Th ТОРИЙ 232,05	Pa ПРОТАКТИНИЙ 231		
58 - 71 ЛАНТАНОИДЫ		Ce ЦЕРИЙ 140,13	Pr ПРАЗЕОДИМ 140,92	Nd НЕОДИМ 144,27	Pm ПРОМЕТИЙ 145	Sm САМАРИЙ 150,43	Eu ЕВРОПИЙ 152,0
ТРАНСУРАНЫ		Np НЕПТУНИЙ 237	Pu ПУТОНИЙ 244	Am АМЕРИЦИЙ 243	Cm КУРИЙ 250	Bk БЕРКЛИЙ 247	Cf КАЛИФОРНИЙ 251

Таблица 4. Современный вид периодической системы элементов.
(Перечеркнуты элементы, которые еще не были известны в момент открытия таблицы. Две звездочки отмечены элементы, которые являются радиоактивными.)

VI		VII		VIII			O	
		(H)					He ² ГЕЛИЙ 4,003	
N	8 КИСЛОРОД 16	O	9 ФТОР 19,00	F				Ne ¹⁰ НЕОН 20,183
P	16 СЕРА 32,066	S	17 ХЛОР 35,457	Cl				Ar ¹⁸ АРГОН 39,944
23 дн 0,95	Cr ²⁴ ХРОМ 52,01	Mn ²⁵ МАРГАНЕЦ 54,94	Fe ²⁶ ЖЕЛЕЗО 55,85	Co ²⁷ КОБАЛЬТ 58,94	Ni ²⁸ НИКЕЛЬ 58,69			
As	34 СЕЛЕН 78,96	Se	35 БРОМ 79,916	Br				Kr ³⁶ КРИПТОН 83,80
41 бий 2,91	Mo ⁴² МОЛИБДЕН 95,95	Tc ^{43*} ТЕХНЕЦИЙ (98)	Ru ⁴⁴ РУТЕНИЙ 101,1	Rh ⁴⁵ РОДИЙ 102,91	Pd ⁴⁶ ПАЛЛАДИЙ 106,7			
Sb	52 ТЕЛЛУР 127,61	Te	53 И О Д 126,91	J				Xe ⁵⁴ КСЕНОН 131,3
73 и тал 0,95	W ⁷⁴ ВОЛЬФРАМ 183,82	Re ^{75*} РЕНИЙ 186,31	Os ⁷⁶ ОСМИЙ 190,2	Ir ⁷⁷ ИРИДИЙ 192,2	Pt ⁷⁸ ПЛАТИНА 195,23			
Bi	* 84 ПОЛОНИЙ 209	Po	* 85 АСТАТИЙ (210)	At				Em ⁸⁶ РАДОН 222
91 ктуний 31	U ⁹² УРАН 238,07							
Gd ⁶⁴ ГАДОЛИНИЙ 156,9	Tb ⁶⁵ ТЕРБИЙ 158,93	Dy ⁶⁶ ДИСПРОЗИЙ 162,46	Ho ⁶⁷ ГОЛЬМИЙ 164,94	Er ⁶⁸ ЭРБИЙ 167,2	Tm ⁶⁹ ТУЛИЙ 168,94	Y ⁷⁰ ИТТЕРБИЙ 173,04	Lu ⁷¹ ЛЮТЕЦИЙ 174,99	
Es ⁹⁹ ЭЙНШТЕЙНИЙ 254	Fm ¹⁰⁰ ФЕРМИЙ 253?	Md ¹⁰¹ МЕНДЕЛЕВИЙ >256	No ¹⁰² НОБЕЛИЙ >253	(103)				

ической системы в историческом плане.
закона. Звездочками отмечены элементы, предсказанные самим Менделеевым (для которых он подробно предсказал свойства.)

В зависимости от увеличения атомного веса закономерно изменяется и их качественная характеристика. К числу качественных признаков Менделеев относил свойства элементов «давать соответствующие химические соединения»; количественными признаками он считал атомный вес, свойственный элементу, который, «представляя собой самостоятельный интерес естественной философии, имеет прямое практическое значение». «Когда думаешь о веществе,— говорил Менделеев,— помимо всякого представления о материальных атомах, нельзя, для меня, избежать двух вопросов: сколько и какого дано вещества, чему и соответствуют понятия: массы и химизма»¹. Количественное изменение массы атома (его атомного веса) влечет за собой качественное изменение элемента (его химизма).

Существо этой закономерности Менделеев выразил так: **«Правильное и постепенное изменение в величине атомного веса влечет за собою... правильное и постепенное изменение как в качественной, так и в количественной способности элементов к соединениям...»**².

Проявление закона перехода количества в качество Менделеев обнаружил не только при переходе от одного элемента к другому элементу. Этот закон, оказывается, проявляется и в отношениях элементов горизонтальных и вертикальных разрезов периодической системы. Как стало ясно, периодическая система характеризуется единством двух ее основных разрезов — горизонтального и вертикального; первый построен по принципу расположения элементов в порядке количественного возрастания атомных весов, второй — по принципу объединения элементов в естественные группы по качественному, т. е. химическому, сходству этих элементов. Единство горизонтального и вертикального рядов выражается в переходе от одной естественной группы к другой, что и отражает закон материалистической диалектики — закон перехода количественных изменений в качественные.

что Менделеев сумел подняться до диалектического материализма. Он не поднялся до понимания диалектики как науки о наиболее общих законах развития природы, общества и мышления. Ф. Энгельс дал чрезвычайно высокую оценку открытию Менделеева. Однако Энгельс не считал Менделеева диалектическим материалистом. По-видимому, исходя из этих соображений, Ф. Энгельс отметил, что Менделеев применил бессознательно закон перехода количественных изменений в качественные.

В своих воззрениях на природу Менделеев позади себя оставил метафизический материализм и находился на подступах к диалектическому материализму. По коренным вопросам философии естествознания он вплотную подошел к диалектическому материализму, хотя отдельные следы метафизических воззрений можно уловить в научном творчестве ученого.

¹ Д. И. Менделеев. Основы химии, т. II, стр. 391.

² Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 110.

Количество и качество являются противоположными характеристиками химических элементов, но они всегда, согласно диалектическому методу, даны вместе, в единстве.

Так именно подходил к этим категориям Менделеев. Единство качества и количества, подчеркивал он, лежит в основе периодической системы элементов, и это единство призвано составить «нить, долженствующую вывести химиков из лабиринта современного, уже значительного, но отчасти одностороннего запаса данных»¹.

Отрыв качества от количества, говорил он, приводит к ошибочным заключениям. Например, способность данного элемента при соединении с одними элементами давать основные соединения, а с другими — кислотные соединения есть проявление лишь общих признаков. Между тем их принимают, замечал Менделеев, за качественные различия элементов только потому, что еще не умеют их измерять.

С этих диалектических позиций ученый критиковал метафизический, односторонний взгляд на химические явления.

К исследованию химических явлений, отмечал он, подходят или с количественной стороны (таковы атомистические воззрения Берцелиуса), или с качественной (электрохимическая теория).

Количество и качество Менделеев рассматривал как такие две характеристики элемента, которые тысячами нитей связаны друг с другом, притом так, что изменение одной неизбежно влечет изменение другой. «...По удельному весу растворов, зная качество веществ, их образующих, можно судить о количестве, или зная количество — о качестве, хотя последнее и труднее...»².

На многих примерах из области неорганической природы Менделеев показал, что чисто количественные изменения — увеличение или уменьшение — вызывают в определенных узловых пунктах качественный скачок. Эти скачкообразные переходы от одного состояния к другому происходят, говорил он, не случайно, а вполне закономерно.

Специфику закономерностей химических явлений в сравнении с закономерностями механико-физических явлений Менделеев видел в том, что в области химических явлений всего характернее скачки, переломы и пределы, почти во всех химических отношениях выступающие на первый план.

Менделеев показал, что количественные изменения сопровождаются в периоде малыми качественными скачками от одного элемента к другому. Так, по мере роста атомного веса происходит скачкообразно изменение качества элемента от

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 257.

² Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. III, стр. 6.

щелочных металлов к галогенам и постепенно исчезают металлургические свойства и накапливаются неметаллические.

Изменения внутри того или другого периода в то же время готовят скачок от одного периода к другому. Непрерывные и незначительные количественные изменения и качественные скачки в периоде при переходе от галогенов к металлам приводят к резкому скачку.

Таким образом ярко проявляется единство противоположностей в химических элементах (незначительные скачки) и борьба, взаимопроникновение противоположностей (резкие скачки).

Диалектику противоположных свойств химических элементов при переходе количественных изменений в качественные Менделеев подробно раскрыл в «Основах химии».

Так, например, он определяет типичный элемент I группы — натрий, как «элемент основной и одновалентный», окисел которого Na_2O обладает «свойствами сильных оснований». Элементы II группы также являются основными металлами, но у них более слабо выражены щелочные свойства и они менее активны. Элементы III группы уже ясно проявляют соединение противоположных свойств. Так, окисел бора имеет «слабый основной характер вместе со свойствами слабого кислотного окисла». Эту ярко выраженную двойственность у элементов III группы Менделеев объясняет тем, что они представляют как бы промежуточное явление.

На элементах IV и V группы Менделеев обнаруживал дальнейший закономерный переход металлов в неметаллы. Высшие окислы элементов VI группы имеют, как указывал ученый, уже более ясно выраженный кислотный характер. В VII группе, пишет он, есть элементы «исключительно кислотного характера и нет других элементов со столь развитыми кислотными свойствами», хотя у каждого элемента этой группы имеются свои специфические, индивидуальные свойства.

Качественные изменения в результате количественных изменений атомного веса происходят, как показывает Менделеев, не только в периодах и рядах, но также и в группах и подгруппах. Так, рассматривая элементы главной подгруппы первой группы, он обнаруживает изменения свойств этих элементов от изменения их атомного веса. Например, несмотря на сходство всех щелочных металлов, «даже в самом металле ясно проявляется последовательность в изменении свойств, сообразно с изменением атомного веса».

То же самое происходит, говорил ученый, и во второй группе — с щелочно-земельными металлами. Количественные изменения атомного веса ведут к качественным изменениям. Самый меньший атомный вес имеет бериллий. Его количественное отличие от других щелочно-земельных металлов опре-

деляет и его качественное отличие в целом. Менделеев последовательно анализирует качественное изменение щелочно-земельных металлов в зависимости от изменения атомного веса. Если мы сличим, говорит он, свойства кальция, магния и бериллия, то увидим, что магний занимает среднее между Са и Ве положение как в качественном, так и в количественном отношении. Эта закономерность распространяется также и на остальные щелочно-земельные металлы. Подобную закономерность Менделеев прослеживает и во всех остальных группах периодической системы.

Так, великий химик доказал единство противоположных свойств элементов и их постепенное качественное изменение при увеличении атомного веса.

Как же Менделеев понимал характер скачкообразного перехода от одного качественного состояния к другому?

Многообразные высказывания великого химика относительно существа скачков, вызываемых постепенным количественным изменением, можно суммировать следующим образом: сплошная линия развития прерывается, совершается переход в новое качественное состояние без промежуточных элементов, без каких-либо дополнительных переходных ступеней.

Это положение он очень убедительно изложил в «Основах химии». Указав, что веса атомов возрастают не непрерывно, а лишь скачками, Менделеев так разъяснил свое понимание скачков: «т. е. между двумя соседними элементами (например $K = 39$ и $Ca = 40$ или $Al = 27$ и $Si = 28$, $C = 12$ и $N = 14$ и т. п.) не только нет, но, по законам периодичности и кратных отношений (Дальтона), и быть не может переходных промежуточных элементов. Как в *частице* водородного соединения может быть на один атом элемента или один (в HF), или 2 (в H_2O), или 3 (в NH_3) и т. п. атомов водорода, но не может быть *частицы*, содержащей на атом элемента $2\frac{1}{2}$ атома водорода, так по периодическому закону не может быть и элемента, промежуточного между N и O, с атомным весом, большим 14 и меньшим 16, или между K и Ca. Это значит, что периодическая зависимость элементов не может быть выражаема какой-либо алгебраической сплошной функцией, какую можно, например, выразить периодическое изменение температуры в течение дня или года, или изменение синусов по мере возрастания углов»¹.

В качестве одного из примеров, подтверждающих это положение, Менделеев приводит количественную и качественную взаимосвязь между серебром и кадмием. Между ними, говорит он, не только нет промежуточных элементов, но, по смыслу периодического закона, и быть не может. Больше того,

¹ Д. И. Менделеев. Соч., т. XXIV, стр. 129.

сплошная кривая извратила бы смысл дела, ибо она заставляла бы ждать во всех точках кривой реальных элементов и им отвечающих свойств. Но в действительности этого нет. «Периоды элементов,—заключает Менделеев,—носят таким образом иной характер, чем привычные периоды, геометриями столь просто выражаемые. Это — точки, числа, это — скачки массы, а не ее непрерывные эволюции. В этих скачках, без всяких переходных ступеней и положений, в этом отсутствии каких-либо переходов между серебром и кадмием или, например, между алюминием и кремнием, должно видеть такую задачу, что прямое приложение анализа бесконечно малых здесь непригодно»¹.

Так, резкие скачки от одного периода к другому означают не разрыв только, но и связь: скачок включает момент постепенности.

Единство скачкообразного и постепенного перехода Менделеев рассматривал как закономерный процесс. Он писал, что переходы от одного элемента к соседнему представляют правильности в формах соединений и эта правильность доказывает, что сопоставление элементов «представляет собою естественный ряд».

Менделеев видел, что скачки имеют самые различные формы. Это видно хотя бы из описания изменений, происходящих в свойствах в связи с изменением массы.

«По мере возрастания массы, сперва свойства последовательно и правильно изменяются, а потом возвращаются к первоначальному, и опять начинается новый, подобный предыдущему, период изменения свойств. Тем не менее здесь, как и в других явлениях, есть случаи, когда малое изменение массы атома влечет малое изменение свойств, определяет различия второго порядка; это видно, напр., в VIII группе... так, атомные веса Fe, Co и Ni, Ru, Rh и Pd, Os, Ir и Pt очень близки между собою, но и свойства их очень близки, различия иногда едва уловимы»².

Менделеев показал на этом примере не только скачкообразность перехода, но и качественные различия скачков. В периодическом законе диалектика включает в себя медленную эволюцию и быстрые скачки, перерывы постепенности. Постепенные качественные изменения вызывают резкие скачки.

Незначительные скачки от одного элемента к другому происходят как «незначительные, скрытые изменения» в пределах одного периода. Незначительные, скрытые изменения подготавливают скачок от одного периода к другому. Менделеев отмечает резкие скачки при переходе от одного периода

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 353.

² Д. И. Менделеев. Основы химии, т. II, стр. 90.

к другому и менее резкие скачки через несколько элементов от одного ряда к другому в длинных периодах.

При этом необходимо подчеркнуть, что, говоря о скачках, Менделеев ни на минуту не упускал из виду принципа всеобщей взаимосвязи элементов. Скачок совершается без промежуточных ступеней, без переходных элементов, но скачок только потому и возможен, что между исходным качественным состоянием и тем качественным состоянием, которое возникает в результате скачка, имеется общее, связующее оба эти состояния. Отмечая, что везде видны «скачки, разрывы сплошности, точки, исчезающие от анализа бесконечно малых, отсутствие промежутков», Менделеев добавляет три слова: «при связующем общем»¹.

И что очень важно, Менделеев понимал, что открытая им закономерность перехода количественных изменений в качественные через скачок в области химических элементов является закономерностью, выходящей за пределы химии. Скачкообразный переход из одного качественного состояния в другое в результате нарастания количественных изменений характерен для всех областей действительности. Это — всеобщий закон природы, и потому им надо заинтересоваться и философам. Указав на то, что масса атомов растет не непрерывно, а скачками, Менделеев писал: «Связав понятие о химических элементах новыми узами с Дальтоновым учением о кратном или атомном составе тел, периодический закон открыл в естественной философии новую область для мышления». Менделеев, таким образом, поднялся до философского понимания категорий качества и количества. Он считал внутреннюю связь качества и количества одной из основных связей, позволяющей глубоко понять законы природы.

Менделеев понимал, что по своему существу периодический закон выражает внутреннюю взаимную связь между количеством и качеством элементов. В своей речи на VIII съезде русских естествоиспытателей и врачей в 1889 году, возвращаясь к вопросу о связи качества и количества, Менделеев указывает, что существует «внутренняя связь между числом и сущностью, между мерою и ее внутренними причинами...»

Менделеев показал ограниченность взглядов механистов, которые не знали, что с возрастанием массы начиналось через некоторый период повторение свойств. В качестве основного довода против механистического представления о природе элементов Менделеев выдвинул периодичность изменения свойств элементов. Если бы существовала только «инертная масса» без качественных различий, то не было бы,

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 357.

говорил он, периодической закономерности, и тогда, по мере возрастания веса, следовало бы ждать однообразного изменения свойств.

Химики-механисты полагали, что монотонному возрастанию весов отвечает монотонный же или, точнее, симбатный ход изменения форм соединения. Менделеев доказал, что эта симбатность сохраняется лишь на некотором участке ряда элементов, после чего происходит скачок, когда эволюционное изменение переходит в качественное.

Применив закон скачкообразности перехода количества в качество, Менделеев пришел к очень важному выводу: периодический закон нельзя представить непрерывными математическими функциями, как делают механисты, его «следует выражать не геометрическими линиями, всегда подразумевающими сплошности, а вроде того, как поступают в теории чисел — прерывно».

Все попытки в истории химии выразить сущность периодического закона чисто математическими уравнениями не привели к положительным результатам, потому что механисты улавливали внешнюю сторону идеи периодичности, а не ее суть. Попытки представить периодическую зависимость только в количественной форме потерпели крушение, так как атомные веса элементов изменяются чрезвычайно неравномерно. Так, например, периодическое чередование свойств осуществляется то через 8, то через 18 элементов (длинные и короткие периоды).

Великий химик понимал, что все качественные различия в периоде химических элементов нельзя свести к чистому количеству. «В периодической функции элементов,— писал он,— дело идет иначе: здесь масса элементов не возрастает непрерывно, и все переходы совершаются скачками, как от Mg к Al. Так, эквивалентность или атомность прямо перескакивает с 1 на 2, на 3 и т. д.— без переходов. И по моему мнению, эти-то свойства и суть важнейшие, их периодичность и составляет сущность периодического закона»¹. Менделеевское положение о том, что между двумя соседними элементами не может быть переходных промежуточных элементов, блестяще подтвердилось современными данными химии и физики о дискретности материи и ее различных качественных формах, современным учением о прерывности химических элементов.

* *
*

Менделеев заметил, что при переходе от одного качества к другому, более высшему происходит не простое отрицание свойств элементов предыдущего периода, а отрицание как

¹ Д. И. Менделеев. Основы химии, т. II, стр. 387.

момент связи, как момент развития с сохранением всего положительного, имеющегося на предыдущем этапе развития. «В сущности же (как замечено мною еще в 1869 г.), — писал Менделеев, — все распределение элементов представляет непрерывность и отвечает до некоторой степени спиральной функции»¹.

Диалектическое отрицание в периодическом законе выступает как выражение связи нового со старым.

Постепенные количественные и качественные скачки в периоде — от щелочных металлов к галогенам — отражают моменты связи между двумя противоположными группами элементов. Так, если взять период, начинающийся с натрия, то мы увидим следующее: в начале периода стоит очень сильный щелочной металл натрий, за ним идет менее сильный — щелочно-земельный металл магний, затем — слабый, земельный металл алюминий, за алюминием следуют слабый неметалл кремний, более сильные неметаллы — фосфор, сера и наконец ярко выраженный галлоид — хлор.

Начиная с натрия (щелочного металла) и кончая хлором (галлоидом) при возрастании атомных весов у элементов этого периода происходит постепенное ослабление металлических свойств, как бы «отрицание» и постепенное усиление неметаллических свойств. Это «отрицание» выражает связь внутри периода, и прежде всего количественную связь атомных весов, их близость.

В периодической системе Менделеева разделение на «металлы» и «металлоиды» не представляет собой разделения на метафизически изолированные группы, а выражает специфические связи взаимопереходящих моментов единого целого.

Этой же закономерности подчиняются и более сложные связи в периодической таблице, как, например, связь рядов в периоде. Менделеев показал, что в длинных периодах, состоящих из двух подпериодов, происходит скачок между двумя рядами, как это видно в VIII группе. Элементы этой группы являются переходными промежуточными элементами между двумя рядами.

Положение этой группы совершенно особое. Элементы VIII группы помещаются в промежутке между элементами четного ряда и следующими за ними в больших периодах элементами нечетного ряда. Они осуществляют момент связи в скачке от одного ряда к другому: Менделеев отмечает не только их сходство со щелочными металлами, но и отличие. Отрицание отрицания проявляется и в пределах отдельного периода, когда незначительные качественные изменения подготавливают резкий скачок от одного периода к другому в ре-

² Д. И. Менделеев. Соч., т. XXV, стр. 257.

зультате непрерывных количественных и качественных изменений.

Непрерывные и незначительные количественные и качественные скачки в периоде при переходе от галогенов к металлам приводят к резкому скачку. Вместе с тем Менделеев показал, что эти резкие скачки от одного периода к другому являются не только разрывом, но и связью, что в скачкообразном переходе существует закономерная связь.

Описывая характерные особенности разных групп, Менделеев установил, что при увеличении атомного веса в периоде металлические свойства убывают, а неметаллические возрастают. Это дает возможность наблюдать, как свойства каждого элемента выводятся из свойств предшествующего элемента в периоде. Данная закономерность вытекала из того, что каждый элемент содержит оба противоположных свойства в их единстве.

В периодическом законе раскрывается и такая черта закона отрицания отрицания, как *повторение* в процессе развития пройденных ступеней на новой, высшей основе.

При этом старое повторяется только внешне. Внутреннее содержание явлений всегда изменяется на основе поступательного движения по восходящей линии — от простого к сложному, от низшего к высшему. При этом в высших периодах низшие не уничтожаются. Количество элементов в периодах непрерывно увеличивается. Так, например, период, начинающийся с металла лития, после отрицания через инертный газ неон возвращается к металлу натрию, от натрия через инертный газ аргон — к калию, затем — к рубидию, цезию.

Эту закономерность Менделеев и назвал периодической повторяемостью свойств.

«Сначала свойства элементов изменяются соответственно увеличению атомного веса, потом повторяются в новом ряду элементов, т. е. в *новом периоде*, с той же закономерностью, что и в предыдущем ряду. Поэтому периодический закон можно выразить так: *свойства элементов (а, следовательно, и образованных из них простых и сложных тел) находятся в периодической зависимости от их атомного веса*»¹.

Так, например, количественный рост атомного веса массы происходит непрерывно, основные же свойства элементов, как показал Менделеев, повторяются. Это видно и на анализе периодов в периодической системе.

Каждый новый период содержит в себе или сохраняет внутри себя предшествующие периоды. Так, в последнем периоде (радий-нобелей) содержатся внутри все электронные оболочки прежних периодов. Но этот количественный рост приводит к качественным изменениям характера повторяемости.

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 170.

Повторение периодов происходит на совершенно новой основе. Так, галогены — фтор, хлор, бром, иод, завершающие периоды в менделеевской системе, все в основных чертах сходны и в то же время, чем выше атомный номер, тем менее ярко выражена металлоидность. Так, последний галлоид — иод — по внешнему виду уже напоминает металл.

По закону отрицания отрицания развитие совершается не по прямой линии, а спиралеобразно. В действительности, говорил Менделеев, линия расположения элементов «непрерывна и отвечает до известной степени спиральной функции». Эту черту закона отрицания отрицания Менделеев обнаружил и проследил в ходе развития химических элементов. Так, оказывается, что отдельные периоды выступают как круги спирали.

Каждый период есть более сложный этап развития. При этом в первом периоде связи и свойства еще слабо развиты.

В элементах второго и третьего периодов противоположные свойства еще глубоко не дифференцировались. В связи с этим здесь нет еще в развитой форме дифференциации и в самих группах, хотя появляется много особых свойств.

У элементов, обладающих наименьшими атомными весами, общие свойства групп более ярко выражены. Легчайшие элементы Менделеев называет типическими. Сюда он причисляет, кроме водорода (ряд 1-й), 2-й и 3-й ряды.

При расположении всех элементов по величине их атомного веса замечается повторение свойств в периодах элементов и в то же время — усложнение периодов. Это можно показать на примере таких трех групп элементов, которые близки по величине атомного веса:

F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127
Na = 23	K = 39	Rb = 85	Cs = 133
Mg = 24	Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137

Галлоиды обладают меньшими атомными весами, чем щелочные металлы, а последние — меньшими, чем щелочно-земельные. Этот принцип Менделеев перенес на все элементы.

Поступательный характер переходов Менделеев раскрывает также и при анализе больших периодов. Большие периоды, как известно, начинаются с щелочных металлов (K, Rb, Cs, Fr), дающих сильнейшие щелочи, и кончаются галлоидами (F, Cl, Br, J, At), дающих сильнейшие кислоты; в промежутках содержатся элементы с менее резко выраженными химическими функциями. «Аргоновые элементы служат перерывом или началом больших периодов». Таким образом, инертные газы образуют переход от активнейших неметаллов — галогенов к активнейшим металлам — щелочным. Элементы, обладающие наименьшими атомными весами, «хотя

имеют общие свойства групп, но при этом и много особых самостоятельных свойств».

Исследуя последовательность развития всех периодов, Менделеев отмечал, что в четвертом и пятом периодах усложнение идет вглубь, что прямой путь развития заменяется двумя спиралями внутри одного периода. Так, это видно на примере четвертого и пятого периодов.

В шестом периоде развитие еще сложнее, ибо в этом периоде имеются не только две внутренние спирали, но целая группа близких по свойствам элементов, так называемых редких земель.

Существование элементов редких земель давало основание предположить, что имеются еще более сложные спирали. В «Основах химии» Менделеев предположительно говорит, что элементы редких земель образуют, по всей вероятности, междупериодическую группу или узел в системе. Изучая свойства элементов Cr и W в хромовой подгруппе VI группы, он пришел к выводу, что, по-видимому, «кроме малых и больших периодов, есть еще и четвертные периоды, заключающие два больших периода».

Таким образом, более легкие, так называемые типичные, элементы составляют одну спираль, более тяжелые — две спирали. Соответственно этому мы имеем два вида скачка между ними. Усложнение развития химических элементов дает новые виды скачков.

Физика и химия наших дней показывают, что для структуры атома вовсе не характерно электронное заполнение орбит в определенном порядке, с правильной последовательностью.

Усложнение химических элементов показывает, что в V, VI и VII группах сходство уменьшается. Это ярко видно на примере элементов подгрупп VII группы (хлор, марганец и др.). Еще более резкое различие мы видим между главной и побочной подгруппой VIII группы. При этом следует заметить, что эту закономерность в главной и побочной подгруппах Менделеев проследил в то время, когда еще не было известно строение атома.

Менделеев считал, что сходство и различие между главной и побочной подгруппами являются общей закономерностью для всех элементов.

Периодический закон, отобразив одно из важнейших положений диалектики, показал, что химические элементы являются сложными образованиями из более простых форм материи, итогом поступательного развития материи от низшего к высшему.

Периодический закон показывает путь развития химических элементов от наиболее легкого к наиболее тяжелому — от водорода (H) к менделевию (Mv). Каждый последующий

элемент в периодической системе сложнее и богаче предыдущего.

Усложнение массы элементов есть результат диалектического развития, а не механического роста. Эту сущность периодического закона блестяще подтвердили и углубили современная теория строения атома и ядра, успехи технического прогресса.

Исходя из диалектического закона отрицания отрицания, Менделеев сумел разработать проблему длины периода (число членов, образующих период). Эта задача, говорил ученый, одна из наиболее трудных, ибо нет во многих случаях никакой возможности найти точное выражение функции, хотя она тем не менее сохраняет свою периодичность.

Таким образом, в периодическом законе выявились наиболее характерные черты диалектического закона отрицания отрицания: отрицание как момент связи нового со старым, повторение на высшей стадии развития некоторых свойств низшей стадии, развитие по спирали.

* *
*

Открытие Менделеевым периодического закона химических элементов было принято многими химиками, работавшими в этой области, довольно прохладно и даже неприязненно. Еще господствовавший тогда метафизический способ мышления не позволил сразу правильно оценить революционное значение периодического закона в естествознании. Сам Менделеев отмечал, что периодический закон имел много противников и был признан как непреложный закон лишь тогда, когда подтвердились следствия, из него вытекающие. Это обстоятельство он приводил в качестве примера того, с каким трудом добываются и утверждают в науке новые истины.

Так, немецкий химик Л. Мейер пессимистически отнесся к смелым, подлинно научным положениям Менделеева, направленным на уточнение атомных весов элементов.

В 1870 году он писал: «Было бы поспешно изменять доныне принятые атомные веса на основании столь непрочного исходного пункта». Нельзя, говорил он, «ради предполагаемой законности, произвольно исправлять или изменять найденные эмпирические атомные веса, пока опыт не дал более точных чисел».

В противоположность метафизику Мейеру диалектик Менделеев доказал, что веса атомов элементов до периодического закона представляли собой чисто эмпирические свойства, и именно потому в этой области приходилось идти ошупью, покоряться факту, а не обладать им.

До Менделеева не было особого теоретического интереса

к атомным весам элементов. Великий химик показал не только практическое значение атомного веса в химии, но и глубоко обосновал теоретическую, философскую сторону этого вопроса.

В 1871 году Л. Мейер выступил со статьей, в которой изложил свою точку зрения на связь между атомными весами и химическими свойствами элементов. При этом он всячески умалял заслуги русского химика в открытии периодического закона и приписал приоритет открытия закона себе.

Менделеев неопровержимо доказал несостоятельность всех претензий Л. Мейера на первенство в открытии периодического закона. Вспоминая впоследствии об открытии периодического закона, Менделеев писал: «...ясно: 1) что я в марте и в августе 1869 г. дал выражение всех идей, которые представляют и на сегодня основу периодического закона, 2) что г-н Л. Мейер перед мною не имел представления о периодическом законе и после меня нового ничего не прибавил, 3) что г-н Л. Мейер первый из всех немецких химиков принял внешнюю сторону идей, соответствующих периодическому закону, 4) однако не вник во внутреннюю сущность периодического закона после появления моего первого (в 1869 г.) доклада, так как в своем опубликованном тогда (в 1870 г.) докладе (Ann. Chem. Pharm. Suppl. VII) он, хотя и в иной форме, повторил то же, что я сказал перед ним, и оставил неразвитыми те стороны по существу вопроса (состав окислов, предсказание неизвестных до сих пор элементов, изменение атомных весов элементов Ce, Yt, Uг и т. д.), которые только и могли доказать правильность и всеобщность закона»¹.

Здесь же Менделеев замечает, что «теперь же я не мог бы оставить без ответа статью Л. Мейера и тем более, что он мне лично прислал отдельный оттиск своего доклада. На письмо я ответил бы письмом, на статью я отвечу статьей, на таблицу — таблицей, на 1870 г. — 1869 годом, на декабрь — мартом и августом, так как упреки сделаны столь знаменитым ученым, как Л. Мейер, и я могу рассматривать их только как заблуждение»².

Здесь уместно напомнить, что из 64 известных тогда химических элементов Менделеев на основании периодического закона изменил атомные веса 20 элементов, которые до этого были определены эмпирическим путем. Так, например, урану приписывался атомный вес 120, а Менделеев доказал, что он равен 240. В связи с этим вместо формулы для окиси урана — U_2O_3 Менделеев предложил формулу UO_3 . Цифры атомного веса бериллия были великим химиком исправлены с 13 на 9,

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 287.

² Там же, стр. 288.

индия — с 75,6 на 113, тория — со 116 на 232, церия — с 92 на 138. Менделеев установил новые атомные веса также таких элементов, как платина, осмий, иридий, золото, титан, лантан, иттрий и эрбий.

К сожалению, ряд авторов книг оспаривал роль Менделеева в открытии периодического закона и незаслуженно приписывал западноевропейским ученым приоритет открытия периодического закона. Так, например, Е. Рабинович и Э. Тило в известной книге «Периодическая система элементов» утверждали, что якобы Менделеев и Мейер «вполне независимо друг от друга пришли к почти одинаковым представлениям».

Так же необоснованно и мнение известного немецкого физика Макса Лауэ (автора недавно вышедшей книги «История физики»), будто Л. Мейер полностью разделяет с Д. И. Менделеевым честь открытия периодического закона и создания системы химических элементов.

Выступая в защиту своего периодического закона, Менделеев не только разъяснял существо его и показывал несостоятельность попыток некоторых ученых присвоить себе авторство открытия закона, но и дальше уточнял разработанную им периодическую систему. Углубление и уточнение периодической системы отображало дальнейшие открытия в области химических элементов. В 1869—1871 годах, когда установились первая и вторая таблицы, совершенно были неизвестны такие «недеятельнейшие» в химическом смысле элементы, как аналоги аргона (He, Ne, Kr и Xe).

В 1875—1886 годах были открыты три элемента: галлий, скандий и германий, предсказанные Менделеевым на основании периодического закона. В конце XIX века стали известны пять инертных газов: гелий, неон, аргон, криптон, ксенон. К этому же времени относится открытие пяти радиоактивных элементов: радий, полоний, актиний, протактиний и радон (инертный газ). После 1869 года было найдено много новых редкоземельных элементов — лантаноидов. В 1896 году было открыто явление радиоактивности урана.

Все эти и ряд других открытий в химии и физике нашли свое отображение в периодической системе. В восьмом (последнем прижизненном) издании «Основ химии» Менделеев поместил уточненную периодическую систему элементов.

Элементы расположены в этой таблице в таком порядке, что атомные веса последовательно возрастают от 1,008 для водорода до 238,5 для урана. Все виды расположения элементов по порядку — величины их атомного веса — выражают одну и ту же основную зависимость периодического свойства. Каждый элемент имеет место, определяемое группой и рядом, которые указывают главные признаки элементов: величину атомного веса, аналогию, свойства и форму высшего окисла. Веса атомов возрастают не непрерывно, а лишь скачками.

Обоснование периодического закона и подтверждение выводов, из него вытекающих, научное предсказание атомных весов и свойств еще не открытых элементов было величайшим триумфом русской и мировой науки. Лишь явившись на свет, периодический закон, говорит Менделеев, потребовал изменить многое из того, что химики привыкли считать фактически верным и определяемым всем запасом существующих сведений.

Периодический закон позволил проникнуть в глубь материи, в сущность химических элементов и сделать важные практические выводы.

До периодического закона ничто, кроме прямого опыта, не могло указать на существование каких-либо еще не известных элементов, на свойства этих элементов и их соединений.

Выводы, которые делались в этой области, являлись, указывал Менделеев, прямым эмпиризмом и не были обоснованы. В 1875 году Лекок де-Буабодран при помощи спектрального анализа открыл один из предсказанных Менделеевым элементов и назвал его галлием. Способ открытия и выделения этого нового элемента, описание его свойств, говорил Менделеев, заставляют предполагать, что новый металл есть не что иное, как предсказанный экаалюминий. По словам ученого, он не ждал такого блестящего доказательства периодического закона, как открытие Лекок де-Буабодрана.

В 1879 году Нильсон открыл новый элемент — скандий, свойства которого полностью совпадали со свойствами экабора Менделеева.

Тем самым подтвердилась мысль русского химика, позволявшая не только предвидеть существование неизвестного простого тела, но и предсказать его важнейшие свойства.

Через несколько лет Винклер, открывший экасилиций (элемент, названный германием), писал, что менделеевское предвидение знаменует собой расширение химического поля зрения, гигантский шаг в области познания.

Впоследствии в «Основах химии» Менделеев с гордостью отмечал, что, после того как им были описаны свойства экабора, экаалюминия и экасилиция, не прошло и двадцати лет, а он уже имел возможность с радостью приветствовать их открытие.

В свое время Энгельс отметил великую заслугу Менделеева, большое познавательное значение его метода предсказаний. Только на практике можно было проверить истинность самого закона, писал Энгельс. Это понимал и сам Менделеев. Вот что он писал в 1870 году по поводу метода предсказания свойств еще не открытых элементов: «Приложение начала периодичности к отысканию неоткрытых элементов и к определению их свойств, по моему мнению, составляет наиболее резкую форму для суждения о практической применимости

к научной разработке химических данных тех выводов, которые основаны на естественной системе элементов и на совокупности сведений, которые мы имеем об известных уже элементах»¹.

В статье «Периодическая законность химических элементов» (1872 г.) Менделеев вновь поставил вопрос об исключительной роли научного предвидения. Периодический закон, указывая на пропуски, существующие в системе известных элементов, позволял, говорил Менделеев, предугадывать свойства неизвестных элементов, а также и их соединения.

Менделеев был склонен считать, что если отдельные, не коренные, а частные стороны периодической системы даже не оправдаются, то это нисколько не подорвет истинности закона. Когда при распределении в периодической системе выяснилось, что атомные веса Co и Ni противоречат остальным существенным принципам периодического закона (формам соединений, месту элемента), это не смутило ученого. Менделеев отметил, что если и окажется, что кобальт тяжелее никеля, то придется лишь усовершенствовать одну частность периодического закона и такое изменение отнюдь не может поколебать закона.

Менделеев поместил эти элементы в системе не по количественной, а по качественной характеристике (хотя он не знал о существовании изотопов). По Менделееву, качественные отношения играют определяющую роль. В них «суть».

Он исходит из того, что в естественной системе нельзя предпочитать количественное сходство элементов, так как «качественное сходство, без сомнения, многозначительнее количественного». Но это не значит, что ученый отрывал качество от количества.

Это же относилось и к редкоземельным металлам. Менделеев правильно определил, что причина замеченного сходства этих элементов, независимо от различия в величине и весе атомов, лежит в других, внутренних свойствах материи, входящей в состав атомов таких сходных элементов.

* *
*

Открытый Менделеевым периодический закон стал отправным моментом величайших физических и химических открытий нашего времени, служит путеводной звездой для новых исследований и творческих исканий в области химических, физических, геологических и других наук.

Все открытия атомной физики и химии, как, например, закон Мозлея, принцип Паули, модель атома, учение об изотопах и валентности, расположение планетарных электронов в

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 162—163.

атоме, строение ядра, ядерная технология и т. п., — все они сделаны, главным образом, исходя из периодического закона и на его основе. Дальнейшее развитие физики и химии в XX веке обогатило наше понимание закона Менделеева.

В начале XX века были открыты emanации радия, тория и актиния. В 1902 году М. Кюри познакомила Менделеева со своими исследованиями по радиоактивным веществам. Великий русский химик назвал их «примечательнейшими явлениями». Однако тогдашнее толкование их Менделеев считал упрощенным. Эти физико-химические явления, писал он, не поддаются обычным учениям, а световые или фотолучевые явления, свойственные радиоактивным веществам, показывают материальное истечение. Лучисто-световые явления, по его мнению, в действительности сложнее, чем представляется.

В своей философской рукописи «Мировоззрение» Менделеев отмечал, что в физику, особенно после открытия радиоактивности, стал проникать идеализм.

Когда идеалисты попытались использовать открытие радиоактивности в целях отрицания объективной реальности химических элементов и «опровержения» периодического закона, Менделеев решительно выступил против этого махистского поветрия. Главный вывод, сделанный Менделеевым из великих открытий естествознания конца XIX — начала XX века, состоял в том, что ломка старых представлений, вызванная этими открытиями, не может подорвать материалистические основы естествознания, ибо в основе всего учения о внешней природе упрочилось понятие о вечности вещества и энергии, что «законы природы исключений не терпят и этим явно отличаются от правил и правильностей, подобных, например, грамматическим и другим людским изобретениям, приемам и отношениям».

Критикуя субъективный идеализм в естествознании, Менделеев писал, что, «оставаясь на подобном поле, можно легко впасть в тот род идей, по которому внешнего мира не существует, он только представляется нашему уму».

Понятия о веществе и энергии, говорил Менделеев, в дальнейшем будут развиваться. Открытие радиоактивного излучения подтверждает то, что сами понятия «вещество» и «энергия» могут усложняться, что можно ждать открытия более глубоких связей. Дальнейшее развитие физики и химии показало, как известно, органическую связь между радиоактивностью и периодическим законом.

Включение радиоактивных элементов в периодическую систему дало возможность объяснить ряд фактов и сделать важные выводы.

Сущность радиоактивных превращений была понята благодаря включению всех радиоактивных элементов в их генетической связи в периодическую систему Менделеева.

В 1913 году был открыт закон сдвига. Открытие этого закона было бы невозможно без знания периодического закона. Изучение периодической системы Менделеева показало, что элементы расположены по горизонтали соответственно той последовательности, в какой одни радиоактивные элементы происходили из других.

Дальнейшее развитие экспериментальной техники дало возможность физике и химии сделать на основе периодического закона новые крупные открытия и вместе с тем глубже понять сущность этого закона. Так было найдено порядковое число элемента, оказавшееся равным положительному заряду ядра.

Исследование рентгеновских спектров элементов привело к экспериментальному определению порядковых чисел.

Менделеев нащупал одну из важнейших закономерностей ядерной физики. В первых трех рядах периодической системы четность и нечетность порядковых номеров у элементов совпадает с четностью и нечетностью атомности у соответствующих элементов. Как известно из данных современной физики, такая закономерность объясняется тем, что нарастание числа валентных электронов в оболочке атома соответствует нарастанию заряда ядра, численно равного порядковому номеру элемента.

Почти во всем периодическая таблица Менделеева совпадает с современной таблицей, построенной в порядке возрастания средних атомных весов. Тот факт, что во всей периодической системе имеется лишь три несоответствия при наличии более 100 элементов и нескольких сот изотопов, показывает, что систематика по массе не случайна, а вытекает из закономерности развития химических элементов.

Помещенная ниже таблица наглядно показывает соотношение между мозелевским зарядом ядра (Z) и номером элемента менделеевской системы (N).

	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
Z	20,29	21,99	22,96	23,98	24,99	25,99	27,0	28,04	29,01	30,11
N	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Расположение элементов по атомным весам почти всегда совпадает с их расположением по порядковым номерам.

До открытия заряда ядра общей и единственной характеристикой элемента был атомный вес, связанный с местом элемента в периодической системе. Открытие изотопов показало, что атомный вес относится как к элементу, так и к его разновидности. Определение соотношений между зарядом ядра и порядковым номером элемента менделеевской системы дало еще более точную количественную характеристику элемента.

ибо N и Z относятся непосредственно к элементу. При этом обогащение атомного веса новыми количественными признаками N и Z , вытекающими из периодического закона, уточняют и систему.

Таким образом, попытки опровергнуть роль массы или ее количественной характеристики — атомного веса — в систематике элементов не научны, не имеют под собой никакой почвы.

Если говорить о формулировке периодического закона на основе данных современной науки, то необходимо указать, что периодическая изменчивость качества элемента находится в зависимости от изменения атомного веса, заряда ядра и конфигурации электронов. При этом как заряд ядра и порядковый номер элемента, так и конфигурация электронов могли быть определены лишь на основе периодического закона.

Новейшие открытия подтвердили положение Менделеева, что от массы вещества зависят многие другие коренные свойства его.

Современная физика дала новое подтверждение значения массы.

Как известно, место химического элемента в периодической системе Менделеева определяется более точной количественной характеристикой — зарядом ядра. Однако возрастание заряда ядер атомов при переходе от одного химического элемента периодической системы к другому, как было показано выше, связано с возрастанием их массы. Элементы относительно малой массы обладают и малым зарядом ядра.

Наука не знает случая, чтобы ядро с большой массой обладало малым зарядом или же ядро с малой массой имело бы большой заряд. Заряд ядра является, таким образом, важной количественной характеристикой массы ядра.

Масса играет определяющую роль в устойчивости атомных ядер. Так, например, атомное ядро является устойчивым в том случае, если разность между массовым числом и зарядом ядра не выходит за определенные (сравнительно узкие) границы. Нарушение этого условия приводит к неустойчивости атомного ядра.

Исследование «элементарных» частиц показывает, что масса оказывается весьма существенной не только для устойчивости атомных образований, но и для устойчивости «элементарных» частиц вещества, которые, как выяснилось, чрезвычайно сложны по своей структуре.

Из того, что масса вещества зависит от движения материи, Менделеев заключил, что «количество вещества будут считать быть может совершенно иначе, чем считают ныне, хотя понятия о массе и атомных весах сохранятся»¹.

¹ Д. И. Менделеев. Избр. соч., т. II, стр. 512.

Однако было бы неверно свести все закономерности движения микрообъектов к зависимости от одной лишь массы. Огромную роль, конечно, играют и такие свойства, как заряд частиц и их «спины». Менделеев приближался к правильному философскому истолкованию понятия массы. Он понимал, что масса в естествознании выражает основную посылку философского материализма о неуничтожимости и несотворимости материи. Менделеев видел, что отрыв понятия массы от понятия материи всегда использовался идеалистами, в частности энергетиками, для построения антинаучных концепций, против которых великий химик вел непримиримую борьбу.

Периодическая система Менделеева явилась теоретической основой современных физико-химических представлений об инертных газах, о новых редкоземельных элементах, изотопах, радиоактивных элементах. Признавая сложную природу элементов, Менделеев считал, что в дальнейшем будут найдены более точные внутренние связи между количеством и качеством, но основной смысл периодического закона сохранится. Вероятно, говорил он, при более точном изучении можно найти объяснения для невыясненных еще кажущихся неправильностей в изменении атомных весов. Можно ожидать, что периодический закон пройдет через ряд пертурбаций, но это не может вызвать сомнений в правильности закона.

Современная наука показала, что сохранился не только самый смысл закона, но и соответствующая ему основная форма системы, данная Менделеевым. Время не уничтожило в ней ничего принципиально существенного (см. современную таблицу).

Положив в основу модели атома систему Менделеева, физики и химики тем самым исходили не только из результатов спектральных исследований, но и из того, какое место занимает элемент в периодической системе. Известный физик Бор, говоря о модели атома, пишет, что в этом «вопросе, естественно нас интересующем, путеводной нитью послужит то своеобразное изменение свойств элементов с атомным номером, которое нашло свое выражение в так называемой периодической системе элементов»¹.

Создание электронной теории явилось важной вехой в дальнейшем развитии периодической системы Менделеева. Было найдено, что атомы разных элементов отличаются друг от друга массой, числом электронов и зарядом ядра. Дальнейшие открытия показали, что электрон, в свою очередь, имеет, помимо массы и заряда, еще новое свойство — это механический и магнитный момент, так называемый «спин».

¹ Н. Бор. Три статьи о спектрах и строении атома, стр. 84. 1923.

Был открыт также важный принцип, так называемый постулат Паули, согласно которому в атоме не может быть двух электронов с одинаковыми квантовыми числами. Постулат дает возможность определить число элементов в периоде: 2, 8, 18, 32. Чередование в периодической системе Менделеева такое же: 2, 8, 8, 18, 18, 32. Следовательно, принцип Паули вытекает из периодической системы Менделеева, отражает объективный характер периодического закона. Построение периодической системы Менделеева дало возможность показать, в каком порядке электроны распределяются по возможным состояниям и, что особенно важно для химии, в какую ячейку попадает последний электрон при переходе от атома с порядковым номером Z и следующему атому с номером $Z + 1$.

Периодический закон явился исходным пунктом в развитии всего современного учения об элементах. Дальнейшее развитие периодической системы шло по линии раскрытия ядерных процессов, но путь к ядру лежал через исследование электронной оболочки атома. На базе этих исследований и была создана электронная теория атома, открыт «спин» электрона и объяснены многие другие явления.

Без открытия периодического закона и периодической системы трудно было бы рационально объяснить эмпирические данные конца XIX и начала XX века и создать современную теорию строения материи. Периодическая система Менделеева — один из определяющих критериев правильности электронной теории.

Физика наших дней показала, что структура атома вовсе не характеризуется электронным заполнением орбит в определенном порядке, в правильной последовательности. Более высокие орбиты могут заполняться и тогда, когда недостроены старые. Так, например, весь ряд редких элементов с числом 14 означает запоздалое заполнение. Форма менделеевской таблицы способна отражать самые тонкие качественные и количественные различия в степени сходства элементов. В полном соответствии с электронной теорией она дает возможность дифференцировать признаки сходства и различия строго количественно по числу электронов во внешней оболочке, по числу валентных электронов, электронов, участвующих в достройке более глубоких электронных слоев, и т. п.

Таблица Менделеева также подтверждает, что построение электронной оболочки не ровное, не постепенное, а скачкообразное, зигзагообразное.

Бывает и возврат к недостроенным слоям, ибо внутри периода есть еще другие ступени, которые образуют внутри большой ступени самостоятельную лесенку более мелких ступеней. Только поэтому нельзя ставить все элементы дан-

ного периода в один ряд, рассматривать их как сплошную ступень. Менделеевская короткая таблица блестяще отражает это явление.

Итак, современная наука разрешила имеющиеся несоответствия в периодической системе Менделеева.

Она обогатила менделеевскую периодическую систему, открыла новые стороны в периодическом законе. Подтверждено и дальше развито менделеевское определение элемента как основной категории в химии.

Новейшие открытия подтверждают и развивают дальше менделеевское определение элемента. Вслед за творцом периодической системы современные химики продолжают называть химическими элементами именно реальные, материальные, качественно различные между собой объекты.

Все попытки игнорировать при определении понятия «элемент» периодическую систему Менделеева, материальность элементов и их развитие приводят к неразрешенным противоречиям, ведут в тупик.

Историческая заслуга Менделеева состоит в том, что он заложил фундамент современного теоретического определения элемента, этого наиболее важного для химии научного понятия. С каждым новым этапом в естествознании периодический закон приобретает все большее значение как величайшее достижение человеческого гения. С открытием периодического закона стало возможно дальнейшее развитие учения о материи. Этот закон составляет теоретический фундамент современной химии, физики, геохимии, астрофизики. По меткому выражению академика Н. Д. Зелинского, закон Менделеева явился «открытием взаимной связи всех атомов в мироздании».

Значение периодического закона еще больше возросло, когда физики и химики практически приступили к решению задачи управления ядерными процессами. После того как была изучена электронная оболочка атома, был «открыт» путь к ядру.

Закон Менделеева оказался могучим орудием предвидения в области ядерных процессов. Опираясь на этот закон, удалось найти ключ к теоретическому пониманию нового ядерного процесса.

Дальнейшие открытия в области ядерной физики и радиохимии привели к синтезированию новых элементов, находящихся за пределами прежних 92. Это были так называемые трансураны: нептуний № 93, плутоний № 94, америций № 95, кюрий № 96, берклий № 97, калифорний № 98, эйнштейний № 99, фермий № 100, менделевий № 101 и нобелий № 102.

Синтезированные новые элементы нашли свои места в периодической системе Менделеева. Само название — трансураны — указывает на связь с периодической системой. Синтез

новых элементов и в особенности открытие советскими физиками явления самопроизвольного деления урана в естественных условиях уточнили характер распределения новых элементов в периодической системе Менделеева. Следовательно, в открытии деления урана периодическая система Менделеева имела большое значение.

Физика и химия в последние годы проникли и в другую область ядерных процессов — термоядерные реакции. Периодический закон и здесь является основой управления ядерными процессами, ибо он включает эволюцию вещества и его превращения как в области макромира, так и в области микромира, от атомного ядра до величайших звезд.

Закон Менделеева лежит в основе всего современного учения о строении материи. Не будет преувеличением, если мы скажем, что без периодического закона невозможно было бы создать современную теорию строения вещества и открыть тайну атомной энергии.

Менделеев занимает особое место в естествознании. Он — глава целой научной эпохи, завершившей развитие классической химии. Одновременно он положил начало новой научной эпохе. Связующим узлом этих двух эпох явилось гениальное открытие Д. И. Менделеевым периодической системы химических элементов.

60 коп.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			O				
1	H ВОДОРОД 1,0080						(H)				He ГЕЛИЙ 4,003				
2	Li ЛИТИЙ 6,940	Be БЕРИЛЛИЙ 9,013	B БОР 10,82	C УГЛЕРОД 12,011	N АЗОТ 14,008	O КИСЛОРОД 16	F ФТОР 19,00				Ne НЕОН 20,183				
3	Na НАТРИЙ 22,997	Mg МАГНИЙ 24,32	Al АЛЮМИНИЙ 26,98	Si КРЕМНИЙ 28,06	P ФОСФОР 30,973	S СЕРА 32,066	Cl ХЛОР 35,457				Ar АРГОН 39,944				
4	K КАЛИЙ 39,100	Ca КАЛЬЦИЙ 40,08	Sc СКАНДИЙ 44,96	Ti ТИТАН 47,90	V ВАНАДИЙ 50,95	Cr ХРОМ 52,01	Mn МАРГАНЕЦ 54,94	Fe ЖЕЛЕЗО 55,85	Co КОБАЛЬТ 58,94	Ni НИКЕЛЬ 58,69					
	Cu МЕДЬ 63,54	Zn ЦИНК 65,38	Ga ГАЛЛИЙ 69,72	Ge ГЕРМАНИЙ 72,60	As МЫШЬЯК 74,91	Se СЕЛЕН 78,96	Br БРОМ 79,916				Kr КРИПТОН 83,80				
5	Rb РУБИДИЙ 85,48	Sr СТРОНЦИЙ 87,63	Y ИТРИЙ 88,92	Zr ЦИРКОНИЙ 91,22	Nb НИОБИЙ 92,91	Mo МОЛИБДЕН 95,95	Tc ТЕХНЕЦИЙ (98)	Ru РУТЕНИЙ 101,1	Rh РОДИЙ 102,91	Pd ПАЛЛАДИЙ 106,7					
	Ag СЕРЕБРО 107,880	Cd КАДМИЙ 112,41	In ИНДИЙ 114,76	Sn ОЛОВО 118,70	Sb СУРЬМА 121,76	Te ТЕЛЛУР 127,61	J ИОД 126,91				Xe КСЕНОН 131,3				
6	Cs ЦЕЗИЙ 132,91	Ba БАРИЙ 137,36	La ЛАНТАН 138,92	Hf ГАФНИЙ 178,6	Ta ТАНТАЛ 180,95	W ВОЛЬФРАМ 183,82	Re РЕНИЙ 186,31	Os ОСМИЙ 190,2	Ir ИРИДИЙ 192,2	Pt ПЛАТИНА 195,23					
	Au ЗОЛОТО 197,0	Hg РТУТЬ 200,61	Tl ТАЛЛИЙ 204,39	Pb СВИНЕЦ 207,21	Bi ВИСМУТ 209,00	Po ПОЛОНИЙ 209	At АСТАТИЙ (210)				Em РАДОМ 222				
7	Fr ФРАНЦИЙ 223	Ra РАДИЙ 226,05	Ac АКТИНИЙ 227	Th ТОРИЙ 232,05	Pa ПРОТАКТИНИЙ 231	U УРАН 238,07									
58 - 71 ЛАНТАНОИДЫ		Ce ЦЕРИЙ 140,13	Pr ПРАЗЕОДИМ 140,92	Nd НЕОДИМ 144,27	Pm ПРОМЕТИЙ 145	Sm САМАРИЙ 150,43	Eu ЕВРОПИЙ 152,0	Gd ГАДОЛИНИЙ 156,9	Tb ТЕРБИЙ 158,93	Dy ДИСПРОЗИЙ 162,46	Ho ГОЛЬМИЙ 164,94	Er ЭРБИЙ 167,2	Tm ТУЛИЙ 168,94	Yb ИТТЕРБИЙ 173,04	Lu ЛУТЕЦИЙ 174,99
ТРАНСУРАНЫ		Np НЕПТУНИЙ 237	Pu ПУТОНИЙ 244	Am АМЕРИЦИЙ 243	Cm КЮРИЙ 250	Bk БЕРКЛИЙ 247	Cf КАЛИФОРНИЙ 251	Es ЭЙНШТЕЙНИЙ 254	Fm ФЕРМИЙ 253?	Md МЕНДЕЛЕВИЙ 256	No НОБЕЛИЙ 253	(103)			

Таблица 4. Современный вид периодической системы в историческом плане.
(Перечеркнуты элементы, которые еще не были известны в момент открытия закона. Звездочками отмечены элементы, предсказанные самим Менделеевым. Двумя звездочками отмечены элементы, для которых он подробно предсказал свойства.)