

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ
БИБЛИОТЕКА



А.Л. КОЛЕСНИКОВ

Из чего состоит Вселенная



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА
ВЫПУСК 17

А. Л. КОЛЕСНИКОВ

**ИЗ ЧЕГО
СОСТОИТ ВСЕЛЕННАЯ
(ЗАКОН МЕНДЕЛЕЕВА)**

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1950 ЛЕНИНГРАД

К ЧИТАТЕЛЮ

Ваши отзывы и пожелания о книжках
«Научно-популярной библиотеки» просим
направлять по адресу: Москва, Орликов
пер., д. 3. Гостехиздат.

Редактор *В. А. Мезенцев.*

Техн. редактор *М. Д. Кислиновская.*

Подписано к печати 7/XII 1950 г. Бумага 84X108^{1/16}. 1 бум. л. 3,28 печ. л. 3,22 уч.-
изд. л. 39 240 тип. зн. в печ. л. Т-09172. Тираж 100 000 экз. Цена книги 95 коп.
Заказ № 2832.

3-я типография «Красный пролетарий» Главполиграфиздата при Совете
Министров СССР. Москва, Краснопролетарская, 16.



ВВЕДЕНИЕ

Вспомните, не задавали ли вы себе вопросов: Из чего состоит Вселенная? Из чего состоят отдельные тела — стол, хлеб, одежда, камень, поднятый на дороге. Есть ли между этими столь различными вещами что-либо общее?

Наверное, задавали. Вопрос о природе окружающих нас вещей неизбежно возникает у каждого мыслящего человека.

Много веков человечество искало ответ на эти вопросы. Более двух тысяч лет назад философы древней Греции учили, что всё существующее на земле происходит от немногих начал — «элементов». Такими началами считались огонь, вода, воздух, земля. Эти элементы — неизменные, основные вещества мироздания. Из них состоят все окружающие нас тела.

Позднее, в средние века, широкое распространение получает алхимия — лжеучение о превращении различных веществ, главным образом металлов, друг в друга. Алхимики считают, что многообразные тела природы строятся только из трёх «философских элементов» — «серы», «ртути» и «соли». «Ртуть» алхимиков — это носитель металлических свойств вещества, «сера» — горючих свойств, а «соль» придаёт телам способность растворяться в воде, придаёт им твёрдость и вкус.

Современная наука установила, что все окружающие нас тела действительно состоят из немногих «начал» — основных веществ Вселенной, или, как их теперь называют, химических элементов. Но эти химические элементы не имеют ничего общего с «философскими

элементами» учёных прошлых веков, когда думали, что «элементы» нематериальны, что они только характеризуют свойства различных тел, являются лишь суммой отдельных ощущений человека. Так, например, считалось, что огонь — один из «элементов» древнегреческих философов — представляет собой сочетание двух свойств, двух ощущений — сухости и теплоты.



Рис. 1. В лаборатории алхимика. В течение многих веков алхимики безуспешно старались получить химическим путём золото из меди и других неблагородных металлов.

Передовая материалистическая наука отвергает такие ненаучные взгляды. «Философский материализм Маркса исходит из того, что мир по природе своей материален», — учит товарищ Сталин. «В противоположность идеализму, утверждающему, что реально существует лишь наше сознание, что материальный мир, бытие, природа существует лишь в нашем сознании, в наших ощущениях, представлениях, понятиях, — марксистский философский материализм исходит из того, что материя, природа, бытие представляет объективную реальность, существую-

щую вне и независимо от сознания, что материя первична, так как она является источником ощущений, представлений, сознания, а сознание вторично, производно, так как оно является отображением материи, отображением бытия, что мышление есть продукт материи, достигшей в своём развитии высокой степени совершенства, а именно — продукт мозга, — а мозг — орган мышления, что нельзя поэтому отделять мышление от материи, не желая впасть в грубую ошибку» (Сталин).

Всё объективно существующее в мире материально. Материальны и все основные вещества мироздания — химические элементы.

Развитие науки об основных веществах Вселенной тесно связано с именем великого русского учёного-химика Дмитрия Ивановича Менделеева, открывшего периодический закон химических элементов.

Этому закону и посвящена наша книжка.

1. ТЕЛА СЛОЖНЫЕ И ПРОСТЫЕ

Если через воду пропускать электрический ток, она разлагается на два новых вещества — на газы водород и кислород.

Нагревая на огне известняк, можно разложить его на углекислый газ и негашёную известь. Полученные вещества можно в свою очередь разложить дальше: углекислый газ на газы кислород и углерод, а негашёную известь — на кислород и металл кальций.

Различными способами — действием электричества, нагреванием, воздействием других веществ — можно разложить большинство тел природы, получить из одного вещества несколько других, более простых.

Вещества, которые можно разложить на другие, называются веществами сложными.

Однако не каждое вещество удаётся разложить на более простые. Есть группа таких веществ, которые далее не разлагаются, остаются неизменными.

Так, не разлагаются углерод, кислород, водород и кальций, как бы вы на них ни воздействовали. Нельзя разложить на более простые и некоторые другие вещества, например металлы железо, медь и свинец; газы азот и хлор и ряд других.

Все эти вещества называются веществами простыми.

Изучая состав различных тел, встречающихся в природе, учёные постепенно убеждаются, что таких простых неразложимых неизменных веществ в мире значительно больше, чем думали учёные древнего мира и средних веков. В конце XVIII века химики насчитывали уже более 20 простых тел природы.

В XVII веке химики дают совершенно новое определение понятия элемента. Химическим элементом теперь называют всякое вещество, которое не поддаётся доступными химиком средствами разложению на более простые вещества. Элемент в этом понимании — вполне реальное, осязаемое вещество.

Такое определение химического элемента очень скоро получает всеобщее признание. Но влияние прежних воззрений всё ещё даёт себя чувствовать. Почти до XIX века учёные не могут освободиться от невещественных, неосязаемых элементов прошлого. Химики XVIII века считали, например, что любой металл представляет собой вещество сложное; состоит оно из земли и особого нематериального элемента — флогистона («флогистос» значит «сжигаемый»). Никто из учёных тех времён не видел и, естественно, не мог видеть этот неуловимый «элемент». Но все были уверены, что он существует, и считали, что флогистон, входящий в состав тела, придаёт ему способность гореть или изменяться при накаливании.

Для объяснения различных явлений природы учёные привлекали всякого рода невещественные, несуществующие элементы, называя их «тонкими материями».

Первый, кто отверг существование различных неосязаемых, невесомых, неуловимых элементов, был великий русский учёный Михаил Васильевич Ломоносов *).

М. В. Ломоносов, смелые новые идеи которого не всегда понимали современники, блестящий разносторонний гений которого вызывал и продолжает до наших дней вызывать изумление, во всех своих работах боролся с нелепыми, далёкими от настоящего знания, представлениями о природе.

*) О жизни и деятельности Ломоносова рассказывается в книге проф. Б. Б. Кудрявцева «Михаил Васильевич Ломоносов» в серии Гостехиздата «Люди русской науки».

Огромной заслугой М. В. Ломоносова перед наукой является установление им великого закона природы — закона сохранения материи и движения.



Великий русский учёный Михаил Васильевич Ломоносов.

В 1748 году в письме к петербургскому академику Л. Эйлеру Ломоносов написал следующие замечательные строки:

«Все перемены в *Натуре (т. е. в природе)* встречающиеся такого суть состояния, что сколько чего у одного

тела отнимется, столько присовокупится (*т. е. прибавится*) к другому. Так ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте... сей всеобщей естественный закон простирается и в самые правила движения: ибо тело движущее своею силою другое, столько же оные (*т. е. силы*) у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает».

В приведённом высказывании Ломоносов совершенно чётко говорит о неуничтожаемости материи и её движения («все перемены в Натуре случающиеся»), об общем законе сохранения. Именно в этом заключается ценность гениального высказывания великого русского учёного.

А через 8 лет, в 1756 году, великий русский учёный провёл в своей лаборатории опыт, которым доказал, что вещество полностью сохраняется при химических превращениях, что материя не возникает из ничего и не исчезает бесследно.

Английский учёный Р. Бойль, на основании своих опытов, утверждал, что если в закрытом стеклянном сосуде нагревать металл, то он увеличится в весе. Объясняется это якобы тем, что в сосуд проникает через стекло «материя огня» и соединяется с металлом.

М. В. Ломоносов, как мы уже говорили, не признавал «тонких материй», в том числе и «материи огня». Поэтому он решает опытом же доказать, что Бойль не прав.

Прежде всего русский учёный в точности повторил опыт, как он был проведён Бойлем. Он поместил в стеклянную реторту — химический сосуд особой формы — кусочек металла, запаял горлышко реторты и взвесил сосуд с металлом. Затем в течение двух часов реторта нагревалась на огне. После этого кончик запаянного горлышка сосуда обламывался, реторта охлаждалась и взвешивалась вторично.

Ломоносов установил, что действительно в этом случае после прокаливании реторты на огне её вес увеличился. Чем это объяснить?

М. В. Ломоносов был убеждён, что дело здесь не в «материи огня», а в другом. Но в чём же? Учёный обращает внимание на одно обстоятельство: когда он обламывал кончик запаянного горлышка реторты, в сосуд с шумом ворвался наружный воздух. О чём это может

говорить? Выходит, что после прокаливания сосуда на огне воздух в сосуде уменьшается.



Рис. 2. М. В. Ломоносов показал, что вес веществ до реакции и после реакции не изменяется.

Куда же девается часть воздуха? Ведь реторта запаяна. Очевидно, предположил Ломоносов, воздух частично поглощается при нагревании металлом.

Чтобы проверить своё предположение, М. В. Ломоносов поставил тот же опыт, но после нагревания сосуда он взвесил его, не обламывая горлышка.

Вес сосуда не изменился!

И Ломоносов пишет:

«Оными опытами нашлось, что славного Роберта Бойля мнение ложно, ибо без пропущения внешнего воздуха вес сожжённого металла остаётся в одной мере».

Так великий русский учёный впервые подтвердил на опыте закон сохранения массы при химических превращениях, один из основных законов химии, законов, который является вместе с тем частью общего закона сохранения материи, сформулированного Ломоносовым в 1748 году.

И, действительно, мы знаем теперь, что если нагревать металл, например железо, оно окисляется, т. е. соединяется с кислородом воздуха. В опыте Ломоносова металл окисляется за счёт того воздуха, который находится в запаянном сосуде. При этом вес окислённого металла увеличивается ровно на столько, на сколько уменьшается вес воздуха в сосуде — ведь из него ушла часть кислорода на окисление металла. Таким образом, в происходящей здесь реакции окисления общее количество вещества не изменяется — не убывает и не прибывает; вес сосуда, если он не вскрыт, остаётся одним и тем же.

Но стоит нам обломить горлышко реторты, как в неё ворвётся наружный воздух — по объёму ровно столько, сколько кислорода из воздуха реторты ушло на окисление металла. И общий вес реторты с окислённым металлом увеличится.

Позднее, через 18 лет после Ломоносова справедливость закона сохранения массы (вещества) была подтверждена французским химиком Лавуазье.

При жизни Ломоносова часто говорили о невесомой «материи тепла», о «тонкой материи упругости» и т. д. С помощью таких никому неведомых «материй» без особого труда «объяснялись» любые явления природы. Почему, спрашивается, при уменьшении объёма газа увеличивается его давление? Потому, что в любом газе содержится «тонкая невесомая материя упругости». Почему вода на огне нагревается? Потому, что огонь выделяет «тонкую материю тепла»; эта «материя» входит в воду и нагревает её.

Вряд ли требуются доказательства, что такого рода «объяснения» ровно ничего не дают для подлинно научного объяснения природных явлений.

Ломоносов не признавал неуловимых «тонких материй». Он доказывал, что любые свойства тел могут быть объяснены без помощи каких-либо невесомых материй.

Очень многие учёные — современники Ломоносова — признавали невесомую «тепловую материю». Вопреки этому распространённому мнению Ломоносов развивает научную теорию тепла. В 1745 году на заседании Петербургской Академии наук М. В. Ломоносов зачитывает свою работу «Размышление о причине теплоты и холода», в которой убедительно доказывает, что тепло вызывается не «тонкой материей тепла», а совершенно другой причиной; что такая «тонкая материя тепла» вообще не нужна для объяснения этого явления, что её просто не существует.

«В наше время, — пишет Ломоносов в этом своём сочинении, — причина теплоты приписывается какой-то особой материи, которую большинство называют теплотворной... Признают, что её тем большее количество находится в каждом теле, чем больше тело имеет тепла. Мнение это в умах многих пустило столь глубокие корни,... что в разных физических сочинениях можно прочесть, что названная выше материя вторгается в поры тел, как бы привлечённая каким-то любовным напитком, или наоборот, как бы охваченная ужасом, вырывается из пор...».

Откуда берётся эта «материя»? — иронически спрашивает он, — например, зимой, когда... порох зажигается от только что возникшей маленькой искры и вдруг расширяется в огромное пламя? Откуда и в силу какого удивительного свойства собирается эта огненная материя? Слетается ли она со сказочной быстротой из очень отдалённых мест и зажигает порох? Но в этом случае необходимо, чтобы нагрелись и расширились от прилетающего огня прежде пороха другие тела...

Чем же вызывается тепло, по мнению Ломоносова?

«Очень хорошо известно, — указывает учёный, — что теплота возбуждается движением: от взаимного трения руки обогреваются, дерево загорается пламенем, при ударе кремня об огниво появляются искры; железо накаливается докрасна от проковывания частыми и сильными ударами, а если их прекратить, то теплота уменьшается и произведённый огонь тухнет».

И далее Ломоносов разъясняет, какое именно движение является причиной тепла.

«... тела могут двигаться, — пишет он, — двояким движением — общим, при котором все тела непрерывно меняют своё место... и внутренним, которое есть перемена места нечувствительных (*то-есть мельчайших, невидимых*) частичек материи; и так как при самом сильном общем движении часто не наблюдается теплоты, а при отсутствии такого движения — наблюдается большая теплота, то следовательно, теплота состоит во внутреннем движении материи».

Отвергнув ненаучное объяснение теплоты с несуществующей в действительности «тонкой материей тепла», великий русский учёный первым в мире разработал подробную теорию, которая давала правильное объяснение теплоты.

«Открытие, что теплота представляет собой некоторое молекулярное движение, составило эпоху в науке», — так оценил Ф. Энгельс представление о природе тепла, данное М. В. Ломоносовым.

Столь же успешно объяснил Ломоносов позднее и причину упругости газов, не прибегая и здесь к помощи пресловутой «материи упругости».

Своими работами М. В. Ломоносов показал, что различные «тонкие материи» — неуловимые и невесомые, лишь плод человеческого воображения, что в мире нет нематериальных, невещественных элементов.

Любой химический элемент представляет собой не элемент-свойство, не загадочную неуловимую «тонкую материю», а реально существующее материальное тело, которое можно взвесить, измерить, свойства которого можно изучить и т. д. Его особенность заключается лишь в том, что оно не разлагается доступными химику средствами на более простые вещества.

Из таких простых, неразложимых тел и состоит наш мир. Но о каких нечувствительных, т. е. мельчайших, невидимых, частичках говорил Ломоносов, давая своё объяснение теплоты?

Чтобы в этом разобраться, необходимо кратко вспомнить о том, как было установлено, что все тела природы — сложные и простые — состоят из мельчайших материальных частичек.

Это покажет нам вместе с тем, какова внутренняя природа, внутреннее строение основных веществ мироздания — простых неразложимых тел.

2. АТОМЫ И МОЛЕКУЛЫ

В первые догадка о существовании атомов, мельчайших частичек, из которых строятся все тела природы, возникла ещё в древнем мире, около двух с половиной тысяч лет назад.

В своих попытках объяснить различные явления природы древнегреческие учёные-материалисты высказали предположение, что все тела в мире состоят из мельчайших материальных частиц, далее неделимых, которые они называли атомами. Атомы настолько малы, что их нельзя увидеть простым глазом, поэтому тела и кажутся нам сплошными. В действительности же любое тело состоит из атомов и пустого пространства.

Такое представление о строении тел позволяло убедительно объяснять многие явления природы. Почему, например, мы чувствуем запах цветов и различных пахучих веществ на расстоянии? Если предположить, что эти вещества не сплошные, а состоят из мельчайших частиц, тогда нетрудно дать ответ на этот вопрос. От пахучих веществ отлетают отдельные частички; они попадают к нам в нос, и мы чувствуем запах вещества.

Просто объясняются при помощи атомов и такие всем известные явления, как испарение воды при нагревании, растворение сахара в воде, расширение и сжатие тел при изменении температуры. Действительно, если предполагать, что вода и сахар являются сплошными телами, то очень трудно понять, как может в воде растворяться сахар, а сама вода при нагревании превращаться в пар. Если же допустить, что эти тела состоят из отдельных мельчайших частичек, тогда такие явления, как растворение сахара в воде и испарение воды, становятся легко объяснимыми.

Кусок сахара, попадая в воду, распадается в ней на свои мельчайшие, невидимые глазом частички, которые расходятся по всей жидкости. При испарении воды отдельные её частички отрываются от поверхности жидкости и поднимаются в воздух.

Признание, что тела состоят из мельчайших частиц, даёт возможность просто объяснить и их способность изменять свой объём при изменении температуры: когда тело расширяется, это означает, что его частички отодвигаются друг от друга; при сжатии тела частички, наоборот, сближаются друг с другом.

Материалистическое учение о мельчайших частицах вещества легко объясняло, таким образом, самые различные явления природы.

Проходит, однако, несколько веков, и учение древних учёных-материалистов надолго забывается. В этом повинны служители церкви.

В средние века, отмеченные мракобесием церкви, учение об атомах было запрещено. Последователи этого учения жестоко преследовались. В учении о мельчайших материальных частичках, из которых состоят все тела, церковники справедливо видели серьёзную угрозу для религии. Тайнственные, загадочные явления природы, для объяснения которых привлекались божественные силы, материалистическое учение об атомах объясняет естественными причинами. И церковники объявляют это учение противным религии, греховным.

Церковь вообще запрещала какое-либо научное исследование природы, считая, что такого рода исследования подрывают веру в божественный промысел. Не для чего изучать мир. Это грешно и противно богу, — учили попы и монахи. Известный средневековый учёный Рожер Бэкон более двадцати лет просидел в тюрьме за то, что с помощью опыта опровергал ненаучные взгляды церковников. Церковники обвинили его в ереси и колдовстве. Знаменитого учёного Галилея церковный суд заставил под угрозой смерти отказаться от своих убеждений, противоречащих религии.

Проходят средние века. С XV—XVI веков наступает эпоха быстрого развития производительных сил. Наука восстаёт против религии, и в XVII веке атомистическое учение возрождается.

В книге, вышедшей в первой половине XVII века, французский учёный Гассенди доказывает, что учение древнегреческих мыслителей-материалистов об атомах правильно. Атомы отличаются друг от друга формой, ве-

личиной и весом, но различных атомов немного. Как же строится из них всё многообразие тел природы? Это подобно тому, как из трёх десятков букв составляются десятки тысяч различных слов. Точно так же из разных атомов строятся все тела мира. Атомы объединяются в различных соединениях в небольшие устойчивые группы, которые называются молекулами. В различных телах эти молекулы различны. Они отличаются друг от друга как числом входящих в их состав атомов, так и видом последних.

Однако взгляды Гассенди были ещё примитивны, во многом неправильны. Атомистическое учение попрежнему оставалось догадкой.

Действительно научную теорию невидимых частиц первым дал М. В. Ломоносов.

Ломоносов считает, что все мельчайшие частицы, из которых состоят тела, материальны.

Свойствами таких частиц определяются свойства тел, в состав которых они входят.

Мы уже рассказывали о том, как, пользуясь атомной теорией, М. В. Ломоносов дал правильное объяснение теплоты (см. стр. 11). Применяет атомную теорию строения вещества Ломоносов и для объяснения «упругой силы воздуха». В специальной работе, посвящённой этому вопросу, он пишет: «Мы считаем излишним призывать на помощь для отыскания причины упругости воздуха ту своеобразную блуждающую жидкость, которую очень многие по обычаю века, изобилующего тонкими материями, применяют обыкновенно для объяснения природных явлений. Мы довольствуемся тонкостью и подвижностью самого воздуха и ищем причину упругости его в самой материи его».

М. В. Ломоносов считает, что «упругая сила» воздуха происходит от непосредственного взаимодействия атомов воздуха. «Очевидно, что отдельные атомы воздуха, взаимно приблизившись, сталкиваются с ближайшими в нечувствительные моменты времени и когда одни находятся в соприкосновении, вторые атомы друг от друга отпрыгнули, ударились в более близкие к ним и снова отскочили; таким образом, непрерывно отталкиваемые друг от друга частыми взаимными толчками, они стремятся рассеяться друг от друга во все стороны».

Такого рода удары частичек воздуха и создают в сумме своей давление газа при заключении его в какой-либо сосуд.

Воззрение Ломоносова о взаимодействии частиц легло в основу современной кинетической теории газов.

В своих сочинениях М. В. Ломоносов подробно объясняет, как из невидимых, «нечувствительных», как он их называет, частичек вещества строятся различные тела природы.

Каждое тело состоит из частичек — «корпускул», или, что то же, молекул. Корпускулы (молекулы) бывают однородными и разнородными. Однородная молекула состоит из одинаковых «элементов» — атомов. Разнородная молекула состоит из атомов, отличных друг от друга.

Из однородных корпускул строятся простые тела. А сложные тела состоят из корпускул (молекул) разнородных.

Ломоносов считает также, что атомы в молекулах сложных тел могут располагаться по-разному; от этого также зависят свойства сложных тел.

Великий учёный не останавливается на простом объяснении того, как построены различные тела. Он использует атомную теорию как могучее средство научного исследования, как средство для объяснения различных свойств вещества. Его по справедливости следует считать основоположником атомно-молекулярной теории.

М. В. Ломоносов первый даёт атомистическое представление о химическом элементе.

Как образуется сложное вещество из простых веществ, например та же вода, из водорода и кислорода?

Почему в этом химическом соединении газообразные водород и кислород превращаются в жидкость — в соединение с новыми, резко отличными свойствами?

Разгадка этого заключается в том, что в воде нет кислорода и водорода как простых веществ, как газов. В этом химическом соединении содержатся не газы — водород и кислород, а атомы этих химических элементов.

Разлагая воду на элементы, мы разлагаем её на атомы водорода и кислорода, и тогда эти атомы принимают вид простых веществ — газов — кислорода и водорода.

Атомы разных видов, встречающиеся в природе, и называются химическими элементами. Химический элемент, т. е., иными словами, атомы какого-либо вида, может образовывать простое тело, а также (вместе с атомами других «сортов») входить в состав сложных веществ.

Каждому химическому элементу соответствует свой особый вид атомов.

Таким образом, понятия химического элемента и простого тела различны. Об этом различии и сказал впервые М. В. Ломоносов. Он писал: «... в киновари (*химическое соединение ртути и серы*) есть ртуть... однако в киновари ртути ни сквозь самые лучшие микроскопы видеть нельзя», т. е., иными словами, Ломоносов и говорил о том, что в киновари содержится не простое тело — металлическая ртуть, — а её атомы.

Позднее, в XIX веке, великий русский химик Д. И. Менделеев, открывший периодический закон химических элементов, писал, что «Под именем элементов должно подразумевать те материальные составные части простых и сложных тел, которые придают им известную совокупность физических и химических свойств. Если простому телу соответствует понятие о частице, то элементу отвечает понятие об атоме. Углерод есть элемент, а уголь, графит и алмаз суть тела простые».

Ломоносов не сомневался в том, что атомная теория строения вещества отражает действительность. Его работы, как уже было сказано, показывают, что учение об атомах является могущественным орудием научного исследования.

Но во времена Ломоносова самый факт существования мельчайших материальных частичек вещества требовал ещё доказательства. Атомная теория признавалась далеко¹ не всеми и считалась справедливой лишь постольку, поскольку помогала убедительно объяснять различные явления окружающего мира. Но фактов, непосредственно указывающих на то, что атомы и молекулы существуют в действительности, Ломоносов в своём распоряжении не имел.

Не было их в течение долгого времени и после него.

Доказать же реальное существование невидимых частичек необходимо было ещё и потому, что даже полтора

столетия после Ломоносова находились учёные, которые объявляли атомы выдумкой материалистов. К ним относился, например, немецкий химик Оствальд, утверждавший, что атомы и молекулы непознаваемы. Оствальд писал, что атомная теория представляет собой излишнюю гипотезу (т. е. предположение), так как она не может быть подтверждена опытом.

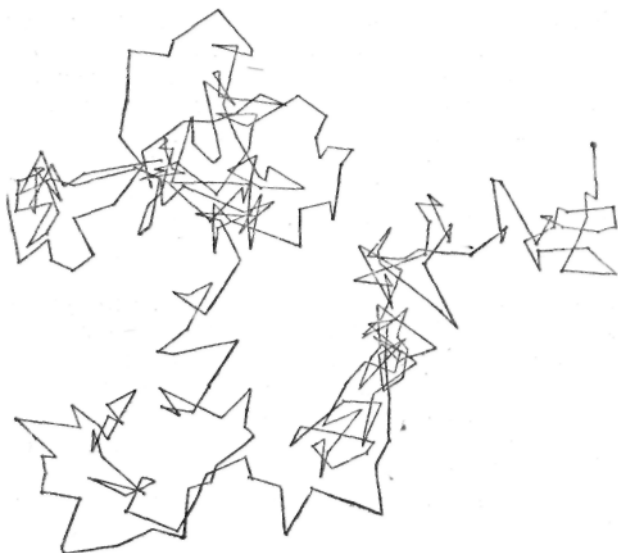


Рис. 3. Беспреданное беспорядочное движение частицы пылцы в воде говорит о том, что эта частица каждое мгновение сталкивается с молекулами воды.

Сама наука опровергла эти реакционные измышления. В нашем распоряжении имеется сейчас целый ряд фактов почти непосредственного проявления атомов.

Каковы эти факты? Что знаем мы в настоящее время об этих частичках вещества?

Размешайте в воде немного пылцы растений. Возьмите затем каплю такой воды и рассмотрите её под микроскопом. Вы увидите, что плавающие в воде крошечные частицы пылцы находятся в непрерывном беспорядочном движении (рис. 3), сходным с тем, как мы себе представ-

ляем движение частичек газа или жидкости. И как долго бы вы на них ни смотрели, движение частиц не прекращается. Чем вызвано это движение? В чём его причина? В том, что частички пылицы испытывают на себе непрерывные удары молекул воды. Каждое данное мгновение с каждой отдельной частичкой пылицы сталкиваются многие тысячи молекул воды (по сравнению с отдельными молекулами эти частички громадны). Естественно при этом, что сила ударов молекул воды с разных сторон на каждую отдельную частичку пылицы не одинакова, так как каждое мгновение с разных сторон частички ударяется различное число молекул. В силу этого каждая частичка и движется в жидкости в самых различных направлениях.

Тепловое движение молекул на земле никогда не прекращается, поэтому мы никогда не дождёмся того, чтобы и частички пылицы прекратили своё беспорядочное движение.

Так можно наблюдать результат движения молекул *).

Существование мельчайших материальных частичек доказывается и таким опытом. В массивный стальной сосуд наливают минеральное масло. Сосуд закрывают очень плотно крышкой и подвергают масло давлению. Когда давление достигает нескольких тысяч атмосфер, на наружных стенках стального сосуда появляются капельки масла: они просочились сквозь толстый слой стали!

Очевидно, что это просачивание может быть объяснено только, если допустить, что как масло, так и сталь состоят из мельчайших частиц. Под большим давлением частички масла проходят между частицами металла и выступают на поверхности сосуда.

Мы не будем рассказывать здесь о других опытах, доказывающих реальное существование атомов и молекул. Таких опытов можно привести много.

В настоящее время мы уже можем видеть очень крупные молекулы непосредственно. На рисунке 4 вы видите изображение крупных молекул одного слож-

*) О движении молекул см. также брошюру в серии «Научно-популярная библиотека» — проф. Б. Б. Кудрявцев, «Движение молекул».

другие атомы тяжелее атома водорода, некоторые — в десятки и сотни раз. Так, атом серебра тяжелее атома водорода примерно в сто шесть раз, атом ртути — в двести раз.

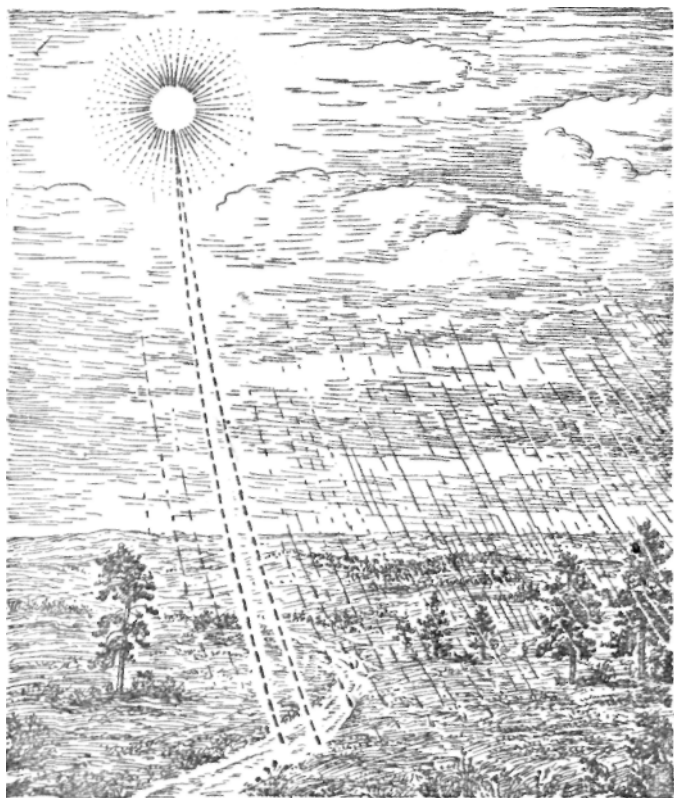


Рис. 5. Если молекулы, которые содержатся в одной дождевой капле, уложить в один ряд, плотно друг к другу, то получится цепочка, которая протянется от Земли до Солнца и обратно.

Атомы различных химических элементов отличаются друг от друга своим весом. Атом каждого химического элемента имеет свой собственный, отличный от других атомов, вес.

3. СКОЛЬКО В МИРЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ?

Итак, теперь когда мы знаем, что тела состоят из мельчайших материальных частичек, мы можем дать правильное определение простого тела и химического элемента.

Простое тело — это такое вещество, которое состоит из атомов одного какого-либо химического элемента (как об этом писал ещё М. В. Ломоносов), а сложное вещество состоит из молекул, в состав которых входят атомы разных химических элементов.

Химическими же элементами называются те составные части сложных веществ, которые химически неразложимы, т. е., другими словами, атомы разных «сортов», видов.

Отсюда становится понятным, почему простое тело является неразложимым. Ведь оно состоит только из атомов одного химического элемента. Атомы же — это частички, которые не могут быть разложены химическим путём. Следовательно, и само простое тело также не может быть разложимо на другие, более простые вещества.

Но сколько же химических элементов в мире?

Как уже говорилось, в конце XVIII века в списке химических элементов было известно более 20 простых тел. Но проходит два десятка лет, и это количество пополняется новыми элементами. В начале XIX столетия учёные открывают калий, натрий, барий, кальций, магний и ряд других элементов. Дальнейшие поиски простых тел природы приводят всё к новым и новым открытиям.

Химики изучают вновь найденные простые тела, убеждаются в том, что они неразложимы, определяют их свойства, устанавливают вес атомов новых химических элементов.

Правда, они ещё не умеют определить действительный, абсолютный вес отдельных атомов различных химических элементов; способы определения абсолютного веса этих ничтожно малых частиц были найдены учёными позднее. Химики устанавливали не истинный, а лишь относительный, сравнительный вес различных атомов. Говоря иначе, исследователь, найдя и выделив в чистом виде новый химический элемент, сравнивал, насколько

вес его атомов тяжелее или легче атомов других химических элементов, вес которых уже был известен.

В качестве единицы для сравнения был взят самый лёгкий элемент — водород; вес его атомов был условно принят равным 1. При этом относительные атомные веса всех других химических элементов превышали единицу. Например, атомный вес натрия был (равен 23, железа — 56, золота — 197 и т. д.

В дальнейшем для сравнения был взят атом кислорода, вес которого был принят равным точно 16 (за единицу атомного веса была принята $\frac{1}{16}$ веса атома кислорода). Атомный вес водорода при этом равен 1,008.

Конечно, и методы определения сравнительных атомных весов были далеко не простыми. Известны различные способы определения относительных весов химических элементов. Вот, например, один из таких способов. При изучении газов учёные ещё в прошлом веке установили очень интересный факт — если два газа, заключённые в двух одинаковых объёмах, находятся под одинаковым давлением и имеют одинаковую температуру, то они имеют равное число молекул. Эта закономерность справедлива в отношении любого газа. Её-то и использовали химики для определения относительных атомных весов. Сравнивая вес одинаковых объёмов двух газов — газа с уже известным атомным весом и газа, атомный вес которого ещё требовалось определить, — они узнавали таким образом, во сколько раз частицы одного газа тяжелее частиц другого.

В ряде случаев химики определяли атомные веса при помощи химического анализа. Соединяя химические элементы с известным атомным весом с элементами ещё неизвестными и определяя затем состав таких соединений, они находили атомные веса новых химических элементов, а также уточняли, проверяли ранее найденные.

В первой четверти XIX века учёные устанавливают единые условные обозначения химических элементов. Каждый элемент обозначают теперь одной или двумя латинскими буквами (первой или первой и одной из последующих букв латинского названия элемента). Например, латинская буква N обозначает азот (от слова Nitrogeni-

um — азот), Си — медь (Cuprum), Sn — олово (Stannum), Au — золото (Aurum), Pb — свинец (Plumbum) и т. д.

К середине прошлого века химикам уже известно более 50 простых, неразлагаемых тел природы — более 50 различных видов атомов, из которых строится мироздание.

Но сколько в мире ещё неоткрытых химических элементов?

Ответа на этот вопрос никто дать не мог.

Не могли ответить химики прошлого века и на другой вопрос — на вопрос о том, что объединяет различные простые тела друг с другом. Большинство учёных первой половины прошлого века считало, что различные химические элементы вообще не имеют между собой никакой связи, что бессмысленно поэтому искать нечто единое, общее среди того разнообразия простых тел, какое мы наблюдаем в природе. Химические элементы, по мнению этих учёных, представляют собой совершенно независимые друг от друга, не имеющие между собой ничего общего основные тела Вселенной.

Но так ли это в действительности?

К этому времени в химии был накоплен богатейший опытный материал. Были изучены различные свойства не только всех известных к тому времени химических элементов самих по себе, но и свойства многочисленных соединений этих элементов друг с другом. Таких соединений насчитывалось уже несколько тысяч.

Во всём этом многообразии химических соединений необходимо было разобраться, навести порядок. Химия нуждалась в единой стройной системе, которая объединила и упорядочила бы это многообразие.

4. КАК БЫЛ ОТКРЫТ ВЕЛИКИЙ ЗАКОН

К концу 60-х годов прошлого века было известно уже 63 химических элемента.

Открытия новых элементов совершались случайно. Изучая те или иные вещества, химик обычно не подозревал, где и когда он может натолкнуться на новый вид атомов.

Так, химик Балар исследовал рассолы соляных промыслов Средиземного моря. Пропуская однажды через рассол газ хлор, он заметил, что цвет рассола изменился,

стал бурым. Учёный заинтересовался этим явлением, и ему удалось установить, что эту окраску сообщала рас-солу неизвестная жидкость бурого цвета с резким неприятным запахом. Оказалось, что им был открыт новый химический элемент. Он назван был бромом.

Столь же случайно открыты были иод, кадмий и другие химические элементы.

Никто не знал, сколько имеется ещё в природе неоткрытых «кирпичей мироздания». Возможно, что число их достигает многих сотен. Вместе с тем, как уже говорилось, открытые элементы изучались главным образом сами по себе, вне какой-либо взаимосвязи.

Так обстояло дело до 1869 года.

В этом году в марте месяце на заседании Русского химического общества в Петербурге было зачитано сообщение молодого русского химика Дмитрия Ивановича Менделеева об открытой им зависимости свойств химических элементов от их атомного веса. Менделеев был в это время болен; его сообщение прочёл за него известный русский химик Н. А. Меншуткин.

В своём сообщении Д. И. Менделеев писал, что он создал естественную систему всех химических элементов, в которой элементы располагались в порядке возрастания их атомных весов. Оказывается, что в такой системе наблюдается замечательная закономерность: свойства расположенных в таком порядке химических элементов повторяются через определённые правильные промежутки, повторяются периодически. Д. И. Менделеев так и назвал свою систему — периодической системой элементов.

«Элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную периодичность свойств.

Сходственные по химическим отправлениям элементы представляют или близкие атомные веса или последовательно и однообразно увеличивающиеся...

Величина атомного веса определяет характер элемента...», — писал Д. И. Менделеев в заключении своего доклада Химическому обществу.

Это было открытие того общего, что объединяло химические элементы в единое целое.

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева устанавливала связь между основными веществами мироздания, показывала закономерность в изменении их



Великий русский химик Дмитрий Иванович Менделеев.

свойств; она говорила о единстве основных веществ природы, о единстве материи.

Это было открытие великого закона природы.

Конечно, открытие Д. И. Менделеева не было «счастливым случаем».

Вот как рассказывает об этом Д. И. Менделеев (по воспоминаниям его сына):

«Я был с самого начала убеждён в том, что самое основное свойство атомов, атомный вес или масса атома, должно определять основные свойства каждого элемента. В этом убеждении и были предприняты ещё со студенческой скамьи две мои первые более серьёзные работы: „Изоморфизм" и „Удельные объёмы". Этот путь неизбежно должен был привести меня к периодической системе — достаточно было идти им до конца. Ведь изоморфизм, т. е. способность различных веществ давать одинаковые кристаллические формы, есть одно из типичных свойств элементов одной и той же химической группы... Точно так же и удельные объёмы, т. е. величины, обратные плотностям, дают, как я впоследствии наблюдал, один из наиболее ярких примеров периодичности, повторяемости свойств простых тел при возрастании их атомного веса...

...Я уже тогда, в первые годы самостоятельного труда, чувствовал, что должно существовать обширное обобщение, связывающее атомный вес со свойствами элементов. Это вполне естественная мысль, но на неё не обращали тогда достаточного внимания. Я искал это обобщение с помощью усидчивого труда — во всех возможных направлениях. Только весь этот труд дал мне необходимые точки опоры и вселил уверенность, позволившую мне преодолевать препятствия, казавшиеся тогда непреодолимыми...».

Великий русский учёный Д. И. Менделеев оставил труды по самым разнообразным отраслям науки. Долгое время он был управляющим «Главной палаты мер и весов», которая под его руководством превратилась в передовой научно-исследовательский институт измерений. «Достигнутая Главной палатой точность взвешивания превосходит точность, достигнутую... в Англии и Франции», — писал Д. И. Менделеев. Быстрое введение метрической системы мер и весов в Советской России после Великой Октябрьской социалистической революции было подготовлено работами Менделеева.

Д. И. Менделеев был одним из первых энтузиастов воздухоплавания; он оказывал горячую поддержку русским изобретателям в этой области. Он совершил полёт на

воздушном шаре с научными целями во время полного затмения Солнца.

Д. И. Менделеев был изобретателем нового способа изготовления бездымного (пироколлодийного) пороха.

Великий патриот родины, Д. И. Менделеев уделял много внимания развитию отечественной промышленности. Он выдвинул много очень ценных идей, писал о необходимости полной, комплексной переработки нефти, об использовании энергии наших рек и о постройке Волго-Донского канала, осушения Полесских болот и т. д.

Менделеев первым указал на возможность подземной газификации углей.

Однако основной работой Д. И. Менделеева, принесшей ему славу великого учёного, является открытый им периодический закон, периодическая система химических элементов.

Д. И. Менделеев не был первым учёным, который искал единства в разнообразии химических элементов. Мысль о закономерной связи между свойствами химических элементов возникла ещё в XVIII веке.

До великого русского химика некоторые иностранные учёные безуспешно пытались найти закономерность среди химических элементов.

Так, в 1862 году француз Шанкуртуа, располагая элементы по спиральной линии, нанесённой на цилиндр, пытался установить между ними связь. Ничего хорошего из этого у него не получилось.

Немецкий химик Л. Мейер, сопоставляя группы сходных по своим свойствам элементов, заметил, что изменение свойств элементов находится в зависимости от их атомных весов. Однако он не только не сумел сделать из этого тех замечательных выводов, какие сделал Д. И. Менделеев, он просто не понял значения этой зависимости. По словам Д. И. Менделеева, Мейер воспринял только «внешнюю сторону идей, соответствующих периодическому закону», не поняв сущности этого закона. Более того, Мейер совсем не был уверен в справедливости своих наблюдений. «Вообще в настоящее время на подобного рода аргументы не следует ни слишком много полагаться, ни ожидать от них... решения вопроса...», — писал он по этому поводу. Это не помешало ему, однако, после откры-

тия Менделеева утверждать, что именно он, а не русский химик открыл периодический закон.

Недобросовестность Мейера разоблачил сам Менделеев. Он доказал, что Мейер напечатал свою статью о системе элементов лишь после того, как прочитал сообщение Д. И. Менделеева об открытии периодического закона.

Далёк был от открытия периодического закона и англичанин Ньюландс, также претендовавший на первенство. Ньюландс пытался создать систему химических элементов, объединяя их в так называемые «октавы». При этом он совершенно произвольно и бездоказательно взял за основу якобы существующее сходство между повторяемостью свойств химических элементов и повторяемостью звуков в музыкальной гамме. Исходя из этого, он и разместил все известные ему элементы по «октавам» — строчкам — по семь элементов в каждой. Понятно, что такая искусственная классификация не могла дать и не дала ничего хорошего. В одних случаях Ньюландс вынужден был ставить на одно место два элемента, в других — произвольно переставлять элементы, не считаясь с их атомными весами. «Закон октав» Ньюландса заключал в себе больше исключений, чем подтверждений зависимости свойств химических элементов от их атомных весов.

В этом году Комиссией по истории химии при Академии Наук СССР опубликованы новые очень интересные документы по истории открытия периодического закона. Особый интерес представляет недавно найденный первоначальный набросок периодической системы химических элементов, написанный рукой Д. И. Менделеева (рис. 6). Из этого наброска видно, каким путём шёл великий русский химик к открытию периодического закона, как он последовательно создавал таблицу химических элементов.

Первоначальный черновой набросок периодической системы показывает, что Д. И. Менделеев сделал своё открытие в результате большой, совершенно самостоятельной творческой работы. Ещё не так давно в некоторых книгах, посвящённых периодическому закону, можно было встретить рассказ о том, что Менделеев открыл свой закон во сне. Найденный набросок периодической

системы полностью опровергает эту наивную и вредную сказку. Первоначальный черновик таблицы показывает, что Д. И. Менделеев открыл великий закон не благодаря «счастливному случаю», как любят нередко утверждать буржуазные историки науки, а в результате сознательной деятельности, в результате большого творческого труда, на основании своих огромных знаний.

В отличие от иностранных учёных, пытавшихся создать чисто искусственные системы элементов, Менделеев в своих работах руководствовался совсем иным. Русский учёный был глубоко уверен в том, что масса атома определяет его свойства, и, исходя из этого, искал тот общий закон природы, который устанавливает, определяет эту связь. Задача эта, однако, значительно осложнялась тем, что в то время атомные веса многих элементов были определены неточно.

«Меня неоднократно спрашивали: на основании чего, исходя из какой мысли, — найден был мною и упорно защищаем периодический закон? — писал Д. И. Менделеев. — Приведу... свой посильный ответ... Посвятив свои силы изучению вещества, я вижу в нём два таких признака или свойства: массу, занимающую пространство и проявляющуюся в притяжении, а яснее или реальнее всего в весе, и индивидуальность, выраженную в химических превращениях, а яснее всего формулированную в представлении о химических элементах... невольно зарождается мысль о том, что между массой и химическими элементами необходимо должна быть связь, а так как масса вещества, хотя и не абсолютная, а лишь относительная выражается окончательно в виде атомов, то надо искать... соответствия между индивидуальными свойствами элементов и их атомными весами».

В поисках этой зависимости Менделеев старался сблизить, сопоставить не только сходные, но и несходные элементы: «В сопоставлении несходных элементов заключается, по-моему, основной признак, отличающий мою систему от систем моих предшественников», — писал Д. И. Менделеев в 1871 году. В этом заключается основная идея, из которой исходил Д. И. Менделеев в своём открытии.

Как известно, своё изучение зависимости у химических элементов он начал с сопоставления двух наиболее

несходных групп элементов — щелочных металлов и галлоидов. Менделеев писал, что он «...поставил целью изучить закономерности во взаимоотношении групп».

Для сопоставления групп элементов друг с другом великий учёный пользовался небольшими картонными карточками. На каждой из них он писал название одного из элементов, его атомный вес и основные свойства.

Располагая такие карточки в различных сочетаниях, Д. И. Менделеев получил возможность наглядно изучать всё многообразие свойств различных химических элементов. Первоначальный набросок системы, о котором мы говорили выше, показывает, что Д. И. Менделеев пришёл к открытию периодического закона, располагая элементы по их сходству и по их атомным весам.

Представьте себе ряд химических элементов, расположенных в порядке возрастания их атомных весов.

При первом взгляде на такой ряд не видно никакой последовательности в изменении свойств химических элементов. Ни один элемент не походит на своих соседей. Сходство, однако, имеется, но не у элементов, стоящих рядом, а у элементов, отстоящих один от другого, разделённых другими, несходными химическими элементами.

На рисунке 7 приведена периодическая система элементов в том виде, как она была впервые опубликована Д. И. Менделеевым. Вторым по порядку в этой таблице стоит элемент литий (Li). Это — лёгкий, так называемый щелочной металл (соединяясь с водой, он образует щёлочь). За ним следуют шесть элементов, свойства которых иные, чем у лития. Но седьмой элемент, натрий (Na) снова повторяет свойства лития; это — тоже щелочной металл. Ещё через шесть элементов, через период элементов, мы видим новый щелочной металл — калий (K).

Но, может быть, такое повторение свойств случайно?

Нет, оно не случайно.

Проследим, например, как повторяются свойства соседа лития — лёгкого металла бериллия (Be) — третьего по счёту химического элемента в таблице Менделеева (см. рис. 7). И здесь, оказывается, его свойства повторяются через определённый период, именно, через шесть

элементов находится химический элемент магний (Mg), тоже лёгкий металл, повторяющий в основных чертах свойства своего «родственника». Пропустите ещё шесть

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

			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	Pt=106,6	Os=199
H=1			Cu=63,4	Ag=108	Hg=200
	Be=9,4	Mg=24	Zn=65,2	Cd=112	
	B=11	Al=27,4	?=68	Ur=116	Au=197?
	C=12	Si=28	?=70	Sn=118	
	N=14	P=31	As=75	Sb=122	Bi=210?
	O=16	S=32	Se=79,4	Te=128?	
	F=19	Cl=35,5	Br=80	I=127	
Li=7	Na=23	K=39	Rb=85,4	Cs=133	Tl=204
		Ca=40	Sr=87,6	Ba=137	Pb=207.
		?=45	Ce=92		
		?Er=56	La=94		
		?Yt=60	Di=95		
		?In=75,6	Th=118?		

Д. Менделѣевъ

Рис. 7. Периодическая система химических элементов в том виде, в каком она была впервые опубликована в 1869 году.

элементов, и вы увидите кальций (Ca), напоминающий по своим свойствам бериллий и магний.

Таким же образом повторяются свойства бора (B) у элемента алюминия (Al), стоящего на седьмом после него месте, свойства фтора (F) — у хлора (Cl) и т. д.

«По мере возрастания атомного веса, — пишет великий русский химик, — элементы сперва имеют все новые изменчивые свойства, а потом эти свойства вновь повторяются в новом периоде, в новой строке и в ряде элементов, и в той же последовательности, как в предшествовавшем ряде. А потому закон периодичности можно формулировать следующим образом: свойства элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел, стоят в периодической зависимости (то-есть правильно повторяются) от их атомного веса».

В современной периодической таблице Менделеева свойства химических элементов повторяются уже не через шесть, а через семь элементов, так как позднее были открыты ещё так называемые инертные газы, занявшие в периодической системе особую, нулевую группу.

Такая закономерность наблюдается в менделеевской таблице, однако лишь до четвёртого периода (см. таблицу на стр. 40). С четвёртого периода периодическая зависимость наблюдается уже не через семь, а через семнадцать элементов. Так, следующий за калием (№ 19) щелочной металл рубидий располагается уже под № 37. Ещё через 17 элементов идёт щелочной металл цезий. За галлоидом хлором идёт через семнадцать элементов галлоид бром и т. д.

Определённые свойства химических элементов повторяются в таблице Менделеева через определённое число элементов, через период элементов.

Свойства несходных химических элементов в одном периоде изменяются также не случайно. И здесь имеется вполне определённая закономерность. Первым в периоде стоит химически активный, легко вступающий в соединения металл (см., например, период, начинающийся с лития), за ним идёт металл, менее химически активный (бериллий); далее стоит элемент ещё менее активный, его металлические свойства выражены ещё слабее (бор). Затем мы видим уже переход от металлов к неметаллам (углерод, азот). Здесь химическая активность элементов идёт по восходящей линии: первый из элементов (азот) — наиболее неактивный, следующий (кислород) — уже значительно более активный металлоид (металлоид значит

неметалл) и последним стоит очень активный металлоид (фтор).

Таким образом, в одном периоде охватывается группа несходных элементов, отражающая многообразие всех химических элементов вообще.

«Между элементами, расположенными по величине атомных весов, — пишет Д. И. Менделеев, — представляется ясное соотношение не только по формам соединений, но и по другим химическим и физическим признакам. В начале строк стоят наиболее резкие металлы, на конце — самые ясные представители металлоидов...». "

Периодическая система элементов Д. И. Менделеева, объединив в одно целое разрозненные до этого химические элементы, показала их естественную последовательность. Она является естественной классификацией химических элементов.

Вместе с тем периодическая система элементов явилась основой для исправления их атомных весов, а также позволила научно предсказывать существование в природе новых, ещё неизвестных химических элементов и их свойств!

5 ПРЕДВИДЕНИЕ УЧЁНОГО

В поисках всеобъемлющей связи между химическими элементами Д. И. Менделеев взял за основу их атомный вес. Но при изучении построенной им таблицы элементов великий учёный стремился прежде всего найти естественную, действительно существующую закономерность в изменении свойств элементов в зависимости от массы их атомов. Составляя свою знаменитую таблицу, он руководствовался не только атомным весом, а всей совокупностью свойств каждого отдельного элемента. Он был далёк от мысли придавать атомному весу главное, решающее значение во всех без исключения случаях.

Найдя основную закономерность, определив периодическую зависимость свойств химических элементов от их положения в периодической системе, Д. И. Менделеев сделал отсюда гениальный вывод. Он понял, что знание того, как должны изменяться свойства химических элементов в периоде, какова периодическая повторяемость свойств у разных элементов, даёт в руки химика необык-

новенные возможности — проверять правильность атомных весов элементов, более того, видеть, где, в каком из периодов таблицы, нет «полного набора» элементов, и таким образом строго научно предсказывать существование в природе ещё не открытых элементов!

«Каждый естественный закон, — писал Д. И. Менделеев, — однако, тогда только приобретает особое научное значение, когда из него есть возможность извлекать практические, если можно так выразиться, следствия, то есть такие логические заключения, которые объясняют не объяснённое ещё, указывают на явления, до тех пор неизвестные, и, особенно, когда он даёт возможность делать такие предсказания, которые возможно подтвердить опытом. Тогда очевидна становится польза закона и получается возможность испытать его справедливость».

Великий русский учёный, убеждённый в правоте своих выводов, приступает к исправлению и дополнению своей таблицы.

Так, если считать, что атомный вес урана равен 120, то его место должно находиться где-то посередине периодической таблицы. Но Менделеев видит, что уран по его свойствам должен находиться не в середине, а в самом конце таблицы, и учёный смело исправляет принятый в то время вес урана — увеличивает его вдвое. Проверка атомного веса урана устанавливает, что Менделеев прав. Точно так же Д. И. Менделеев исправил атомные веса элементов индия, церия и других.

Изучая свойства элементов по периодам, великий учёный увидел далее, что периодическая последовательность в изменении свойств химических элементов в отдельных местах нарушается. Так, на месте элемента, родственного алюминию (Al), стоял согласно атомному весу титан (Ti). Но этот элемент обладает совершенно иными свойствами. Более того, если всё же оставить титан на этом месте, то тем самым нарушается последовательность в периодичности свойств и у других элементов.

Для Менделеева, убеждённого в правоте своего закона, было ясно, что на месте титана должен стоять какой-то другой элемент. Но какой? Среди известных элементов, близких по атомному весу к титану, таких элементов не было.

Но учёный был уверен, что такой элемент должен существовать в природе.

И Менделеев оставляет в своей таблице для этого ещё не открытого элемента пустое место с вопросительным знаком. Он даёт этому элементу условное название — э к а а л ю м и н и я («эка» обозначает «один»).

Менделеев подробно описывает свойства этого ещё ни одному человеку в мире неизвестного элемента. В статье, напечатанной в журнале Русского химического общества за 1871 год, он пишет, что атомный вес экаалюминия близок к 68; его удельный вес около 6,0; температура его плавления очень низка — в чистом виде этот металл должен плавиться в руке человека; химическое соединение неизвестного элемента с кислородом — его окись — очень летуча, поэтому всего вероятнее, что новый элемент должен быть открыт при помощи спектрального анализа (об этом особом способе физического исследования см. далее, стр. 47).

«Мы не имели до сих пор никакой возможности, — пишет великий учёный в этой же статье, — предвидеть отсутствие тех или других элементов потому именно, что не имели строгой для них системы, а тем более не имели повода предсказывать свойства таких элементов. Решаюсь сделать это ради того, чтобы хотя со временем, когда будет открыто одно из этих предсказываемых мною тел, иметь возможность окончательно увериться самому и уверить других химиков в справедливости тех предположений, которые лежат в основании предлагаемой мною системы».

Помимо экаалюминия, Менделеев предсказывает также открытие экабора и экакремния — элементов, родственных по их свойствам бору и кремнию.

«Это применение закона периодичности показывает всю его силу и новизну, потому что, должно сознаться, до сих пор мы не имели никаких поводов предсказывать свойства неизвестных элементов, даже не могли судить о недостатке или отсутствии тех или других из них. Открытие элементов было делом одного наблюдения. И оттого-то только слепой случай и особая прозорливость и наблюдательность вели к открытию новых элементов. Теоретического интереса в открытии новых элементов вовсе почти не было и от того важнейшая

область химии, а именно изучение элементов, до сих пор привлекала к себе только немногих химиков. Закон периодичности открывает в этом последнем отношении новый путь...» — так определяет Д. И. Менделеев значение периодического закона для научного предсказания существования в природе неизвестных ещё химических элементов.

6. КАК БЫЛ ПОДТВЕРЖДЁН ЗАКОН МЕНДЕЛЕЕВА

20 сентября 1875 года на заседании Парижской Академии наук было зачитано письмо французского химика Лекок-де-Буабодрана об открытии им нового химического элемента — галлия. Галлий был обнаружен в минерале цинковая обманка при помощи спектрального анализа. Первые же испытания нового элемента показали, что по своим свойствам он очень похож на алюминий.

Это был предсказанный Д. И. Менделеевым в 1871 году экаалюминий.

6 ноября 1875 года в протокол заседания русского химического общества заносится: «Менделеев обратил внимание на то, что элемент, открытый недавно Лекок-де-Буабодраном..., совпадает с должествующим существовать экаалюминием, свойства которого указаны четыре года назад и выведены Менделеевым на основании периодического закона. Если галлий тождественен с экаалюминием, то он будет иметь атомный вес 63, плотность 5,9...».

Все предсказанные Менделеевым свойства нового элемента подтвердились!

Интересно отметить, что Лекок-де-Буабодран на первых порах неверно определил удельный вес галлия. Д. И. Менделеев тут же написал в Париж письмо, указав, что Буабодран ошибся. Французский химик повторил опыт и убедился, что Менделеев прав, — удельный вес галлия оказался равным, как и предсказывал русский химик, около 6—5,94. «Я думаю, — писал он, — нет необходимости настаивать на огромном значении подтверждения теоретических выводов Менделеева относительно плотности галлия».

В 1880 году было получено новое подтверждение закона Менделеева: в Швеции был открыт экабор — скандий

(Sc). Нильсон, открывший этот новый элемент, писал: «Не остаётся никакого сомнения, что в скандии открыт экабор... Так подтверждаются самым наглядным образом мысли русского химика, позволившие не только предвидеть существование названного простого тела, но и наперёд указать его важнейшие свойства».

Третий из предсказанных Д. И. Менделеевым в 1871 году элементов — экакремний — германий — был найден Винклером в 1886 году. Свойства нового элемента почти в точности совпали с предсказанными (см. таблицу).

Таблица совпадения некоторых свойств германия, предсказанных Д. И. Менделеевым и найденных на опыте

Свойства германия	Предсказанные Д. И. Менделеевым	Найденные опытом
Атомный вес	72,00	72,06
Удельный вес	5,50	5,47
Температура кипения хлористого соединения германия (жидкости)	90 градусов	86,5 градуса
Удельный вес хлористого соедине- ния германия	1,90	1,887

«Вряд ли может существовать более яркое доказательство справедливости учения о периодичности элементов...», — писал о своём открытии Винклер.

Так блестяще был подтверждён великий закон Менделеева.

«Писавши в 1871 году статью о приложении периодического закона к определению свойств ещё не открытых элементов, — писал Д. И. Менделеев, — я не думал, что доживу до оправдания этого следствия периодического закона, но действительность ответила иначе».

Теперь великое открытие русского химика было признано во всём мире.

Оценивая это открытие, Ф. Энгельс писал, что Менделеев совершил научный подвиг.

Закон Менделеева ещё раз подтверждает одно из основных положений диалектического материализма.

Товарищ Сталин в своей работе «Анархизм и социализм» указывает, что «...мелкие, количественные, изменения, в конце концов, приводят к большим, каче-

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы							
		I	II	III	IV	V	VI		
1	I	H 1 Водород 1,0080							
2	II	Li 3 Литий 6,940	Be 4 Бериллий 9,02	B 5 Бор 10,82	C 6 Углерод 12,010	N 7 Азот 14,008	O 8 Кислород 16,000		
3	III	Na 11 Натрий 22,997	Mg 12 Магний 24,32	Al 13 Алюминий 26,97	Si 14 Кремний 28,06	P 15 Фосфор 30,98	S 16 Сера 32,066		
4	IV	K 19 Калий 39,096	Ca 20 Кальций 40,08	Sc 21 Скандий 45,10	Ti 22 Титан 47,90	V 23 Ванадий 50,95	Cr 24 Хром 52,01		
	V	29 Cu Медь 63,54	30 Zn Цинк 65,38	31 Ga Галлий 69,72	32 Ge Германий 72,80	33 As Мышьяк 74,91	34 Se Селен 78,96		
5	VI	Rb 37 Рубидий 85,48	Sr 38 Стронций 87,63	Y 39 Иттрий 88,92	Zr 40 Цирконий 91,22	Nb 41 Ниобий 92,91	Mo 42 Молибден 95,96		
	VII	47 Ag Серебро 107,88	48 Cd Кадмий 112,41	49 In Индий 114,76	50 Sn Олово 118,70	51 Sb Сурьма 121,76	52 Te Теллур 127,61		
6	VIII	Cs 55 Цезий 132,91	Ba 56 Барий 137,36	La 57* Лантан 138,92	Hf 72 Гафний 178,6	Ta 73 Тантал 180,88	W 74 Вольфрам 183,92		
	IX	79 Au Золото 197,2	80 Hg Ртуть 200,61	81 Tl Таллий 204,39	82 Pb Свинец 207,21	83 Bi Висмут 209,60	84 Po Полоний 210		
7	X	Fr 87 Франций 223	Ra 88 Радий 226,08	Ac 89** Актиний 227,05	(Th)	(Pa)	(U)		
* 58-71		Ce 58 Лантаниды 140,18	Pr 59 Прозердий 140,92	Nd 60 Неодим 144,27	Pm 61 Прометий 147	Sm 62 Самарий 150,43	Eu 63 Европий 152,0	Gd 64 Гадолиний 156,9	Tb 65 Тербий 159,2
** 90-98		Th 90 Актиниды 232,12	Pa 91 Протактиний 231	U 92 Уран 238,07	Np 93 Нептуний 237	Pu 94 Плутоний 239	Am 95 Америций 241	Cm 96 Кюрий 242	Bk 97 Берклий

Рис. 8. Современная периодическая таблица элементов

Э Л Е М Е Н Т О В										Расположение электронов по орбитам в атомах нулевой группы: слои в порядке удаления от ядра							
VII		VIII				0					1	2	3	4	5	6	7
						He 2 Гелий 4,003					2						
9 F Фтор 19,00					Ne 10 Неон 20,183					2	8						
17 Cl Хлор 35,457					Ar 18 Аргон 39,944					2	8	8					
Mn 25 Марганец 54,93	Fe 26 Железо 55,85	Co 27 Кобальт 58,94	Ni 28 Никель 58,69														
35 Br Бром 79,916					Kr 36 Криптон 83,7					2	8	18	8				
Tc 43 Технеций 99	Ru 44 Рутений 101,7	Rh 45 Родий 102,91	Pd 46 Палладий 106,7														
53 J Йод 126,92					Xe 54 Ксенон 131,3					2	8	18	18	8			
Re 75 Рений 186,31	Os 76 Осмий 190,2	Ir 77 Иридий 193,1	Pt 78 Платина 195,23														
85 At Астатин 211					Rn 86 Радон 222					2	8	18	32	18	8		
										Порядковый номер							
										Символ							
										Название							
										Атомный вес							
Dy 66 Диспрозий 162,46	Ho 67 Гольмий 164,94	Er 68 Эрбий 167,2	Tu 69 Тулий 169,4	Yb 70 Иттербий 173,04	Lu 71 Лютеций 174,99												
Cf 98 Калифорний																	

17

Cl

Хлор

35,457

дическая система элементов.

ственным, изменениям... Этот закон в равной мере имеет силу в истории природы. Менделеевская „периодическая система элементов“ ясно показывает, какое большое значение в истории природы имеет возникновение качественных изменений из изменений количественных».

Столь же блестяще подтвердились и все другие научные предсказания Д. И. Менделеева. Всего им было предсказано существование одиннадцати химических элементов, в том числе открытие ряда тяжёлых элементов — полония, рения, протактиния и других.

В конце прошлого века были открыты упомянутые нами ранее инертные, недеятельные газы — аргон и другие. По своим свойствам эти газы отличались от всех известных элементов. Они не давали никаких химических соединений с другими элементами (в наше время некоторые из таких газов — аргон и неон — используются в газосветных трубках — лампах «холодного света»).

Встал вопрос: куда поместить их в таблице Менделеева? Затруднение было разрешено просто. Инертные газы — всего их было открыто шесть — были помещены в отдельную, нулевую группу (см. современную периодическую систему элементов на стр. 40). Заканчивая периоды, эти газы как бы закрывают разрыв в свойствах между последним в периоде наиболее активным металлоидом и первым в следующем периоде наиболее активным металлом. Что в природе должны существовать эти элементы, об этом говорил сам Менделеев. В 1870 году он писал, что заметно отсутствие элементов между водородом и литием и между натрием и фтором. Именно на этих местах теперь и стоят инертные газы гелий и неон.

Существование в природе инертных газов предсказал и русский учёный-революционер Н. А. Морозов. В своей книге «Периодические системы строения вещества», написанной в царской тюрьме, он задолго до открытия инертных газов поместил периодическую таблицу с нулевой группой и указал атомные веса неоткрытых химических элементов этой группы.

Современная периодическая система химических элементов приведена на рисунке 8.

Как видно из этого рисунка, все элементы расположены в десяти горизонтальных рядах, составляющих семь периодов — коротких и длинных.

Периоды заключают в себе разное число элементов — в первом периоде—всего два элемента — водород и гелий; во втором и третьем—по восемь элементов; в четвёртом и пятом — по восемнадцать; в шестом, самом большом периоде таблицы, заключено тридцать два химических элемента; здесь в клетке под № 57 помещается сразу 15 элементов — от Лантана до лютеция, очень похожих по химическим свойствам друг на друга; это — так называемые «редкоземельные» элементы или л а н т а н и д ы ; они выделяются обычно в отдельную группу (см. внизу таблицы на рис. 8); и, наконец, последний, седьмой, неполный период включает в себя двенадцать химических элементов; сюда входят особой группой так называемые а к т и н и д ы , в числе которых находятся и все элементы с атомным весом, большим атомного веса урана; начинается этот период с искусственно полученного элемента франция и обрывается также искусственно полученным калифорнием.

Всего до настоящего времени получено искусственно 10 химических элементов; это — технеций (№ 43), прометий (№ 61), астатин (№ 85), франций (№ 87) и шесть заурановых элементов (см. об них далее, стр. 59).

Каждый из первых шести периодов заканчивается инертным газом.

Расположение элементов в горизонтальных рядах таково, что сходные друг с другом химические элементы располагаются в одних и тех же вертикальных столбцах — группах. Всего групп в таблице девять.

* *

*

Великий закон Менделеева ответил на вопрос, из каких элементов состоит мир. «Кирпичами» мироздания являются не элементы-свойства учёных древнего мира, не «философские» сера и ртуть алхимиков, а вполне материальные, химические элементы, объединённые в единую систему.

Периодический закон ясно показывал, какие ещё могут быть открыты химические элементы. Слепым поискам

неизвестных простых тел природы был положен конец. -Бессмысленно было искать теперь, скажем, неизвестный щелочной элемент между литием и натрием, ибо такого элемента в природе нет.

Прекрасно понимая всё исключительное значение периодического закона как объективного закона природы, Д. И. Менделеев писал: «Он (т. е. закон) рисуется ныне в виде новой, отчасти только раскрытой, глубокой тайны природы... и я, как русский, горжусь тем, что участвовал в его установлении».

Закон Менделеева явился могучим помощником человека в познании природы.

И в первую очередь он показал материальное единство Вселенной.

7. ИЗ ЧЕГО СОСТОЯТ ЗВЁЗДЫ

Из каких химических элементов состоят различные окружающие нас тела — воздух, вода, земля, горные породы, растения и животные? Из чего состоят солнце и звёзды?

Эти вопросы давно интересовали человека.

Уже в прошлом веке были произведены детальные анализы многочисленных горных пород, составляющих земной шар. Результат оказался неожиданным. При всём разнообразии встречающихся в земной коре горных пород оказалось, что они состоят главным образом из немногих химических элементов — кремния и кислорода, железа и алюминия, кальция и магния, натрия и калия и некоторых других. Эти элементы входят в состав земной коры в виде соединений с кислородом.

Более всего в составе земной коры (до глубины 16 километров) кислорода; он составляет около 50 процентов всего её вещества. Четвёртую часть коры земного шара занимает кремний. Около семи-восьми процентов её вещества по весу падает на долю алюминия и около четырёх — на долю железа. Магний, кальций, калий и натрий, вместе взятые, составляют немного более 10 процентов от массы земной коры; и всего несколько процентов вещества земной коры состоит из остальных восьми десятков химических элементов,

Некоторые из этих элементов, такие, как олово, медь, хром, никель и другие, находятся в земле в виде рудных скопления — рудных залежей.

Другие элементы рассеяны в земной коре.

К таким относятся; например, скандий, гафний и другие. Эти элементы носят название «редкие», хотя общее количество таких «редких» элементов в земле не так уж мало. Часто их больше, чем обычных, «нередких» элементов. Так «редкого» элемента циркония в земной коре во много раз больше, чем свинца.

«Редкими» такие элементы называют потому, что они рассеяны в земле и извлечение их из горных пород — очень трудоёмкое дело.

С глубиной процентное содержание химических элементов меняется. Увеличивается содержащее железа и магния, уменьшается количество кислорода, натрия, калия, алюминия, кремния. По предположениям учёных, ядро Земли состоит в основном из железа.

Изучением распространения и истории химических элементов в земной коре занимается молодая наука — геохимия. Эта наука создана трудами выдающихся советских учёных В. И. Вернадского и А. Е. Ферсмана.

Очень «беден» химический состав веществ и органического, «живого» происхождения. Десятки тысяч разнообразнейших органических тел природы состоят главным образом из 6—8 веществ — углерода, азота, кислорода, водорода и некоторых других.

Был определён и состав воздуха. Главными составными его частями являются азот и кислород (помимо этих элементов, в составе воздуха находятся газы аргон, неон, гелий, криптон, ксенон и углекислый газ).

Таким образом, химические вещества, которые входят в менделеевскую таблицу, образуют разнообразные вещества живой и неживой природы.

В настоящее время химикам известно, например, какие химические элементы входят в состав тел животных. И здесь, оказывается, мы встречаемся с теми же элементами — с кислородом и углеродом, с азотом и кальцием, серой и фосфором, с натрием и калием.

В прошлые века многие из учёных полагали, что тела живой и неживой природы — это несравнимые вещи. Одно дело, например, «мёртвый» камень и совсем дру-

гое — какой-нибудь растительный или животный организм. Камень и любое другое тело неживой природы можно научиться создавать искусственным путём. Получить же искусственно какое-либо вещество живой природы якобы невозможно. В их создании участвует особая «жизненная сила».

Такие взгляды особенно рьяно поддерживали церковники. Они видели в них подтверждение существования бестелесной, таинственной и неуловимой души.

Наука опровергла эти ненаучные взгляды. Около 120 лет назад была впервые искусственно получена мочеви́на — вещество, которое до того создавалось только живыми организмами.

А немного позже известный русский химик Н. Н. Зинин разработал получение из бензола основы красителей — анилина. Раньше анилин получали из природного красителя — индиго.

В наши дни химики создают искусственным путём не только многие сотни веществ «живого» происхождения, но получают и такие органические вещества, которых не создаёт живая природа!

Таким образом, материальное единство окружающего нас мира теперь доказано наукой.

Все многочисленные тела как живой, так и неживой природы состоят из мельчайших материальных частичек — атомов различных химических элементов. Число этих химических элементов и их единство определяются великим законом природы — периодическим законом Д. И. Менделеева.

Но возникает ещё вопрос, требующий ответа. Из какого вещества, из каких элементов состоят небесные тела, звёзды и планеты? Справедлив ли закон Менделеева и для Вселенной?

Современная наука даёт ответ и «а этот вопрос. Да, справедлив.

Уже издавна люди наблюдали падение на землю «небесных камней» — метеоритов. В прежние времена таким камням нередко даже поклонялись, как «посланцам богов». В настоящее время мы знаем, что метеориты — это обломки других небесных тел Вселенной.

Естественно, что очень интересно выяснить, из каких химических элементов состоят «небесные камни».

Многочисленные анализы метеоритов, как каменных, так и железных, показали, что осколки вещества, попадающие к нам из глубин Вселенной, состоят из тех же химических элементов, которые объединяет таблица Менделеева.

Ни одного нового, неизвестного нам на земле элемента в составе метеоритов нет!

Определён теперь и состав раскалённых небесных тел — солнца и звёзд. Об этом человеку рассказали лучи света, приходящие на Землю от далёких звёзд.

В середине прошлого века философ-идеалист О. Конт, пытаясь доказать, что наше познание природы ограничено, приводил такой пример: человек никогда не узнает, из чего состоят звёзды и солнце, какова температура этих небесных тел и т. д. Ведь солнце и звёзды — это раскалённые небесные тела. Если даже предположить, что в отдалённом будущем люди построят межпланетные летательные аппараты, они всё равно не смогут приблизиться к поверхности солнца и звёзд, так как температура этих небесных тел очень высока.

Наука опровергла ложные доводы этого философа.

Всего несколько лет спустя после этого высказывания Конта был открыт новый плодотворный способ исследования небесных тел — спектральный анализ.

Сущность этого способа, коротко говоря, состоит в следующем: белый свет, который мы наблюдаем в жизни, при определённых условиях разлагается на цветные лучи. В этом можно убедиться при помощи очень простого опыта. Поставьте на пути луча света кусок стекла, имеющий вид клина, так называемую трёхгранную призму (рис. 9).

Проходя через такую призму, свет меняет своё прямое направление или, как говорят, преломляется в ней и одновременно разлагается на составляющие его цветные лучи. Образуется так называемый спектр цветных лучей. В спектре принято выделять семь цветов: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий и фиолетовый, переходящие друг в друга.

Объясняется это явление тем, что лучи разных цветов по-разному преломляются в трёхгранном куске стекла — менее других отклоняются в призме красные лучи, более всех других лучей — фиолетовые.

Изучая спектры света от различных источников, учёные обнаружили одну замечательную их особенность. Свет, который исходит от раскалённых твёрдых и жидких тел, даёт всегда сплошной спектр, т. е. цветные лучи-полоски следуют в нём друг за другом и всегда в одном и том же порядке.

Совсем иной спектр получается, если свет испускают раскалённые пары какого-либо вещества. Этот спектр состоит из тонких цветных линий, разделённых тёмными полосками. Такой спектр называется *линейчатым*.

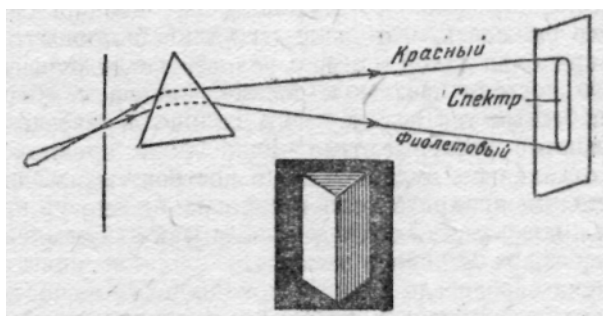


Рис. 9. Трёхгранная призма разлагает свет в спектр.

И вот оказывается, что каждый химический элемент имеет свой, отличный от других линейчатый спектр. Например, раскалённые пары натрия дают спектр, состоящий из двойной жёлтой линии; в спектре паров элемента лития имеются характерные — одна красная и одна оранжевая — линии; раскалённые пары калия показывают две характерные линии — красную и фиолетовую и т. д.

Открытие этой замечательной особенности — способности веществ давать свой, отличный от других спектр излучения, когда они находятся в состоянии раскалённых газов, и явилось основой необычайно чувствительного спектрального анализа*). С помощью этого способа исследования в первые же годы его применения было от-

*) Подробно о спектральном анализе рассказывается в книге «Научно-популярной библиотеки» — С. Г. Суворов «О чём говорит луч света».

крыто несколько новых, ранее неизвестных химических элементов (в том числе упомянутый ранее галлий). Содержание этих элементов в земле очень рассеяно, поэтому ранее они ускользали от внимания исследователя. Способ спектрального исследования тел природы позволил обнаруживать миллионные и миллиардные доли грамма вещества.

Каждое новое простое тело давало о себе знать новым сочетанием цветных линий в спектре, новым линейчатым спектром.

Спектральное исследование лучей света, идущих от небесных тел, и позволило определить, из каких элементов состоят звёзды.

Ещё до открытия линейчатых спектров было замечено, что спектр солнечных лучей, который долгое время считали сплошным, на самом деле не сплошной, а пересекается множеством тонких тёмных линий.

. Разгадка этих линий была найдена после открытия спектрального анализа. Оказывается, тёмные линии образуются в спектре потому, что свет на своём пути проходит через несветящиеся пары некоторых элементов. Так, например, если свет проходит через охлаждённые пары калия, то в сплошном спектре, в местах, где располагаются цветные линии этого элемента—красная и фиолетовая, — появятся соответственно две тёмные линии.

Такие спектры, состоящие из тёмных линий на фоне цветных полос, называют спектрами поглощения.

Спектры поглощения и помогли узнать состав небесных тел.

Изучение спектра поглощения солнечных лучей показало, что солнечный свет проходит на своём пути через более холодные пары очень многих химических элементов — железа, водорода, гелия, натрия, кальция, кремния и других.

Возник вопрос: где же находятся эти пары? Дать на него ответ не представляло трудности. Известно, что в атмосфере Земли нет паров всех тех элементов, о которых говорит солнечный свет. Не могут эти элементы находиться также в межзвёздном пространстве, и вот по какой причине. Спектры поглощения света, идущего от

разных звёзд, различны. Значит, свет разных звёзд встречает на своём пути к Земле разные химические элементы (в виде охлаждённых, несветящихся паров). Отсюда ясно, что все те химические элементы, о которых говорят солнечный свет и свет звёзд, находятся в виде паров у самого Солнца, у самой звезды в их внешних, более холодных слоях. Обнаруженные исследованием элементы должны, следовательно, входить в состав этих небесных тел.

Изучение спектров солнечного света показало, что атмосфера Солнца состоит в основном из паров таких химических элементов, как натрий, железо, кальций, кремний и другие. Более плотная часть атмосферы Солнца — хромосфера — содержит в себе главным образом водород, а также гелий.

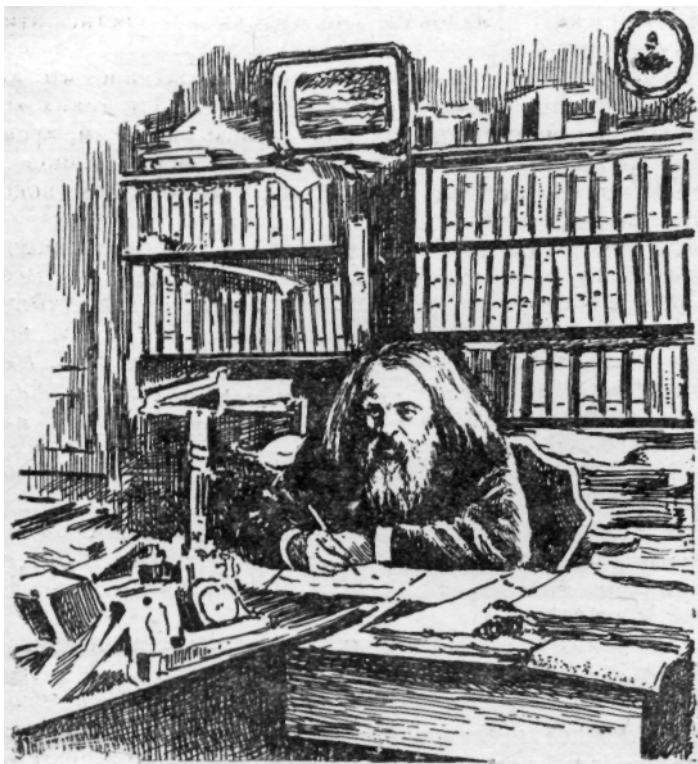
Изучение спектров небесных тел с неопровержимой убедительностью доказало материальное единство Вселенной. Многочисленные спектры Солнца, звёзд, туманностей показали, что ни на одном из небесных тел нет таких элементов, которые были бы неизвестны нам, жителям Земли, нет элементов, которые не входят в периодическую таблицу элементов Д. И. Менделеева. Так, в настоящее время на Солнце найдено уже более 60 химических элементов и все они известны нам по таблице Менделеева.

Весь звёздный мир, вся Вселенная, бесконечно разнообразная, состоит из одних и тех же основных веществ мироздания. Мир, во всём своём многообразии, един по своей природе!

«...рождается вопрос: конечно или бесконечно число элементов?», — писал Д. И. Менделеев в 1871 году в своей статье «Периодическая законность для химических элементов» и давал на него ответ: «Судя по ограниченности и, так сказать, замкнутости системы известных поныне элементов, судя по тому, что в метеорных камнях, на солнце и звёздах существуют те же элементы, какие мы знаем, судя по тому, что при высоком атомном весе сглаживаются... свойства элементов... можно думать, что число доступных нам элементов очень ограничено, и если существуют немногие новые тяжёлые элементы внутри массы земли, то число и количество их очень ограничено».

8. СОВРЕМЕННАЯ ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ

В 1905 году, незадолго до смерти, Д. И. Менделеев писал: «периодическому закону будущее грозит не разрушением, а только надстройкой и развитие быть обещаются».



Д. И. Менделеев в последние годы жизни.

История дальнейшего развития науки показала всю справедливость этого предвидения.

Конец XIX и начало XX века ознаменовались рядом крупных научных открытий в области физики и химии. Эти открытия заставили учёных коренным образом пере-

смотреть представление об атоме и в особенности об атомном весе, этом наиболее индивидуальном качестве химического элемента, на которое опирался в своей работе Д. И. Менделеев.

В 1895 году Рентгеном были открыты новые, неизвестные дотоле, лучи с большой проникающей способностью*).

В поисках других подобных лучей профессор Беккерель открыл в следующем году вещество, которое самопроизвольно, без влияния внешнего воздействия, испускает лучи, обладающие огромной проникающей способностью. Это было соединение урана. Явление самопроизвольного распада было названо радиоактив-

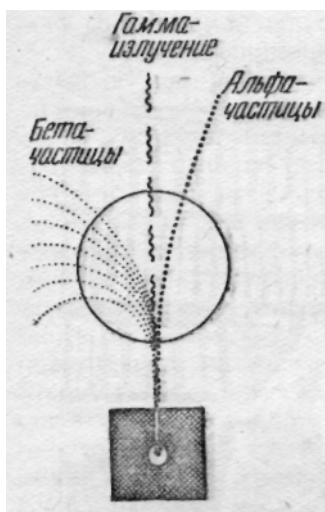


Рис. 10. Действие магнитного поля на радиоактивное излучение.

ностью (излучением).

Вскоре была установлена природа радиоактивного излучения. Как оказалось, при радиоактивном распаде вещества выделяются три рода лучей: они были названы альфа-, бета- и гамма-лучами (альфа, бета и гамма — первые буквы греческого алфавита).

Альфа- и бета-лучи отклоняются в магнитном поле и, следовательно, являются электрически заряженными (рис. 10).

Гамма-лучи магнитным полем не отклоняются; по природе они родственны лучам Рентгена.

Дальнейшее исследование радиоактивных лучей выявило, что альфа-лучи представляют собой поток положительно заряженных частиц, масса которых равна массе атома гелия. Бета-лучи несут на себе отрицательные электрические заряды.

Таким образом, открытие радиоактивных веществ показало, что атом не является простейшей неделимой частичкой.

И действительно, вскоре было установлено, что атом состоит из положительно заряженного ядра, вокруг которого на определённых расстояниях вращаются отрицательно заряженные частицы — электроны*). Электроны образуют так называемые электронные оболочки атома. Заряд ядра атома уравнивается суммой зарядов находящихся в нём электронов.

Хотя ядро атома занимает ничтожно малую часть объёма атома, в нём сосредоточена почти вся его масса.

Самым простейшим атомом является атом водорода. Он имеет ядро, несущее на себе один положительный заряд, и один электрон, который вращается вокруг ядра.

Электроны располагаются в атомах как бы по слоям, распределены в них на определённых уровнях, причём в каждом слое может находиться только определённое число электронов. Например, первый слой «вмещает» всего два электрона.

Атомы, как уже говорилось, в целом электронейтральны. Однако при известных условиях они способны терять из внешней оболочки свои электроны или, наоборот, захватывать на свою внешнюю оболочку «чужие» электроны. В этом случае атом становится электрически заряженной частичкой — ионом.

Притягиваясь друг к другу, различно заряженные ионы — положительные и отрицательные — образуют молекулы сложных веществ.

Металлы относятся к элементам, которые легко отдают свои электроны. Наоборот, неметаллы — металлоиды — стремятся «захватить» во внешнюю оболочку «лишние» электроны.

Некоторые элементы имеют свойства как металлов, так и неметаллов. Их называют амфотерными.

Способность отдельных атомов отдавать определённое число электронов или присоединять их определяет так называемые валентные свойства элементов, то-есть способность атомов различных элементов вступать в определённые численные соединения друг с другом.

*) Подробнее о строении атома см. брошюру в серии «Научно-популярная библиотека» — Г. А. Зисман, «Мир атома».

Исследования строения атома показали связь между химическими свойствами элементов и строением электронных оболочек атома.

Возьмём для примера химический элемент литий (Li). В его электронной оболочке имеется три электрона. Два из них располагаются в первом слое, а третий образует новый слой, удалённый от ядра на большее расстояние. Этот последний электрон менее устойчив в системе; атом может легко его отдать, превращаясь при этом в положительно заряженную частицу — положительный ион.

Благодаря этому литий и принадлежит к химически активным элементам.

У каждого следующего за литием элемента — вплоть до неона — во внешнем электронном слое прибавляется по одному электрону. Неон завершает собой второй период таблицы Менделеева; в его внешнем электронном слое все восемь мест оказываются занятыми. У неона очень трудно «изъять» любой из восьми электронов его наружного электронного слоя.

Именно поэтому неон и является инертным газом: только с большим трудом он вступает в химические соединения с другими элементами.

Новый — третий — период в системе Менделеева начинается элемент натрий. У этого элемента 11 электронов, из них 10 находятся в ближних к ядру двух электронных слоях, полностью завершённых, а последний, одиннадцатый, начинается собой «застройку» нового, третьего, внешнего электронного слоя. Этот одиннадцатый электрон ещё легче, чем у лития, может быть оторван от атома, так как он находится ещё дальше от ядра. Поэтому натрий, как и литий, характеризуется высокой химической активностью.

Третий период заканчивает аргон; он, как и неон, входит в группу инертных газов. Его внешний электронный слой заполнен уже целиком, включая в себя также 8 электронов, и он поэтому «безразличен» к другим химическим элементам.

Таким образом, завершённой электронной группировкой (слоем) в атоме заканчивается период химических элементов в таблице Менделеева. Первому периоду соответствует слой, состоящий из двух электронов. Второму

и третьему — соответствует слой из восьми электронов. Далее следуют четвёртый и пятый периоды (см. таблицу Менделеева), объединяющие в электронных слоях по 18 электронов.

Шестой период, состоящий из 32 элементов, содержит электронный слой, имеющий 32 электрона.

У инертных элементов этих периодов внешняя электронная оболочка состоит из такой же устойчивой, «завершённой» группировки электронов, какую имеют неон и аргон.

Седьмой период — незаконченный, он не имеет завершённой электронной оболочки.

Если мы проследим, как в связи со строением электронных оболочек атомов изменяются химические свойства элементов, то мы увидим, что с увеличением числа электронов во внешней оболочке атомов каждого периода, постепенно уменьшается способность атомов терять свои «внешние» электроны.

Одновременно с этим начинает проявляться другая способность атомов — легко «достраивать» свою внешнюю электронную оболочку до наиболее устойчивой структуры, то-есть, до восьми электронов. Эта способность наибольшая у электронов 7 группы, — у фтора, хлора и других. Поэтому атомы этих элементов легко образуют отрицательно заряженные ионы.

Каждая группа элементов в периодической таблице объединяет в себе элементы, родственные по их химическим свойствам. Решающую роль в этом играет структура внешней электронной оболочки.

Зная, в какую группу входит тот или иной элемент, можно заранее предугадать его химические свойства и родство с другими элементами.

Элементы средних групп, в особенности четвёртой (например, углерод, кремний, олово, свинец), как мы уже теперь легко можем сами подсчитать, содержат на внешней оболочке 4 электрона. Элементы этих групп имеют или очень слабо выраженные свойства металлоидов или свойства металлоидов (например, углерод, кремний) или свойства металлов и металлоидов одновременно. К таким элементам относятся, например, олово и свинец. Эти элементы обладают одинаковой способностью образовывать как положительно, так и отрицательно заряженные ионы.

Изучение электронного строения атомов показало также, что место химического элемента в таблице Д. И. Менделеева определяется не атомным весом элемента, а величиной заряда его ядра. Положительный заряд ядер различных химических элементов различен: заряд ядра водорода, как говорилось, равен единице, заряд ядра атома гелия равен двум, лития — трём единицам и т. д. Иными словами, заряд ядра у различных атомов численно совпадает с порядковыми номерами химических элементов в таблице Менделеева. Так, заряд ядра лития равен трём единицам и его порядковый номер в таблице — три, заряд ядра натрия 11, таков же и его порядковый номер в таблице и т. д.

Таким образом, в настоящее время периодический закон Д. И. Менделеева формулируется следующим образом: свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от их порядковых номеров.

Число, определяющее величину заряда атомного ядра и порядковый номер химического элемента, часто называют теперь числом Менделеева.

Очень интересно отметить, что при распределении элементов в своей таблице Д. И. Менделеев безошибочно поставил на свои места такие элементы, как кобальт и никель, иод и теллур. Как теперь установлено, такое их расположение, хотя оно и нарушает последовательность в возрастании атомных весов, в точности соответствует заряду ядер атомов этих элементов!

Изучение радиоактивности привело учёных к открытию, что среди радиоактивных элементов имеются такие, которые, несмотря на различие в атомном весе, обладают совершенно одинаковыми химическими свойствами. Эти элементы не могут быть химически отделены друг от друга.

Такие элементы были названы изотопами.

Существование изотопов химических элементов было предсказано знаменитым русским химиком А. М. Бутлеровым в 1882 году.

Дальнейшие исследования показали, что изотопы имеются не только среди радиоактивных, но и среди боль-

шинства элементов периодической системы. В природе химические элементы оказались «смешанными», состоящими из нескольких изотопов.

В настоящее время известно до 800 различных изотопов.

Явление изотопии изменило весь внешний облик периодической системы. Как теперь установлено, существуют многие группы химических элементов — изотопов, каждая из которых занимает только одну клетку, одно место в таблице Менделеева.

Явление изотопии дало также возможность объяснить нарушения в последовательности атомных весов элементов, встречающихся в таблице Д. И. Менделеева, — у теллура, иода и других.

Дальнейшее уточнение и пополнение таблицы Менделеева принесло изучение атомного ядра.

Первое расщепление атомного ядра было произведено свыше 30 лет назад, в 1919 году, когда при облучении («бомбардировке») атомов азота альфа-частицами, вылетающими при распаде радия, были получены атомы одного из изотопов кислорода (с атомным весом 17). В опытах по расщеплению ядер было установлено, что в состав ядер входят положительно заряженные элементарные частицы — протоны, или, иными словами, ядра атомов водорода (как известно, заряд ядра атома этого элемента равен единице и является поэтому минимальным положительным зарядом ядерной частицы).

Было предположено, что в состав атомных ядер входят протоны и электроны. Однако это предположение оказалось неверным.

В 1932 году при «бомбардировке» альфа-частицами атомов элемента бериллия была открыта новая частица, входящая в состав атомного ядра, названная нейтроном. Масса этой частицы почти точно равна массе протона, но в отличие от него нейтрон не несёт никакого заряда.

Открытие нейтрона позволило установить строение атомных ядер. Советский физик Д. Д. Иваненко предложил рассматривать ядро как систему, состоящую из нейтронов и протонов.

Таким образом, на основе известных нам теперь данных можно считать, что все атомы химических элементов

построены из трёх основных частиц: протонов, нейтронов и электронов.

Первые две частицы определяют строение ядра, а также величину атомного веса, а электроны — внешнюю оболочку атома.

Было установлено, что для каждого ядра существуют определённые соотношения протонов и нейтронов, в противном случае ядро перестаёт быть устойчивым.

Если каким-нибудь образом изменить соотношение нейтронов и протонов в ядре, то при избытке первых в ядре происходит превращение нейтронов в протоны с излучением одного электрона, который увеличивает тем самым заряд ядра на одну единицу. Наоборот, при избытке протонов последние превращаются в нейтроны, излучая при этом положительно заряженную элементарную частицу — позитрон, — и заряд ядра понижается на единицу.

Наиболее устойчивой комбинацией протонов и нейтронов считается такое их количество, которое соответствует образованию альфа-частицы, т. е. два протона и два нейтрона.

Дальнейшие исследования состава ядер отдельных элементов показали, что у лёгких атомов число нейтронов и протонов равно, и поэтому такие атомы устойчивы.

Но по мере возрастания атомного веса избыток нейтронов становится всё более значительным. А начиная с элемента № 81 (таллий), эта разница в соотношении нейтронов и протонов возрастает ещё быстрее. Вот почему среди элементов, следующих за таллием, мы находим большое число естественных радиоактивных элементов.

Новые достижения в науке об атомном ядре дали работы супругов Жолио-Кюри. При облучении альфа-частицами полония, алюминия и бора были получены искусственные неустойчивые радиоактивные ядра фосфора и азота. Это привело к получению большого числа искусственных радиоактивных веществ почти для всех элементов.

Открытие явления искусственной радиоактивности привело учёных также к открытию последних четырёх недостающих элементов периодической таблицы с атом-

ными номерами 43, 61, 85 и 87. Все эти элементы были впервые получены как продукты радиоактивного распада искусственных радиоэлементов.

Элемент № 43 — технеций (Tc) — был открыт в 1937 году при «бомбардировке» молибдена нейтронами и ядрами изотопа водорода — так называемого тяжёлого водорода. Опыты показали, что технеций по своим свойствам гораздо больше похож на более тяжёлый, родственный ему элемент — рений, чем на вышестоящий в группе марганец.

Назван он был технецием потому, что был первым элементом, полученным искусственным путём.

Элемент № 61 — прометий (Pm) — был найден при исследовании продуктов деления ядер атомов урана. Этот элемент входит в состав группы редкоземельных элементов и по своим свойствам похож на предшествующий ему элемент неодим (см. таблицу Менделеева).

Элемент № 85 — астатин (At) — был получен из висмута действием альфа-частиц. При низких температурах он летуч. Учёные, открыв этот элемент, дали ему название нестабильный, что по-гречески и означает астатин (так как это единственный галоген, не имеющий стабильных изотопов).

И, наконец, элемент № 87 — франций (Fr) — был получен при альфа-распаде актиния. Это наиболее тяжёлый из всех известных нам щелочных металлов.

Существование технеция, астатина и франция также было предсказано Менделеевым.

Чтобы закончить рассмотрение периодического закона химических элементов, необходимо ещё остановиться на проблеме получения новых элементов выше № 92, так называемых трансурановых или заурановых элементов.

Попытки найти или получить заурановые элементы делались уже давно, но получены эти элементы были лишь после того, как в 1939 году было открыто явление раскалывания ядер урана нейтронами.

Процесс распада атомов урана состоит в следующем. Уран встречается в природе в виде смеси изотопов с массой главным образом 235 и 238. Урана с массой 235 очень мало — не более 0,7 процента, остальная часть приходится на уран 238.

При обстреле атомов урана нейтронами уран 235 захватывает один нейтрон и превращается в уран с массой 236. Этот изотоп неустоек и в свою очередь приводит к распаду ядра с цепью радиоактивных превращений. При этом, — что очень важно, — всегда освобождается два-три нейтрона, которые могут вызвать продолжение такой, как называют учёные, цепной ядерной реакции. Это означает, что если вылетевшие нейтроны вновь попадут в следующее ядро урана 235, они будут продолжать реакцию деления ядра и т. д. Эта реакция и является основой для получения атомной или вернее ядерной энергии.

Иначе ведёт себя изотоп урана с массой 238. При его обстреле медленными нейтронами последние захватываются ядром. Ядро переходит в неустойчивое состояние, в результате чего оно выбрасывает из себя бета-частицу сначала одну, а затем и другую. Заряд ядра при этом изменяется, и мы получаем новые элементы с порядковыми номерами 93 и 94.

Эти элементы были названы нептунием и плутонием.

Так претворена была в жизнь мысль учёных о получении искусственных элементов через ряд радиоактивных превращений.

Нептуний, а за ним плутоний были открыты в 1940 году.

В последующие годы получены были изотопы нептуния, наиболее устойчивым из которых является нептуний с массой 237.

Известны изотопы и плутония. Наиболее интересным оказался изотоп с массой 239 — он хотя и радиоактивен, но распадается очень медленно.

В настоящее время получены также и другие транс-урановые элементы с порядковыми номерами — 95 (америций), 96 (кюриль), 97 (берклий) и 98 (калифорний).

Америций с массой 241 распадается медленно, что позволило исследовать химические свойства этого элемента. Удалось даже получить его в виде соединения.

Изотоп кюрия с массой 242 также распадается медленно, испуская альфа-частицы, что также позволило учёным изучить его химические свойства.

Все трансурановые элементы составляют особую группу, сходную с группой редкоземельных элементов.

Эта группа объединяет в себе элементы, начиная от № 89 (актиния) и далее до № 98. Именуется она, как уже говорилось, группой актинидов.



Таков путь развития взглядов на природу основных веществ мироздания — химических элементов.

Многое изменилось с того времени, когда Менделеев впервые расположил химические элементы в их естественной последовательности.

Претерпела изменение основная характеристика атомов, данная Д. И. Менделеевым, — атомный вес. Его заменил порядковый номер элемента, или, иначе говоря, заряд ядра атома.

Однако ни явление изотопии, ни открытие и получение новых элементов, ни ряд других фактов не потрясли здания, сооружённого гениальным предвидением Менделеева. Наоборот, все эти факты только укрепили это здание, подтвердили правильность и незыблемость великого закона природы, открытого одним из величайших химиков мира, русским учёным Дмитрием Ивановичем Менделеевым.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Великий закон Д. И. Менделеева является в наши дни могущественным орудием науки, опорой современной физики и химии.

Периодический закон — яркий светоч на пути каждого исследователя природы, ставящего своей целью изучение строения вещества.

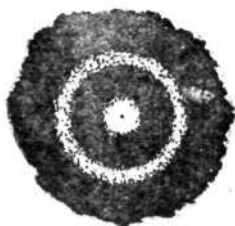
Этому закону мы обязаны знанием основных веществ мироздания. Многие тайны атома были открыты с помощью закона великого русского химика; он дал нам возможность овладеть ядерной (атомной) энергией.

Закон Д. И. Менделеева помогает изучать процессы, происходящие в недрах небесных тел; позволяет устанавливать закономерности в распределении и распространённости химических элементов в земной коре; на-

ходить правильные пути в изготовлении новых материалов, необходимых для нашей бурно развивающейся техники.

Советские учёные, представители самой передовой науки, совершенствуют и развивают великий закон природы, свыше 70 лет назад открытый гениальным русским учёным Дмитрием Ивановичем Менделеевым.

В дни, когда поджигатели войны — империалисты Соединённых Штатов Америки и Англии — превращают лаборатории своих учёных в кухни, где изготавливаются новые ужасные средства массового истребления людей, учёные нашей родины умножают славу русской, советской науки новыми замечательными открытиями, служащими делу мира во всём мире.



СОДЕРЖАНИЕ

Введение.	3
1. Тела сложные и простые.	5
2. Атомы и молекулы.	13
3. Сколько в мире химических элементов?.	22
4. Как был открыт великий закон.	24
5. Предвидение учёного.	35
6. Как был подтверждён закон Менделеева.	38
7. Из чего состоят звёзды.	44
8. Современная периодическая система элементов.	51
Заключение.	61



ЧТО ЧИТАТЬ О ЗАКОНЕ МЕНДЕЛЕЕВА

Акад. А. Е. Ферсман. Занимательная геохимия (химия Земли). Государственное издательство детской литературы Министерства просвещения РСФСР, 1950.

Д. И. Менделеев. Новые материалы по истории открытия периодического закона. Изд. Академии наук СССР, 1950.

Проф. Б. Б. Кудрявцев. Михаил Васильевич Ломоносов. Его жизнь и деятельность. Гостехиздат, 1950.

О. А. Писаржевский. Д. И. Менделеев. «Жизнь замечательных людей». Молодая гвардия, 1950.

Б. Степанов. История великого закона. Молодая гвардия, 1949.

Цена 95 коп.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

- Вып. 1. Проф. Р. В. КУНИЦКИЙ. Было ли начало мира.
- Вып. 2. Проф. М. Ф. СУББОТИН. Происхождение и возраст Земли.
- Вып. 3. Проф. К. Л. БАЕВ. Земля и планеты.
- Вып. 4. Проф. К. Ф. ОГОРОДНИКОВ. На чём Земля держится.
- Вып. 5. Проф. А. А. МИХАЙЛОВ. Солнечные и лунные затмения.
- Вып. 6. Акад. В. А. ОБРУЧЕВ. Происхождение гор и материков.
- Вып. 7. Проф. В. И. ГРОМОВ. Из прошлого Земли.
- Вып. 8. Е. П. ЗАВАРИЦКАЯ. Вулканы.
- Вып. 9. Проф. Г. П. ГОРШКОВ. Землетрясения.
- Вып. 10. Проф. В. Г. БОГОРОВ. Подводный мир.
- Вып. 11. Б. Н. СУСЛОВ. Между пылинками и молекулами.
- Вып. 12. А. С. ДАНЦИГЕР. Электрическая лампочка.
- Вып. 13. Проф. В. Г. БОГОРОВ. Моря и океаны.
- Вып. 14. А. С. ФЁДОРОВ. Огненный воздух.
- Вып. 15. Б. Н. СУСЛОВ. Звук и слух.
- Вып. 16. Ф. Л. ВЕЙТКОВ. Электричество в нашей жизни.
- Вып. 17. А. Л. КОЛЕСНИКОВ. Из чего состоит Вселенная.
- Вып. 18. А. П. КРЮЧКОВ. Искусственный каучук.
- Вып. 19. Проф. А. И. КИТАЙГОРОДСКИЙ. Кристаллы.
- Вып. 20. Проф. Б. Б. КУДРЯВЦЕВ. Движение молекул.