

Глава 10

МИР ВНУТРИ МИРА

В природе существует семь базовых форм кристаллов, окрашенных во множество разных оттенков. Формы всегда привлекали людей — и как фигуры в пространстве, и как характеристики материи. Древние греки полагали, что природные элементы были сформированы как правильные геометрические тела. И сейчас нам известно, что форма кристалла может рассказать кое-что об атомах, которые его составляют; они помогают классифицировать атомы по типам. Таков мир физики нашего века, а окно в него приоткрыли кристаллы.

Из всего многообразия кристаллов самым скромным на вид считается простой бесцветный хрусталик поваренной соли. Но он же остается одним из важнейших. В течение тысячи лет добывают соль в соляной шахте Величка, расположенной возле Кракова, древней столицы Польши. Здесь с XVII века сохранились деревянные стены шахт, машины и механизмы, работавшие на лошадиной тяге. Возможно, здесь бывал алхимик Парацельс во время своих восточных странствий. Он круто изменил направление алхимии, объявив в начале XVI века, что среди элементов, составляющих человека и природу, есть соль. Она необходима для жизни, поэтому всегда имела символическое значение во всех мировых культурах. Древнеримские воины получали за службу «соленые деньги» (*salt money*), отсюда произошло сло-

во *salary* (зарплата). Во многих романо-германских языках устаревшее и современное названия жалованья остались однокоренными словами, потому что под словом «соль» наши предки подразумевали деньги. На Ближнем Востоке до сих пор скрепляют сделку солью, по «завету соли» в Ветхом Завете.

В одном Парацельс ошибался: соль не является химическим элементом в современном смысле. Она состоит из двух элементов — натрия и хлора. Само по себе достаточно примечательно, что обычную соль составляют шипучий и желтоватый ядовитый газ. Натрий относится к щелочным металлам, хлор — к активным галогенам. Кристаллы соли всегда остаются квадратными и прозрачными, даже если мы заменим элемент одной группы на другой. Например, натрий можно заменить калием: получится хлорид калия. Аналогично, в другой группе, вместо хлора можно взять бром: получится бромид натрия. Даже если произвести двойное изменение (вместо натрия взять литий, вместо хлора — фтор, получив фторид лития), все равно кристаллы на вид будут невозможно отличить.

Почему родственные элементы проявляют сходные химические свойства? В 1860-х годах все ломали голову над этим вопросом, и несколько ученых пришли к одинаковым выводам. Эту задачу решил Дмитрий Иванович Менделеев, который посещал упомянутую нами соляную шахту Величка в 1859 году. К тому времени ему исполнилось двадцать пять лет. Скромный, бедный, очень трудолюбивый и необыкновенно одаренный молодой человек, Менделеев происходил из многодетной семьи и был самым младшим из четырнадцати детей. Его рано овдовевшая мать, беззаветно любившая своего сына, отдала все свои силы и здоровье на то, чтобы он мог учиться и реализовать в науке свои блестящие задатки.

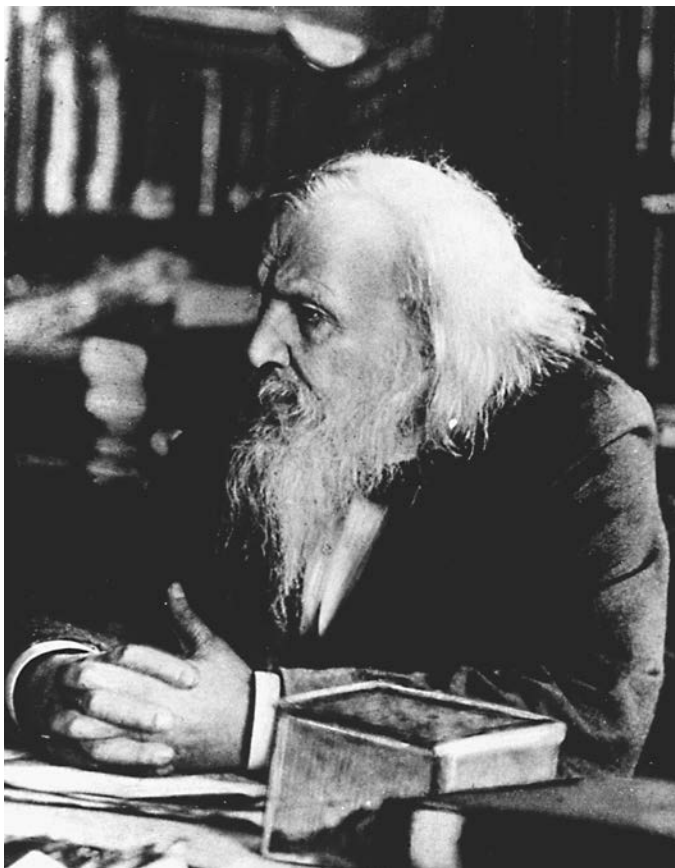
Однако Менделеева отличала не только гениальность, но и страсть к химическим элементам. Они стали его друзьями,

ученый знал каждую причуду, каждую особенность поведения любого из них. Элементы отличались по одному базовому свойству, а именно атомному весу, который был открыт Джоном Дальтоном в 1805 году. Как свойства, которые отвечали за их одинаковость или разность, могут вытекать из одной заданной константы? Этот вопрос стал основной проблемой, над решением которой он старательно бился на протяжении долгих лет. Он изготовил карточки — по числу открытых элементов — и пытался понять, как их лучше разложить. Друзья Менделеева называли эту игру «Терпение».

Менделеев написал на карточках названия химических элементов и указал атомный вес каждого из них. Затем раскладывал их в вертикальные колонки, группируя в порядке увеличения атомной массы. С самым легким элементом — водородом — он не знал, что делать, и отложил карточку в сторону. Следующим шел гелий. К счастью, во времена Менделеева он еще не был открыт, иначе гелию пришлось бы стать индивидуалистом.

Менделеев начал свою первую колонку с лития — самого легкого после водорода, за ним ученый поставил бериллий, потом бор, углерод, азот, кислород и завершил столбик фтором. Следующим по массе шел натрий, и поскольку он походил на литий, Менделеев решил начать заново и сформировать вторую колонку рядом с первой. В ту же колонку Менделеев поместил магний, алюминий, кремний, фосфор, серу и хлор. Она содержала, так же как и в первом случае, семь элементов, а хлор примыкал к фтору.

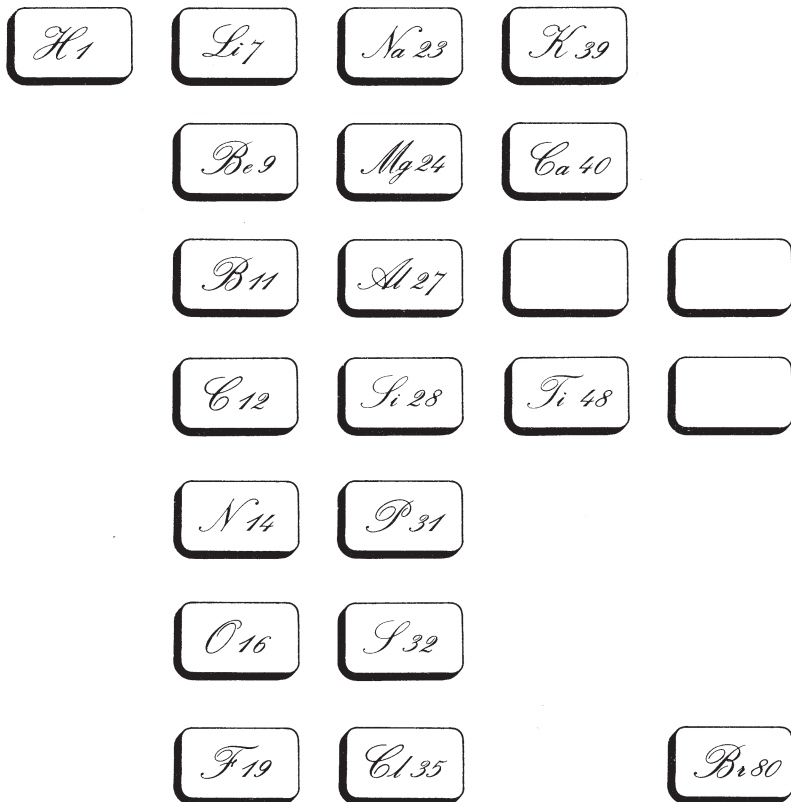
Очевидно, в последовательности атомных масс прослеживалась какая-то система. Он продолжил раскладывать карточки, ориентируясь на атомные массы. После хлора шел калий, затем кальций. Таким образом, первый ряд включал литий, натрий и калий — все щелочные металлы; а второй ряд — бериллий, магний и кальций — металлы, также обладающие сходными свойствами. То есть горизонтальные ряды были бессмыслен-



Менделеева отличала не только гениальность, но и страсть к химическим элементам.

Дмитрий Иванович Менделеев

ны: они составляли группы. Менделеев подобрал математический ключ к классификации химических элементов. Если классифицировать элементы по атомному весу, отсчитать семь ячеек для вертикальной колонки и начать заново, то в горизонтальных рядах мы получим элементы, принадлежащие к одному классу.



Карточки для игры «Терпение», придуманной Менделеевым. Они разложены в порядке увеличения их атомной массы; элементы образуют группы

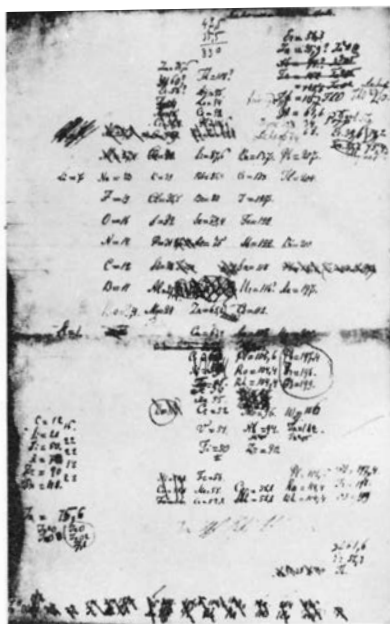
До сих пор мы можем следовать схеме Менделеева без помех, как он и придумал ее в 1871 году, два года спустя после первого наброска. Ничего не сбивается, пока мы не доходим до третьей колонки, — и тут мы неизбежно сталкиваемся с первой проблемой. Почему неизбежно? Как вы видели на примере гелия, Менделееву не были известны все элементы. К тому времени было открыто только 63 химических элемента из 92, которые

знаем мы сегодня. Первый пробел образовался в третьей ячейке третьей колонки.

Я сказал, что Менделеев наткнулся на пробел, но на самом деле это слово свидетельствует о гениальности его размышлений. На третьей ячейке третьей колонки Менделеев столкнулся с трудностью и решил ее, *интерпретировав* как пробел. Он сделал так, потому что титан (следующий по атомной массе химический элемент) не обладает химическими свойствами и характеристиками бора и алюминия, с которыми он должен был бы встать в один ряд. Менделеев записал в дневнике: «После кальция перед титаном я оставил пробел, потому что элемент, который должен занять это место, пока еще не открыт. Титан же я поместил в одну группу с углеродом и кремнием».

Идея отсутствующих элементов была продиктована научным вдохновением. Это было практической реализацией того, что Фрэнсис Бэкон в общих словах сформулировал давным-давно: убеждения, что новые законы природы могут быть выведены или угаданы на основании старых. Догадка Менделеева продемонстрировала, что индукция в руках ученого — более тонкий инструмент, чем предполагали Бэкон и другие философы. В науке мы не можем продвигаться строго линейно от известных случаев к неизвестным. Скорее, мы разгадываем кроссворд: есть данные по горизонтальным осям и вертикальным, в отдельных точках они пересекаются, давая подсказки. Менделеев исследовал упорядоченные по атомной массе элементы в колонках и их сходство в рядах, чтобы увидеть пробелы в пересечениях. Он сделал практические предсказания и показал, как ученые на самом деле пользуются индукцией.

Очень хорошо: наибольший интерес представляют пустые ячейки в третьей и четвертой колонке. Я не стану продолжать рассказ о том, как строилась система, ограничусь замечанием, что если учесть промежутки и пойти вниз, то колонка оканчивается где



Последовательность атомных масс не случайна, а систематична.
Ранний набросок Периодической системы химических элементов Менделеева, 1869 год

и должна — бромом из группы галогенов. Из всех пропусков Менделеев выделил три. Первый располагался в третьей строке третьей колонки, второй и третий — в третьем и четвертом ряду четвертой колонки. Менделеев предсказал, что в скором времени на месте этих пробелов будут вписаны химические элементы с теми же свойствами, которыми обладают классы веществ в третьем и четвертом горизонтальных рядах.

Самый известный из прогнозов Менделеева и последний из подтвержденных был третий, который он назвал «эка-кремний». Он описал свойства этого странного и очень важного вещества с огромной точностью за двадцать лет до его открытия в Герма-

нии. Но новый химический элемент не получил названия, предложенного Менделеевым, его стали именовать *германием*. Менделеев определил, что «эка-кремний будет иметь свойства, промежуточные между кремнием и оловом», что его атомная масса будет в 5,5 раза больше, чем у воды (и оказался прав!), а его оксид будет в 4,7 раза тяжелее воды (и опять же не ошибся!). Менделеев очень точно описал и другие химические свойства металла.

Предсказания Менделеева сделали его известным во всем мире, но не в России, потому что царь не одобрял его либеральных взглядов. Англичане открыли целый ряд новых элементов — гелий, неон, аргон, что упрочило его авторитет. Однако в Российской академии наук его так и не приняли, хотя во всем мире его имя было широко известно.

Но давайте пройдем дальше. Мы установили, что классифицировать атомы можно по числу. Но все-таки не могло быть так, чтобы все свойства элемента выводились из одной цифры, его атомной массы, которая скрывает — что? Масса атома может служить мерой его сложности. А если это так, то она должна скрывать некую внутреннюю структуру, которая придает ему физическую форму и определяет его химические свойства. Конечно, такая идея была немыслима во времена, когда атом считался неделимым.

Переломный момент наступил в 1897 году, когда Джозеф Джон Томсон из Кембриджа открыл электрон. Да, у атома есть составные части, он не неделим, на что намекает перевод его названия с греческого. Электрон — малая толика его массы, вполне реальная, несущая электрический заряд. Значит, каждый элемент имеет еще одну характеристику — число электронов в атоме. И их количество в точности равно номеру позиции, которую элемент занимает в таблице Менделеева, если учесть, что водород и гелий расположены под номерами один и два.