

ПРИРОДА

№ 11, 2001 г.

М. М. Левицкий

Периодическая система элементов: стройность и предсказательная сила

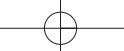
© “Природа”

**Использование и распространение этого материала
в коммерческих целях
возможно лишь с разрешения редакции**



**Сетевая образовательная библиотека “VIVOS VOCO!”
(грант РФФИ 00-07-90172)**

*vivovoco.rsl.ru
www.ibmh.msk.su/vivovoco*



ХИМИЯ

Резонанс

Периодическая система элементов: стройность и предсказательная сила

М.М.Левицкий

Москва

Периодическая система химических элементов, получившая в бытовой речи исключительно удобное название — таблица Менделеева, — изображена во всех учебниках химии и знакома, видимо, каждому. Поначалу многие воспринимают ее как некую скучную инвентарную ведомость, и только те, кто интересуется химией, со временем начинают понимать ее величие.

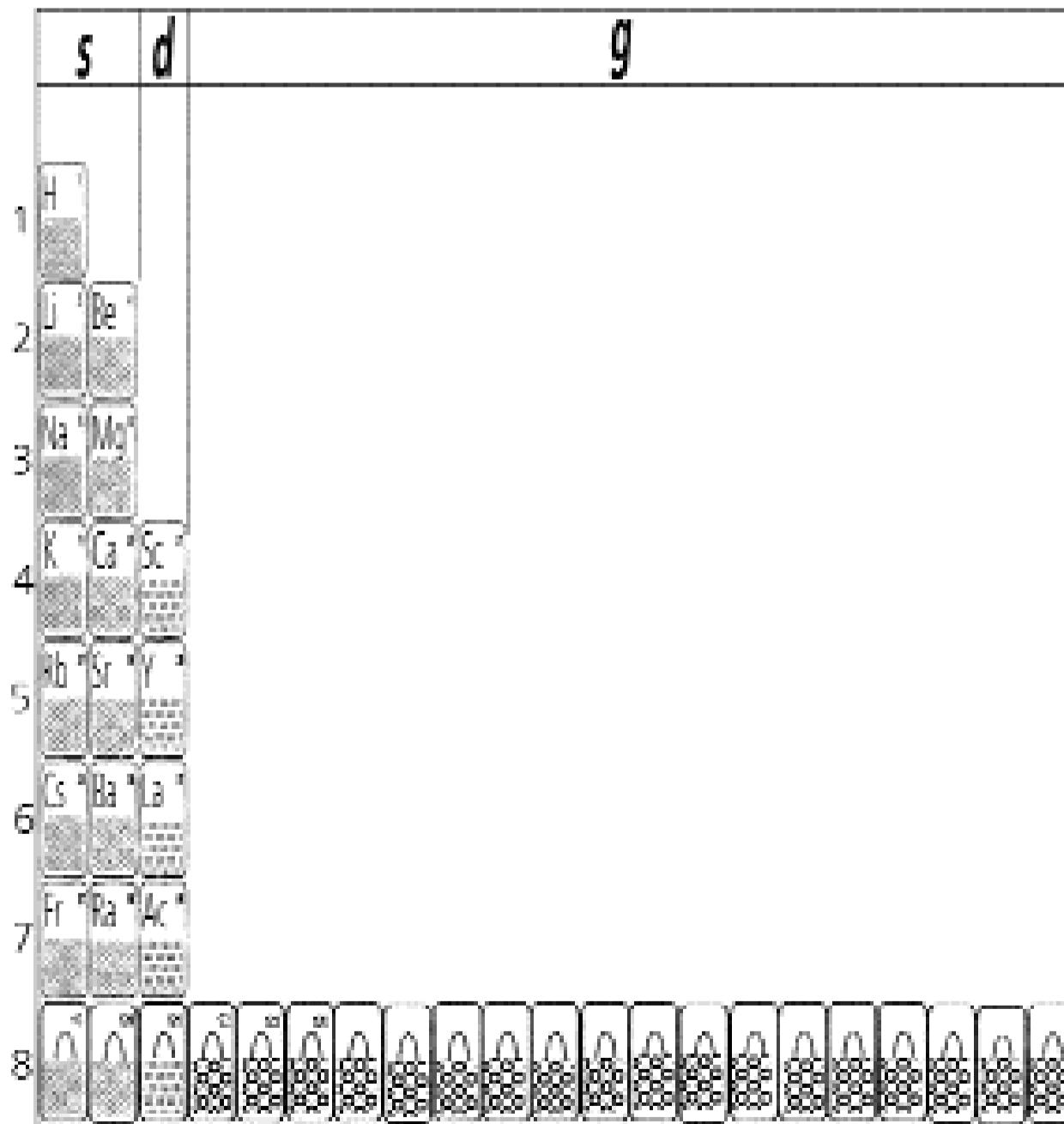
В статье Н.С.Имянитова «Уравнения для... закона Менделеева» (Природа. 2002. №6) подробно рассказано о поисках новой, более совершенной формы периодической таблицы. Примечательно, что среди тех, кто предлагал свои варианты, были даже нобелевские лауреаты Н.Бор и Г.Сиборг.

Как бессмертные творения Рафаэля каждое поколение воспринимает по-своему, так и таблицу Менделеева каждая эпоха видит по-новому и непременно старается представить в ином виде. Можно уверенно сказать, что она обладает какой-то внутренней притягательной силой, и ее воздействие на людей с годами не ослабевает.

Стремление найти совершенную форму невольно маскирует другие, поистине удивительные свойства этой таблицы. Она обладает мощной предсказательной силой даже в наше время, потому так привлекательны поиски аналитических способов ее описания. Один из удачных примеров приве-

ден в статье Имянитова. Вполне возможно, что будут найдены способы вычислять широкий спектр физико-химических свойств элементов, исходя только из порядкового номера. Автор статьи справедливо отмечает, что полученные зависимости могут воспринимать-

ся как чисто корреляционные. Но не исключено, что позже для некоторых эмпирических коэффициентов удастся найти физический смысл, как он был установлен — далеко не сразу — для коэффициента в уравнении газового закона Ж.Гей-Люссака или в уравнении,



Периодическая система XXI в.

Резонанс

выведенном Б.Клапейроном и доведенном до совершенства Д.И.Менделеевым. Благодаря ему газовая константа R приобрела физический смысл: это работа расширения 1 моля идеального газа при нагревании на 1 К .

Периодическая система не стала неким гранитным монументом, вошедшим в учебники и навсегда застывшим без изменений, подобно большинству фундаментальных законов, изучаемых в школьной программе. Таблица Менделеева живет и постоянно развивается.

Менделеев, открыв в 1869 г. периодический закон, предсказал существование галлия, скандия и германия. Это был триумф нового закона, а таблица довольно быстро приобрела всемирную известность, ее изображение появилось даже на почтовых открытках.

Второй триумф пришелся на 1914 г., когда А.Ван ден Брук и Г.Мозли показали, что порядко-

вый номер любого элемента точно равен заряду его ядра. Можно себе представить, какое впечатление произвело это открытие на современников. Периодическая система была создана в то время, когда учёные ничего не знали ни о строении атома, ни об элементарных частицах, и тем не менее она содержала в скрытом виде информацию об их количестве в атоме каждого элемента. Трудно назвать какое-либо другое фундаментальное открытие, которое хранило бы в себе нераспознанную информацию почти пол века.

Начиная с этого времени периодический закон перестает быть «личным достоянием химиков» и становится также одним из важнейших в физике.

Заселением атомных орбиталей электронами командует квантовая механика, но окончательные результаты представляют собой иногда столь простые закономерности, что с их помощью стро-

ить прогнозы сможет каждый, используя современные знания о строении атома.

Посмотрев внимательно на периодическую систему, мы обнаружим, что в каждом периоде находится только два s -элемента, максимальное количество p -элементов внутри одного периода — шесть, d -элементов — десять. Эти величины не случайны, они соответствуют количеству возможных орбиталей каждого типа: s -орбиталь у атома лишь одна, p -орбиталей — три, а d -орбиталей — пять. Согласно принципу Паули, на каждой орбитали может быть не более двух электронов, поэтому найденные в таблице количества элементов каждого типа представляют собой удвоенный ряд чисел 1-3-5. А сколько может быть у атома f -орбиталей? Продолжив нечетный ряд, получим 7, и, значит, f -элементов в каждом периоде должно быть равно 14. Именно это мы и обнаружим в таблице: ланта-

Неполученные пока элементы обозначены символами с петлей.

ноидов и актиноидов в соответствующих периодах как раз по 14.

Предположим, что когда-то начнется заселение неких новых орбиталей, для которых, кстати, уже существует название — *g*-орбитали. Определим, сколько их окажется, тем же способом. В результате получим ряд 1-3-5-7-9. Следовательно, *g*-орбиталей будет девять, а *g*-элементов — 18 в одном периоде. Осталось решить, в каком именно периоде их следует ожидать. Периодическая система позволяет ответить и на этот вопрос. Итак, *p*-орбитали начинают заселяться во втором периоде, *d*-орбитали — в четвертом, *f*-орбитали — в шестом, т.е. получаем ряд четных чисел 2-4-6. Следующим должно быть число 8. Это и есть период, в котором могут впервые появиться *g*-элементы*. К их экспериментальному получению человечество подошло почти вплотную, предыдущий, седьмой период практически завершен, замыкающий его элемент №118 уже существует — великолепный финал 20-го столетия!

Теперь попытаемся узнать, сколько окажется элементов в восьмом периоде. Для этого сложим количество электронов на всех орбиталах, учитывая, что на каждой может располагаться только два электрона:

$$(1+3+5+7+9) \cdot 2 = 50 \text{ элементов!}$$

Если на заполнение седьмого периода, содержащего 32 элемента, ушло целое столетие, то сколько же времени потребуется для заполнения этого гигантского периода? Не будем забывать, что сложности при получении каждого нового элемента постоянно возрастают.

С какого же порядкового номера могут начаться *g*-элементы? Воспользуемся той схемой, которую подсказывает сама таблица. Появлению в ней *f*-элементов (лантоидов) предшествуют два *s*-элемента (*Cs* и *Ba*) и один *d*-элемент (*La*). Поступим точно так же с восьмым периодом. В его начале окажутся два (пока еще не полученных) *s*-элемента (№119 и 120)

* Скорее всего восьмого периода не будет из-за неустойчивости ядер со столь большим числом протонов. — Примеч. ред.

и один *d*-элемент (№121), затем должны следовать все *g*-элементы, потом *f*-, *d*- и *p*-элементы, т.е. так, как в шестом и седьмом периодах. Подобный порядок элементов определяется энергетическими характеристиками, однако мы, ничего не зная об этом, просто копируем принцип, подсказанный таблицей, и приходим к правильному результату, подтвержденному к настоящему времени специальными расчетами. Не правда ли, скрытая от глаз внутренняя стройность периодической системы, позволяющей делать такие прогнозы, производит впечатление!

Приведенные рассуждения становятся предельно наглядными, если все изобразить в виде таблицы, которую предложил в 1969 г. американский химик, лауреат Нобелевской премии по химии 1951 г., Г. Сиборг (1912—1999). Этот ученый достиг феноменального результата, заполнив десять пустующих клеток таблицы Менделеева. Он — единственный, чье имя былоувековечено в названии химического элемента еще при жизни: открытый им элемент №106 — сиборгий.

Таблица имеет интересное свойство. По мере того как в нее входят *d*-, *f*- и *g*-блоки, *s*- и *p*-элементы все дальше отодвигаются друг от друга. Таким образом, при появлении новых элементов таблица удлиняется не за счет роста «хвоста» (так думают многие), а как бы разрастается изнутри.

Составляя таблицу, Сиборг воспользовался еще одной закономерностью периодической системы: каждый нечетный период полностью воспроизводит расположенный над ним четный. В итоге он получил девятый период, длина которого и набор элементов каждого типа повторяют восьмой период, и уверенной рукой истинного мастера присвоил номера первым пяти элементам (169—173).

По-видимому, столь дальний прогноз оказался излишним. Долгое время ученые полагали, что сиборговский вариант таблицы правильный, однако проведенные сравнительно недавно компьютер-

ные расчеты показали, что ожидаемая простая закономерность в конце восьмого периода должна нарушиться, в нем будет не 50, а 46 элементов. Кроме того, согласно расчетам, в девятый период войдет всего восемь элементов, как во втором и третьем, что несколько неожиданно. Периодическая система как бы начнет свое существование заново.

Эти результаты вызвали среди ученых не разочарование, а, скорее, чувство удовлетворения. Они показывают, что на периодическую систему элементов распространяются те же два правила, которым подчиняются все естественнонаучные фундаментальные законы: они работают абсолютно надежно; имеют определенную область применения, вне которой не действуют.

Сегодня мы можем с некоторой долей уверенности утверждать, что стройность и предсказательная сила периодической системы должны постепенно исчезнуть в конце восьмого периода, что будет экспериментально подтверждено, видимо, в конце нашего века. Впрочем, предположения, касающиеся темпов развития науки, самые ненадежные, наука постоянно опережает подобные прогнозы. И это замечательно! ■