

Б. М. КЕДРОВ

ЭВОЛЮЦИЯ  
ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА  
В ХИМИИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ХИМИЧЕСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА  
МОСКВА - 1956

Б. М. КЕДРОВ  
ЭВОЛЮЦИЯ  
ПОНЯТИЯ  
ЭЛЕМЕНТА  
В ХИМИИ

Б. М. КЕДРОВ

ЭВОЛЮЦИЯ  
ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА  
В ХИМИИ

*Разрешено к печати*  
*Редакционно-издательским советом*  
*Академии педагогических наук РСФСР*

Светлой памяти моей жены,  
друга и помощника Татьяны  
Николаевны Ченцовой посвя-  
щаю этот труд

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Анализ основных понятий той или иной науки является одним из самых важных вопросов, связанных с преподаванием данной науки, с изложением ее теоретического содержания, с освещением ее исторического развития. Без анализа основных научных понятий, проведенного как в логическом, так и в историческом разрезах, невозможно решить многих весьма существенных задач, стоящих перед педагогической наукой. Поэтому вполне понятно, что за последнее время в институтах Академии педагогических наук РСФСР выдвигаются темы и проводятся исследования, посвященные анализу отдельных научных понятий, их роли и места в процессе овладения учащимися необходимыми знаниями о данном предмете.

Настоящая книга, предлагаемая вниманию читателя, может рассматриваться как одна из книг, составляющих серию «Логика и химия». Она посвящена разбору эволюции понятия химического элемента, которое является основным понятием химии, поскольку это понятие отражает важнейший объект химического исследования — предмет химии как науки. В своей критической части книга направлена прежде всего против субъективистских взглядов на химический элемент, против гносеологических источников субъективистской трактовки элемента. Критике субъективистской концепции в ее связи с понятием элемента в химии посвящена первая часть книги.

В противовес широко распространенной до сих пор субъективистской концепции, в книге делается попытка раскрыть объективное содержание понятия химического элемента и тем самым защитить и обосновать материалистический взгляд на предмет химической науки. В этом отношении, как это показано в книге, исходными явились открытия основных законов химической атомистики и химического строения молекул, в особенности же открытие периодического закона химических элементов, на который целиком опирается современное понятие химического элемента. Раскрытию объективного содержания понятия элемента в химии, берущего начало от Бойля, Ломоносова, Дальтона и Менделеева, посвящена вторая часть книги.

Анализ понятия химического элемента проводится в двух разрезах. Во-первых, в разрезе соотношения *элемент — соединение*, где элемент выступает как предел разложения (химического или физического) более сложных систем — соединений и смесей, т. е. как их составная часть; следовательно, этот разрез предполагает изучение элементов со стороны *состава* веществ, что представляет собой главное содержание первой части книги.

Во-вторых, в разрезе соотношения *элемент — атом*, где элемент выступает как вид атомов и рассматривается со стороны дискретности кон-



кретных видов материи; следовательно, этот разрез предполагает изучение элементов со стороны *строения* вещества, что составляет главное содержание второй части книги.

Третий возможный разрез предполагает рассмотрение элемента в плане соотношения *элемент — простое вещество*, где элемент выступает как материальное содержание простого вещества, а это последнее — как форма существования химического элемента в свободном состоянии. Этот весьма важный разрез совершенно и вполне сознательно не затрагивается в данной книге. Автор предполагал рассмотреть его особо (в задуманной совместно с Т. Н. Ченцовой и уже начатой работе) в связи со всей системой основных химических понятий.

Анализ того или иного научного понятия есть задача не только той науки, в которую входит исследуемое понятие, но вместе с тем и логическая задача. В связи с этим большое внимание в книге уделяется вопросам марксистской диалектической логики, которая рассматривает научные понятия в их изменении и развитии, в их взаимных связях и переходах. В противоположность ей формальная логика, как известно, рассматривает любые понятия как готовые данные. Более подробно разбирается в книге вопрос о взаимоотношении между объемом и содержанием научных понятий, поскольку этот вопрос позволяет конкретнее и глубже показать, в чем состоит различие между формальной и диалектической логикой.

Книга предназначена для учителей химии и логики средней школы, для студентов, аспирантов и преподавателей педагогических вузов того же профиля и для специалистов-естественников и философов, интересующихся логикой естествознания.

Основные положения, изложенные в главах VII, IX, X и XI второй части книги, были опубликованы в «Философских записках», 1952 г. № 6, под заглавием «О содержании и объеме изменяющегося понятия».

Данная работа была обсуждена в Институте философии АН СССР в 1947 г. и позднее в Институте методов обучения АПН РСФСР; кроме того, она была прорецензирована в Институте общей и неорганической химии АН СССР. За сделанные по рукописи ценные критические замечания, которые были учтены при ее доработке, автор высказывает свою признательность всем товарищам, принимавшим участие в ее обсуждении и рецензировании.

Неоценимую помощь автору в подготовке и написании этой книги, как и во всей его научной работе, повседневно оказывала Татьяна Николаевна Ченцова.

Февраль — октябрь 1955 г.

---

*«Человеческие понятия не неподвижны, а вечно движутся, переходят друг в друга, переливаются одно в другое, без этого они не отражают живой жизни. Анализ понятий, изучение их, искусство оперировать с ними» (Энгельс) требует всегда изучения движения понятий, их связи, их взаимопереходов»*

*«Человеческие понятия субъективны в своей абстрактности, оторванности, но объективны в целом, в процессе, в итоге, в тенденции, в источнике»*

(В. И. Ленин)

## ВВЕДЕНИЕ

На рубеже XIX и XX вв. в естествознании начался особый период развития, характеризующийся, по выражению В. И. Ленина, «крутой ломкой старых установившихся понятий»<sup>1</sup>. Вместе с другими крутой ломке подверглось понятие «химический элемент».

В течение двух с половиной веков, начиная с середины XVII в., когда великий английский химик Бойль стал создавать из химии науку, и вплоть до конца XIX в., в химии почти безраздельно господствовало старое, чисто эмпирическое и вместе с тем чисто аналитическое понятие элемента; согласно этому понятию, элемент в химии рассматривался как *неразложенное* или даже как *неразложимое* вещество. В начале XX в. произошло крушение такого взгляда, так как элементы оказались разложимыми. Однако старое понятие не сразу ушло со сцены; было сделано много попыток улучшить его и спасти от окончательной гибели. Но каждый раз уточненное понятие вскоре же, в связи с новыми открытиями, снова рушилось; наконец, к исходу первой трети XX в. практика не оставляла уже никаких больше путей, позволяющих как-либо видоизменить его. Поскольку возможности приспособить старое понятие к новым открытиям были исчерпаны, старому понятию оставалось только одно: отмереть. Этот процесс мы и наблюдаем в химии в течение последних 20 лет. Но происходит он крайне медленно и болезненно; старое, как и всегда, не уходит без борьбы, не уступает добровольно дорогу новому, в данном случае новому понятию элемента, пришедшему на смену старому понятию. Стремясь задержаться в науке, старое тормозит ее развитие, затрудняет понимание новых открытий, вызывает противоречивость и путаницу понятий.

Дело осложнилось еще и тем, что открытия в химии и физике в течение XX в. развивались настолько стремительно, что химики не успевали осмысливать происходившую революционную перестройку современного учения о веществе и выражать его результаты в строгих научных понятиях.

Между тем еще в начале 40-х годов XVIII в. великий русский химик М. В. Ломоносов, а до него еще Роберт Бойль, заложили основу принципиально отличного понятия элемента в химии, опирающегося на идеи химической атомистики. Это понятие имело глубоко объективное содержание и было по своему существу атомно-теоретическим. Спустя 60 лет с лишним великий английский химик Джон Дальтон открыл объективный закон природы — закон простых кратных отношений, благодаря которому в химии смогло утвердиться атомно-теоретическое понятие элемента. Спустя еще более 60 лет, в конце 60-х годов XIX в., другой великий русский химик Д. И. Менделеев развил далее

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 291.

это атомно-теоретическое понятие элемента, опираясь на открытый им объективный закон природы — периодический закон. С тех пор новое атомно-теоретическое понятие элемента в химии, опирающееся на периодический закон, которое в дальнейшем мы будем называть «менделеевским», неуклонно развивалось, обобщая собою все новые и новые физические и химические открытия и обогащаясь за счет них.

Однако многие метафизически мыслящие ученые отказывались признать новое, менделеевское, понятие элемента и упорно цеплялись за старое, давно уже отжившее, ставшее неверным эмпирико-аналитическое понятие элемента. Положение резко обострилось в силу того, что за старое понятие элемента вместе с метафизиками ухватились идеалисты, затормозив переход к новым представлениям в химии.

Настало время подвергнуть всестороннему, критическому рассмотрению весь пройденный путь научного развития в части, касающейся понятия «элемент» в химии. Потребность в проведении такой работы побудила за последнее время многих химиков предпринять ряд специальных исследований, посвященных анализу понятия «химический элемент». Оценка этих исследований будет дана в дальнейшем.

Прежде чем приступать к изложению самой работы, следует сразу же оговорить, что мы будем понимать под эмпирическим и под теоретическим определениями элемента, а также под субъективистским и под объективным по своему содержанию понятиями элемента в химии.

*Эмпирическим определением* элемента мы называем такое, которое основывается исключительно на признаке *неразложимости* или *неразложенности* вещества, т. е. на чисто аналитическом признаке. Под элементом в этом случае понимается предел разложения вещества теми или иными способами. Никаких других признаков, которые вытекают бы из общетеоретических представлений о веществе и его строении или же из *общих законов*, которым подчиняется вещество, такое эмпирическое определение элемента в себе не содержит. Оно включает лишь то, что может быть непосредственно обнаружено наблюдением в лаборатории при анализе вещества и ничего больше. Поэтому мы будем называть его также эмпирико-аналитическим определением элемента.

Разумеется, признак неразложимости вещества нетождественен с признаком неразложенности вещества. Когда мы говорим: «вещество неразложимо», то под этим обычно понимаем некоторые свойства, объективно присущие данному веществу. Когда же мы констатируем: «вещество неразложено», то имеем обычно в виду вовсе не то, что вещество действительно обладает способностью не разлагаться, но лишь практическую невозможность разложить его в настоящее время. Неразложенное в данный момент вещество может оказаться в принципе разложимым. Но сейчас нас не будут интересовать эти различные оттенки обоих терминов, и мы будем употреблять их как синонимы, поскольку оба они выражают собой признаки аналитические, учитывающие отрицательный результат при попытке добиться практического разложения вещества на составные части. Подробнее о различии обоих терминов будет сказано ниже (см. главу IV).

Во избежание недоразумения приведем одно соображение относительно определения элемента, данного Бойлем и Лавуэзе: «Это определение носит чисто эмпирический характер; в нем не утверждается, что элемент есть неразложимое вещество, — в нем говорится лишь о том, что это — вещество неразложенное»<sup>1</sup>. Таким образом, приписывание веще-

<sup>1</sup> К. Фаянс, Радиоактивность и новейшее развитие учения о химических элементах, Гиз, 1922, стр. 9.

ству свойства неразложимости считается уже выходом за пределы эмпирически наблюдаемого факта неразложимости вещества. С этой точки зрения чисто эмпирическим будет лишь то определение, которое ограничивается установлением непосредственно наблюдаемого факта.

*Теоретическим определением* элемента мы называем такое, которое хотя и строится в конечном счете также на экспериментальной основе, однако включает в себя результаты опыта не в качестве единичных, непосредственно наблюдаемых признаков вещества, но в их теоретически обобщенном виде. Оно строится на основе представлений о дискретном, атомистическом строении вещества все равно, идет ли речь о строении элементов из атомов, о строении атомов из электронов и ядер или о строении атомных ядер из протонов и нейтронов; в этом случае современная химия выводит все определяющие признаки элемента из основных законов, которыми охватываются свойства, состав и строение элементов, и прежде всего из периодического закона Менделеева как общего для всех химических элементов фундаментального закона.

Несомненно, что более содержательным является именно теоретическое определение элемента. Тем не менее наше исследование мы начинаем с анализа отжившего уже эмпирико-аналитического определения элемента. Делаем мы это по двум причинам. Во-первых, в современной химии, и за рубежом, и у нас в СССР, старое эмпирико-аналитическое понятие элемента, несмотря на свою устарелость, фактически продолжает сохраняться. Для того, чтобы убедить химиков в необходимости перейти к более строгому понятию, отвечающему современному уровню развития физики и химии, нельзя просто объявить старое определение элемента непригодным, а нужно проследить его развитие и убедительно показать, к какому логическому результату пришла его длительная эволюция.

Во-вторых, для того, чтобы получить возможность полнее и глубже развить современное атомно-теоретическое понятие элемента в химии, необходимо проследить его подготовку на предшествующей стадии развития химии, т. е. необходимо показать его отношение к старому, эмпирико-аналитическому понятию элемента, с которым исторически оно было так или иначе связано. Те противоречия и те ограниченности, которые заключает в себе еще и поныне новое понятие элемента в трактовке его некоторыми химиками, суть не что иное, как его родимые пятна, свидетельствующие о том, что новое понятие элемента в трактовке его этими химиками не освобождено еще полностью от недостатков, перешедших к нему по наследству от старого понятия. Чтобы такую «очистительную» операцию осуществить, необходим анализ старого понятия элемента от момента его возникновения до момента его окончательного и полного крушения.

Такой анализ необходим еще и потому, что иначе трудно разоблачить и раскритиковать старый, неверный взгляд на химические элементы, давно уже превратившийся во вредную, но весьма цепкую традицию.

*Субъективистским понятием* элемента мы называем такое, которое не отражает каких-либо объективных свойств химических элементов, а выражает лишь границы применения наших практических приемов и способов исследования вещества. Следуя за Лавуазье, многие химики еще и до сих пор объявляют элементом всякое вещество, которое мы еще не сумели разложить нашими практическими способами химического анализа на составные части и которое только по этой причине является для нас пока элементарным. Субъективистский характер такого понятия совершенно ясен: элемент рассматривается в зависимости от отношения к нему субъекта, изучающего его, и все содер-



жание понятия сводится только к тому, что элемент целиком зависит от субъективных способностей и возможностей человека, от его умения разлагать вещество, от его сознания, что он может это сделать. Таким образом, объект химии характеризуется не сам по себе, каким он существует реально, вне и независимо от человеческого сознания, а только так, как он воспринимается нами в данный момент времени. Тем самым объект химии ставится в зависимость от субъекта и лишается своего объективного значения. Это и есть типичный случай субъективистской концепции в химии.

*Объективным по содержанию* понятием элемента мы называем такое, которое выражает свойства, присущие самим элементам, независимо от субъекта, от воли и сознания человека. Будучи объективным по своему содержанию, такое понятие элемента связывается отнюдь не с нашими возможностями, с практическими приемами изучения вещества, а исключительно с природой самих элементов, какой они обладают объективно, вне и независимо от человеческого сознания.

Следуя за Ломоносовым и Дальтоном, которые считали, что элемент (начало) есть совокупность атомов одного вида, и за Менделеевым, который связывал понятие элемента с периодическим законом как объективным законом природы, современные химики-материалисты тем самым отбрасывают субъективистский взгляд на химические элементы и строят важнейшее понятие своей науки на прочной объективной основе. При этом химики-материалисты исходят из следующих положений: независимо от того, сумели ли мы или нет разложить физическими способами какой-либо элемент, например азот, и превратить его в другой элемент, объективно азот как был, так и остался определенным видом атомов, приходящихся на определенное место в системе элементов, построенной на основе периодического закона. Точно так же независимо от того, сумели ли мы или нет разделить химическими способами какой-либо смешанный элемент, например водород, на составляющие его изотопы, объективно водород как был, так и остался определенным видом атомов, занимающих определенное место в периодической системе элементов. Это означает, что независимо от наших способов воздействия на вещество полностью сохраняется объективное содержание понятия элемента как вида атомов (Ломоносов, Дальтон), занимающих определенное место в системе элементов (Менделеев). Следовательно, независимо от того, доказана ли нами разложимость данного элемента, его превращаемость в другие элементы, его делимость на изотопы и т. д. или нет, элемент остается элементом.

Разоблачая и беспощадно бичуя субъективизм махистов, В. И. Ленин ставил вопрос: «...существует ли объективная истина, т. е. может ли в человеческих представлениях быть такое содержание, которое не зависит от субъекта, не зависит ни от человека, ни от человечества?»<sup>1</sup> Со всей силой В. И. Ленин подчеркнул, что на этот вопрос материализм отвечает положительно: да, существует, а субъективный идеализм отвечает отрицательно: нет, не существует.

Сказанное применимо к анализируемым понятиям элемента. Субъективистское, сугубо эмпирическое, описательное понятие элемента неминуемо ведет к агностицизму, к отказу связывать с понятием элемента в химии реальные, объективные признаки самих элементов и их мельчайших частиц (атомов). Напротив, объективное по содержанию понятие элемента служило, служит и всегда будет служить прочной опорой для материализма в химии.

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 110.

Для того, чтобы показать это, нам необходимо будет подвергнуть критике субъективистскую концепцию элемента в химии и критически разобрать ее проявление на протяжении всей эволюции старого понятия элемента. Это и является предметом первой части данной работы.

Вторая часть посвящена анализу эволюции объективного по содержанию, атомно-теоретического понятия элемента от Бойля и Ломоносова до Менделеева и от Менделеева до наших дней.

Совершенно ясно, что из обоих понятий элемента — первое, т. е. субъективистское эмпирико-аналитическое, вообще является неправильным, а второе, т. е. объективное по содержанию, атомно-теоретическое, — единственно правильным. Первое неправильно потому, что оно, как это мы покажем ниже, вообще не отражает собою реальных элементов, а отражает лишь нашу временную, практическую неспособность разлагать те или иные вещества. Но оно могло до поры до времени удовлетворять химиков и физиков, пока они не обнаружили разложимость элементов в природе и не научились сами разлагать их в лаборатории. Громадная заслуга великих химиков-материалистов — Бойля, Ломоносова, Дальтона и Менделеева — состоит в том, что Бойль, Ломоносов и Дальтон заложили общетеоретические основы понятия элемента в химии XVII—XIX вв., а Менделеев заложил основы современного понятия элемента, опирающегося на периодический закон.

В нашей работе мы ставим перед собой двоякую цель: с одной стороны, с помощью марксистской диалектической логики разобраться в путанице, создавшейся в настоящее время вокруг понятия «химический элемент»; с другой стороны, в логическом разрезе проследить соотношение между объемом и содержанием указанного понятия, взятого в его развитии. Таким образом, наша работа касается одновременно и химии, и логики; она представляет собою попытку применить логический метод исследования к решению конкретной химической задачи.

В своей работе мы пользуемся как формальной логикой, так и диалектикой, или диалектической логикой. Во всех случаях, когда понятие элемента рассматривается как данное, готовое, неподвижное, мы применяем к его анализу формальную логику. Мы применяем ее всюду, где перед нами встает задача ограничить определенными узкими рамками проводимое нами исследование.

Напротив, во всех случаях, когда понятие элемента рассматривается в его изменении и развитии, — все равно, идет ли это развитие по восходящей или по нисходящей линии, нами применяется диалектическая логика, которая требует, чтобы естественнонаучные понятия рассматривались как текучие, движущиеся, переходящие друг в друга, но не как готовые и застывшие.

Сказанным определяется возможность перехода от одного логического разреза к другому. Допустим, например, что мы рассматриваем наше понятие в его развитии, в его изменении; в любой момент мы можем мысленно прервать такое рассмотрение и начать рассматривать понятие элемента как нечто фиксированное, остановленное, готовое на данном этапе его эволюции, в данный момент времени. Если при этом мы вообще отвлекемся от развития данного понятия, от его изменчивости, то производимые над ним операции будут формально логическими. Если же мы будем рассматривать данное фиксированное состояние исследуемого понятия как частный случай его развития, т. е. если мы не будем отвлекаться от развития понятия элемента, то производимые над ним операции, поскольку в них учитывается, точнее — подразумевается, его изменчивость, его текучесть, будут носить диалектико-логический характер.

Таким образом, характер применяемой логики целиком зависит от того, абстрагируемся ли мы или нет от изменчивости изучаемого понятия. Абстрактное рассмотрение естественнонаучных понятий (без учета их изменения) предполагает применение формальной логики; конкретное рассмотрение понятий (с учетом их изменчивости) предполагает применение диалектической логики.

Сравнительная характеристика логики формальной и логики диалектической нам нужна для того, чтобы выяснить вопрос о соотношении между объемом и содержанием понятия элемента в химии.

Формальная логика утверждает, что для фиксированных (остановленных) понятий зависимость между их объемом и содержанием является обратной в том случае, когда сопоставляются родовое и видовое понятия. Напротив, согласно диалектической логике развитие понятий совершается так, что их объем и содержание растут одновременно; следовательно, зависимость между ними прямая. В самом деле: в ходе научного познания развиваются как родовые, так и видовые понятия. Но стоит только зафиксировать (остановить) два таких понятия в любой момент времени и отвлечься от их изменчивости, как немедленно обнаруживается, что отношение между объемом и содержанием обоих фиксированных (остановленных) понятий всегда будет обратным. Это означает, что обратная зависимость между объемом и содержанием двух понятий (родового и видового) обнаруживается лишь при том условии, если мы рассматриваем оба понятия статически и сопоставляем их друг с другом в один и тот же определенный момент времени как вполне сложившиеся, законченные. Но стоит нам только от статического рассмотрения понятий перейти к рассмотрению тех же самых понятий в их развитии, как обнаруживается недостаточность законов формальной логики и необходимость прибегнуть к логике диалектической.

Со всей силой следует подчеркнуть, что формальную логику, как и диалектическую логику мы трактуем материалистически; и та, и другая обобщают человеческую практику. В части формальной логики исходными положениями служат нам замечания В. И. Ленина о том, что «практика человека, миллиарды раз повторяясь, закрепляется в сознании человека фигурами логики» и что «самые обычные логические «фигуры»... суть школьно размазанные, *sit venia verbo*, самые обычные отношения вещей»<sup>1</sup>.

Если «в обычной логике формалистически отделяют мышление от объективности»<sup>2</sup>, то свою задачу мы видим в том, чтобы пользоваться формальной логикой *материалистически*, связывая формы мышления с объективной реальностью, рассматривая логику понятий как *отражение* реальных объектов природы (логики вещей). В еще большей степени это касается, конечно, марксистской диалектической логики, которая всегда рассматривает формы мышления в их неразрывной связи с его содержанием.

Соответственно этому эволюцию понятия элемента в химии мы повсюду сопоставляем с эволюцией наших практических знаний о химическом объекте, точнее, с эволюцией технических способов его исследования, его разложения и синтетического получения, результаты которых и обобщены в понятии элемента, т. е. в определенной логической форме. Это дает возможность по-новому, с последовательно материалистической точки зрения рассмотреть все трудности и противоречия, возникшие при определении понятия элемента на различных этапах его развития. Вме-

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 188, 152.

<sup>2</sup> Там же, стр. 157.

сте с тем такой подход, при котором эволюция понятия ставится в прямую связь с эволюцией знаний об отражаемом этим понятием объекте, позволяет отыскать движущий стимул развития самого понятия, т. е. самого научного познания.

Таким стимулом служат практика, опыт, эксперимент. Открытие или усовершенствование практических способов разложения или синтеза вещества непосредственно влечет за собой необходимость изменять, уточнять, а иногда и полностью заменять установленные ранее понятия; тем самым материальная практика обнаруживает себя не только в качестве двигательной силы развития соответствующих понятий, но и в качестве критерия их истинности, т. е. их соответствия действительности.

Итак, в зависимости от подхода к понятию элемента (с учетом или без учета его изменчивости) основным методом нашего исследования служит марксистская диалектическая логика с привлечением также и материалистически истолкованной формальной логики.

Особо будет нас интересовать выяснение борьбы между основными философскими направлениями — идеализмом и материализмом, которая развернулась вокруг понятия элемента в химии. Мы не только не абстрагируемся от наличия такой борьбы, которая властно врывается в сферу логических трактовок элемента, но показываем прямое влияние этой борьбы на то или иное логическое решение вопроса о понятии элемента в химии. Мы исходим из того, что в части своих философских выводов всякая наука столь же партийна, как и гносеология.

Следует добавить несколько слов по поводу того, почему понятие «химический элемент» должно считаться основным для химии. Легко обнаружить, что все определения химии как науки сводятся так или иначе к тому, что химия есть наука об элементах и их соединениях. Рассмотрим известные формулировки, встречающиеся в химической и философской литературе, которые гласят, что химия есть наука об атомах.

Со времен Первого Международного съезда химиков в Карлсруэ (1860 г.) под атомом понимается мельчайшая частичка химического элемента. Следовательно, определить химию как науку об атомах — значит определить ее как науку о мельчайших частичках химических элементов, другими словами, определить ее опять-таки через химический элемент.

Еще Менделеев указывал, что «элементу отвечает понятие атома»<sup>1</sup>. Как будет показано ниже, взгляд на химические элементы со стороны их атомистического строения составляет основу их теоретического определения.

Строго научное и вполне современное определение химии как науки было дано Менделеевым. Он писал: «Вся сущность теоретического учения в химии лежит в отвлеченном понятии об элементах»<sup>2</sup>. Отсюда следует, что «химию, в современном ее состоянии, можно, поэтому, назвать учением об элементах...»<sup>3</sup>.

Это, данное Менделеевым, определение химии как науки полностью сохраняет свою силу и в настоящее время.

В дальнейшем мы увидим, что при оперировании понятием «химический» необходимо предварительно считать уже определенным так или иначе понятие «элемент» применительно к области химии. Ибо сама химия как наука, а следовательно и производный от нее признак «хими-

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Новые материалы по истории открытия периодического закона, изд. АН СССР, 1950, стр. 19.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, 1934, стр. 258

<sup>3</sup> Там же, стр. 134.

ческий» предполагает, что уже заранее установлен ее объект — химический элемент. В противном случае, как это подробнее будет показано ниже, неизбежно возникает логический круг при попытке определить понятие «элемент» в химии через признак «химический». В самом деле: такая попытка означала бы, что сначала мы так или иначе определяем химию, а значит и признак «химический» через понятие «элемент», а затем определяем «элемент» через признак «химический».

Во всех подобного рода затруднениях химикам может помочь наука логики. Без нее невозможно не только решение, но даже правильная постановка вопросов, касающихся основных понятий современного естествознания, в том числе и химии.

Наконец, еще одно замечание общего характера: существует мнение, будто такие выражения, как «развитие», «движение», применимы лишь к вещам и процессам внешнего, то есть материального мира, но не к нашим мыслям, идеям, понятиям. Более того, иногда утверждается, будто признание развития и движения понятий означает переход на позиции гегелевского идеализма. Такое мнение глубоко ошибочно; оно не имеет ничего общего с марксистско-ленинской диалектикой. В. И. Ленин ставил вопрос так: если признается, что *все* развивается, то распространяется ли это признание и на самые общие понятия и *категории* мышления? Как показал Ленин, на этот вопрос философы дают разные ответы. Отрицательный ответ означает, что мышление не связано с бытием. Такой ответ дают агностики и метафизики. Положительный ответ означает, что есть диалектика понятий и диалектика познания, имеющая объективное значение. Такой ответ дают диалектические материалисты<sup>1</sup>.

Этот положительный ответ на поставленный выше вопрос, который дает сам Ленин, положен в основу настоящей работы.

---

<sup>1</sup> См. В. И. Ленин, Философские тетради, Госполитиздат, 1947, стр. 239.



**Часть первая**  
**ЭВОЛЮЦИЯ**  
**ЭМПИРИКО-АНАЛИТИЧЕСКОГО**  
**ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА**  
**В ХИМИИ**



## Глава I

### ЭМПИРИКО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПОНЯТИЕ ЭЛЕМЕНТА В ЕГО ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ РАЗЛОЖЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

Разбираемое ниже эмпирико-аналитическое понятие элемента по самой своей сути органически связано с развитием способов разложения вещества; оно принимает в качестве определяющего признака элемента неразложимость вещества; вследствие этого определение данного понятия элемента сводится к проведению границы между разложенными и неразложенными веществами, к фиксации практически достигнутого нами предела разложения вещества.

Это обстоятельство отметил уроженец Польши *Казимир Фаянс*. Характеризуя эмпирическое определение элемента как неразложимого вещества, он писал: «Важно поэтому ясно представить себе те методы разложения, которыми до недавнего времени пользовались при установлении элементов»<sup>1</sup>.

Поскольку имеется тесная связь между указанным определением элемента и способами разложения вещества, попытаемся выделить в истории этих способов несколько этапов. При этом будем учитывать не все изменения, которые происходили в области физики и химии, а лишь те, в результате которых существенно изменялось эмпирико-аналитическое понятие элемента.

Историю экспериментального проникновения химиков и физиков вглубь вещества можно разделить на два основных периода.

Первый период (с середины XVII в. до конца XIX в.) *был периодом разложения химически сложных веществ на элементы*. Сами же элементы в течение всего этого периода оставались неразложимыми и не подвергались коренным качественным изменениям и превращениям. Этот период можно подразделить на два этапа: первый этап (с середины XVII в. до начала XIX в.), в течение которого получили развитие лишь самые примитивные приемы химического анализа. Вследствие этого далеко не все химические соединения могли быть разложены на элементы; поэтому некоторые соединения считались элементами, хотя таковыми они не были; второй этап (XIX в., особенно его вторая половина), когда все важнейшие химические соединения были фактически разложены на свободные элементы и когда с большой точностью можно было обнаруживать химически сложный характер вещества. Этот этап характеризуется более высоким совершенством физических способов химического анализа вещества, различения и выделения составных частей (электро-

<sup>1</sup> К. Фаянс, Радиоактивность..., 1922, стр. 9.

химический анализ, спектральный анализ); за рубеж, разделяющий оба этапа, мы условно принимаем разложение едких щелочей на элементы, осуществленное в 1807 г. английским химиком *Гемфри Дэви*.

Второй период, начинающийся с XX века, представляет собой *период разложения самих химических элементов и их атомов*. В центре этого периода стоит открытие радиоактивности, которым впервые был доказан факт разложимости химических элементов. Рубежом здесь мы считаем первое доказательство того, что радиоактивность есть распад элементов, выдвинутое в 1903 г. английскими физиками *Э. Резерфордом и Ф. Содди*. Разложимость элементов оказалась двойкой: с одной стороны, элементы претерпевают качественное превращение, когда, например, из атомов радия образуются атомы радона и гелия (двух новых элементов); с другой стороны, позднее был доказан смешанный характер обычных элементов, с которыми имеет дело химик в лаборатории: например, обычный хлор оказывается смесью двух «хлоров» (разновидностей, или изотопов), которые имеют одинаковые (или почти одинаковые) химические свойства, но различные массы атомов; благодаря этому доказана *разделимость* обычных элементов на отдельные изотопы.

Внутри второго периода можно выделить несколько более или менее обособленных этапов. Каждый из них отвечает определенной ступени экспериментального проникновения вглубь самих элементов. В соответствии с тем, какой характер носит разложение или разделение элементов на их составные части, мы получаем дальнейшие этапы: третий (1903—1913) — этап открытия *радиоактивности*; четвертый (1913—1919) — этап открытия *изотопии*; пятый (1919—1932) — этап открытия искусственных ядерных реакций, или искусственного превращения элементов; шестой (после 1932 г.) — этап открытия *дейтерия*, или химических различий изотопов и их химической делимости. На каждом из этих этапов в центре научного развития становилось крупное физическое или химическое открытие, которое требовало пересмотра старого эмпирико-аналитического понятия элемента или же полностью опровергало его.

Первые два этапа второго периода характеризуются попытками так или иначе приспособить старое понятие элемента к новым условиям. Последние два этапа характеризуются полным *к р у ш е н и е м* этих попыток под влиянием дальнейшей революции, происходящей в современной физике и химии.

Заметим, что нам придется все время оперировать объемом и содержанием эмпирико-аналитического понятия элемента, учитывая их изменения, происходящие по мере открытия новых способов разложения вещества; при этом мы будем иметь дело, главным образом, с тремя разными эмпирико-аналитическими определениями элемента и будем рассматривать их на шести разных этапах, соответствующих основным ступеням развития способов разложения вещества. При этих условиях нельзя обойтись без некоторых вспомогательных приемов, позволяющих делать более простым и наглядным сравнительный анализ различных определений элемента на различных этапах истории науки.

Прежде всего мы будем пользоваться обычно принятым в логике способом графического изображения объема понятия в виде круга. Чем больше объем понятия, тем относительно *бóльшим* по размеру кругом он выражается. Такими же кругами условно изображаем и область реальных веществ, подвергаемых разложению, причем границу круга реальных веществ будем обозначать тонкой линией, а границу круга понятия, определенного эмпирически, — жирной линией.

Сопоставляя друг с другом объемы одного и того же понятия, устанавливаемые на различных этапах, согласно данному определению, мож-

но наглядно показать тенденцию изменения объема, а вместе с тем и общий характер развития самого понятия. При этом в данной главе рассматриваются лишь относительные объемы понятий, указывающие только на то, какая доля общего объема веществ подходит под данное определение элемента и как эта доля изменяется со временем. Кроме того, мы выделяем с помощью особой штриховки область реальных веществ, разложенных различными способами, и оставляем незаштрихованной (белой) область реальных веществ, которые еще не удалось разложить к данному моменту времени. Это делается так потому, что эмпирико-аналитическое понятие элемента распространяется только на одну область веществ, а именно на область *неразложённых* веществ.

Прослеживая, как исторически меняется эта область по своим размерам, можно наглядно показать, как соответственно ее изменению изменяется объем понятия элемента, установленный согласно тому или иному его эмпирическому определению.

При этом, в зависимости от характера совершающегося разложения вещества, применяется различная штриховка: при разложении вещества с помощью химических способов — область заштриховывается горизонтальными линиями; при разложении с помощью физических способов — наклонными линиями; при спонтанном (самопроизвольном) радиоактивном разложении, которое происходит естественным путем, — пунктиром. Если вещества разлагаются одновременно и физическими, и химическими способами, то область заштриховывается в клетку.

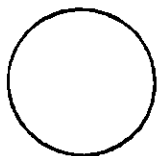
Мы рассматриваем четыре области реальных веществ: 1) область химических соединений, 2) область физических смесей, 3) область химических элементов и 4) область разновидностей элементов, или изотопов. При этом на наших рисунках и таблицах каждую из названных областей обозначаем определенной буквой: соединение — *C*, смесь — *M*, элемент — *E*, изотоп — *I*; каждое эмпирическое определение обозначаем инициалом его автора: определение Лавуазье — *L*, Горбова — *G*, Фаянса — *F*, Панета — *P*.

Поясним сказанное на примере рисунков, приводимых в тексте первой части нашей работы.

Каждый рисунок (кроме двух последних) состоит из двух частей: в левой части изображены области реальных веществ, в правой — объемы понятия, устанавливаемые согласно различным эмпирическим определениям. При этом в правой части рисунка дублируется и его левая часть; это делается для того, чтобы показать, как относится объем эмпирически определенного понятия элемента к области реальных элементов.

Как известно, число элементов определяется числом мест в менделеевской периодической системе элементов. До синтеза трансурановых элементов, т. е. до 1942 г., число элементов было равно 92.

Обозначим область реальных химических элементов кружком следующего размера:

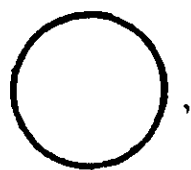


Допустим, что принятое нами опре-

деление элемента является адекватным. Это означает, во-первых, что все 92 элемента охватываются этим определением и, во-вторых, что ни одно другое вещество сверх этих 92 веществ не охватывается этим определением. В таком случае объем понятия «элемент», устанавливаемый согласно данному определению, будет совпадать с ~~кружком~~ **кружком реальных химических элементов.**



Мы обозначим его в таком случае жирным кругом того же размера:



наложенным на область реальных элементов (см. в

тексте: рис. 2, *L*; рис. 3, *Г*; рис. 5 а, *P*; рис. 4 б, *Z* и рис. 6 а, *Z*).

Но может случиться, что, помимо 92 элементов, под данное определение на том или ином этапе формально подходили некоторые химические соединения или физические смеси, например щелочи или смеси инертных газов. Тогда мы изображаем объем понятия, установленный согласно данному определению, в виде жирного круга бóльшего размера, чем круг реальных элементов. В таком случае этот круг включает в себя не только всю область реальных элементов (*E*), но и сверх того — соответствующую часть области соединений (*C*) (см. рис. 1) или смесей (*M*) (см. рис. 4 а, *P* и рис. 4 б, *P*).

Бывает и так, что объем понятия элемента, устанавливаемый формально согласно данному определению, не включает в себя даже все 92 элемента, а включает, скажем, только 91 из них. Один же элемент, скажем азот или водород, формально не подходит под данное определение и, следовательно, выпадает из числа элементов, если придерживаться данного определения понятия элемента. Тогда мы изображаем объем понятия элемента, установленный согласно данному определению, в виде жирного круга меньшего размера, чем круг реальных элементов. В таком случае этот круг охватывает собой только часть области реальных элементов, а остальная ее часть остается вне его (см. рис. 3, *L*; рис. 4 а, *L*, *Г* и рис. 6 а, *P*). При этом может случиться, что под данное определение элемента, с одной стороны, подходят не все реальные элементы, а с другой стороны, подходят не только элементы, но, скажем, и часть изотопов. Этот случай изображается следующим образом: жирный круг, обозначающий объем понятия элемента, установленный согласно данному определению, пересекается с двумя областями — элементов (*E*) и изотопов (*I*) (см. рис. 4, *L*, *Г*; рис. 5, *Г* и рис. 6, *P*).

Наконец, может случиться, что под данное определение не подходит ни один элемент из 92; в таком случае мы изображаем объем понятия элемента, установленный согласно этому определению, в виде жирного круга, лежащего целиком вне области реальных элементов (см. рис. 5 *L* и рис. 7). Если же вообще ни одно вещество не подходит под данное определение, то мы изображаем его точкой, лежащей вне круга реальных элементов (см. рис. 5 а, *L*, *Г*).

Все эти вспомогательные приемы значительно сокращают и облегчают изложение материала, позволяя проще и нагляднее выразить и обобщать полученные результаты.

Рассмотрим теперь эмпирико-аналитическое понятие «элемент» на каждом из названных выше этапов в отдельности, связывая его каждый раз с появлением новых способов разложения вещества.

## 1. ЭТАП ПРИМИТИВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ АНАЛИЗА (XVII—XVIII вв.)

Началом этого этапа можно считать появление в 1661 г. книги великого английского ученого Роберта Бойля «Химик-скептик». В ней Бойль дал следующее определение элемента: «Я понимаю здесь под элементами... некоторые первичные и совершенно простые тела, не составленные из каких-либо других тел или друг из друга и входящие составными ча-

стями во все те тела, которые называются совершенными смесями и которые непосредственно образуются из этих ингредиентов и затем снова разлагаются на них»<sup>1</sup>.

Однако при тогдашнем состоянии химии, когда еще совершенно не развился количественный химический анализ, никто из химиков, в том числе и сам Бойль, не мог практически воспользоваться приведенным определением. Более того, будучи механистом, Бойль отрицал качественное разнообразие веществ и сводил качественное различие между химическими элементами к числу и группировке бескачественных корпускул «первоматерии». Бойль писал, что со временем будет, вероятно, открыт такой «тонкий и могущественный агент», с помощью которого вещества, принимаемые ныне за элементарные, будут разложены на единую, общую им всем первоматерию. Такой «первоматерией» Бойль склонен был считать воду. Это показывает, на каком низком уровне в то время находилась еще химия.

Для того, чтобы применить определение Бойля на практике, надо было научиться точно определять, в каком случае происходит химическое соединение, а в каком случае — разложение. Даже позднейшие химики-флогистики XVIII в. решали этот вопрос неверно: с их точки зрения, горение и окисление (кальцинация) были распадом (разложением сложного вещества на элементы), а обратный процесс, например, восстановление металла, рассматривался как соединение окисла (извести) с мифическим флогистом. Вследствие этого действительные элементы (металлы, углерод, сера, фосфор) принимались за химические соединения, а такие сложные вещества, как извести, кислоты и вода, — за элементы.

В середине XVIII в. великий русский химик *М. В. Ломоносов* и английский химик *Джозеф Блэк*, а за ними и другие химики начали разрабатывать количественный химический анализ в его весовой форме. Тогда же Ломоносов сформулировал в общем виде закон сохранения материи и движения и конкретизировал его в виде закона сохранения вещества; Ломоносов был на пути к открытию истинной роли воздуха в процессах горения и окисления (кальцинации). В понимании химической элементарности веществ Ломоносов придерживался воззрений химиков середины XVIII в. Так, ссылаясь на то, что порох представляет собою смесь серы, селитры и «уголья», Ломоносов в 1752—1754 гг. писал: «Составные части нередко сами являются телами, сложенными из других разнородных тел, так и в этом примере сера состоит из кислотной материи и другой, горючей; селитра из особой кислоты и щелочной соли, уголье из масла, кислотного ядовитого спирта и золы. Составные части такого рода мы называем составными частями второго порядка; а если последние, в свою очередь, составные тела, то составные части последних мы именуем составными частями третьего порядка. Таким путем нельзя, однако, идти до бесконечности, но должны существовать составные части, в которых никакими химическими операциями или рассуждениями нельзя отделить друг от друга разнородные тела; поэтому такого рода составные части мы обозначаем как последние или конечные, или на языке химиков — как начала»<sup>2</sup>.

Последняя фраза может служить образцом аналитического определения элемента, данного Ломоносовым. Обращаем внимание, что элементом

<sup>1</sup> *Roberte Boyle, Chimista Scepticus* (см. нем. перевод в серии *Ostwald's Klassiker*, 1929, № 229, стр. 85).

<sup>2</sup> Цит. по кн.: Б. Н. Меишуткин, Труды М. В. Ломоносова по физике и химии, изд. АН СССР, 1937, стр. 389.

(«началом»), по Ломоносову, является такое вещество, которое даже мысленно, в абстракции («рассуждениями») не может быть разложено на более простые составные части. Указание на неразложимость химическими средствами в данном случае не имеет особого значения, ибо химические средства были в то время самыми мощными и вещества, не поддававшиеся разложению химическим путем, признавались тем самым вообще неразложимыми.

Для истории эмпирико-аналитического понятия элемента очень важны взгляды на химические элементы, которые развил великий французский химик *Антуан Лоран Лавуазье*. Он опроверг ложную теорию флогистона, доказав элементарность действительных химических элементов и составной характер большинства химических соединений. Хотя эмпирико-аналитическое определение элемента мы встречаем уже у Бойля, а позднее — у химиков XVIII в., но фактически применить такое определение в химии впервые стало возможно только после того, как ложная теория флогистона была окончательно разрушена, т. е. в последней четверти XVIII в. В 1789 г. в своем «Курсе химии» Лавуазье писал: «Если названием элементов обозначать простые и неделимые молекулы, составляющие тела, то, вероятно, мы их не знаем; если же, напротив, мы свяжем с названием элементов или начал тел представление о последнем пределе, достигаемом анализом, то все вещества, которые мы еще не смогли никаким способом разложить, являются для нас элементами; но не потому, что мы могли бы утверждать, что эти тела, рассматриваемые нами как простые, не состоят из двух или даже большего числа начал, но так как эти начала никак друг от друга не отделяются или, вернее, потому, что мы не имеем никаких средств их разделить, эти тела ведут себя, с нашей точки зрения, как простые, и мы не должны считать их сложными до тех пор, пока опыт или наблюдения не докажут нам этого»<sup>1</sup>.

Перед нами чисто описательное, эмпирическое и вместе с тем чисто аналитическое определение. Никаких гипотез ни о строении элементов, ни о их природе вообще Лавуазье не делает. Все что он утверждает, это — то, что элементом надо считать вещество, которое нам пока еще не удалось разложить на составные части.

Для нас сейчас важно отметить, что Лавуазье не характеризует подробнее тех способов, при действии которых данное вещество, называемое им элементом, оказалось неразложимым. Лавуазье имеет в виду все вообще способы разложения, какие только известны. Если при действии любого способа, все равно, будет ли это химический или физический способ, вещество оказывалось неразложимым, то, значит, мы должны были считать его элементарным. Но если с помощью какого-либо способа, все равно какого, нам удалось бы разложить это вещество, то тогда оно для нас перестало бы уже быть элементарным. Это обстоятельство позднее отметил Фаянс. Он писал по поводу бойлевского определения, совпадающего в этом смысле с определением Лавуазье, что оно «не знает каких-либо ограничений в выборе применяемых способов разложения...»<sup>2</sup>.

На этом основании можно считать, что определение Лавуазье включает в себя в качестве главного признака практическую неразложимость вещества при помощи *любых* средств. Отсюда кратко мы можем сформулировать его так:

<sup>1</sup> Antoine Laurent Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, T. I, Paris. 1789 (см. перевод в журнале „Успехи химии“, т. XII, вып. 5, 1943, стр. 362).

<sup>2</sup> „Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik“, T. 14, 1917, стр. 315.

*Определение Лавуазье: Элемент есть вещество, неразложимое никакими способами.*

Но так как в XVIII в. способы химического разложения веществ были разработаны еще весьма слабо, то многие химические соединения приходилось считать элементами, коль скоро никакими средствами в то время их нельзя было еще разложить. Например, в число элементов зачислялись тогда многие окислы металлов (извести), которые были разложены лишь в XIX в. Поэтому объем понятия «неразложимое вещество» был во времена Лавуазье значительно шире круга реальных химических элементов. Это понимал и сам Лавуазье. Так, например, он

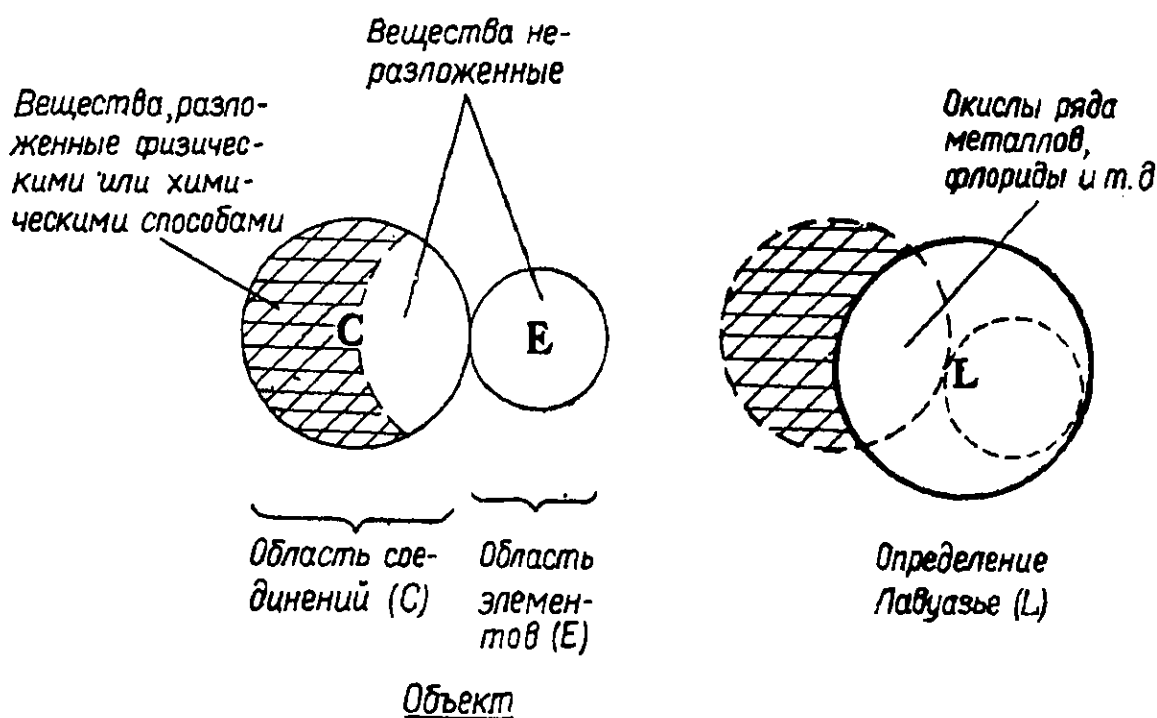


Рис. 1

сознательно не включил едких щелочей в свою таблицу элементов<sup>1</sup>, хотя в его время эти вещества и не были еще разложены. Исходя из общетеоретических соображений, Лавуазье подозревал, что едкие щелочи обладают химически сложным характером; согласно кислородной теории, всякий элемент должен окисляться, т. е. должен входить в качестве радикала в соответствующий окисел. Но едкие щелочи не были способны к окислению (перекиси были открыты позднее). На этом основании Лавуазье заключил, что едкие щелочи надо считать не элементами, а соединениями неизвестных еще радикалов с кислородом.

В отношении же других известей и земель Лавуазье строго придерживался своего определения: он отнес их к числу элементов, хотя и в отношении их можно было также предполагать, что они — не элементы, а соединения. Так или иначе, в XVIII в. определение Лавуазье оказалось слишком широким. Но оно было все же значительно более узким, чем определение Бойля, даже если бы это последнее применялось в свое время правильно; в XVII в. к числу элементов следовало бы отнести, например, воду и воздух (что, кстати говоря, химики делали до Лавуазье); между тем в конце XVIII в. эти вещества оказались за пределами эмпирико-аналитического определения элемента, поскольку они были уже разложены. Следовательно, в течение всего первого этапа наблюдалось постепенное сужение объема понятия элемента, определяемого как неразложимое вещество.

<sup>1</sup> См. А. Л. Lavoisier, *Traité élémentaire de Chimie*, т. I, стр. 192.

В соответствии с тем, что было сказано в начале этой главы, выразим графически отношение, сложившееся к концу XVIII в. между самим объектом, с одной стороны, и определением Лавуазье — с другой (см. рис. 1). Левый чертеж на рис. 1 изображает в виде двух кругов объемы реальных веществ — химических соединений ( $C$ ) и химических элементов ( $E$ ). Зачерченная часть круга  $C$  обозначает те соединения, которые к тому времени были уже разложены; чистой (незаштрихованной) оставлена область неразложенных еще в то время веществ. По определению Лавуазье ( $L$ ), все вообще неразложённые вещества должны считаться элементами. Поэтому определением Лавуазье ( $L$ ) охвачены в данном случае не только все реальные элементы (круг  $E$ ), но и та часть соединений (незаштрихованная часть круга  $C$ ), которые к тому времени не были еще разложены (см. правый чертеж на рис. 1).

## 2. ЭТАП УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ АНАЛИЗА (XIX в.)

Развитие и усовершенствование способов химического анализа в XIX в. привели к дальнейшему уточнению эмпирико-аналитического понятия элемента. В течение XIX в. все химически сложные вещества либо были разложены на составные части, либо был доказан, главным образом спектроскопическим путем, их неэлементарный характер. Ярким примером того, как из числа химических элементов исключались вещества, обладавшие в действительности химически сложным составом, может служить разложение едких щелочей английским химиком Г. Дэви в 1807 г. при помощи электрического тока. В следующем году были разложены тем же способом щелочные земли. В результате было открыто несколько новых металлов (калий, натрий, магний и др.). Таким образом, уже в течение первой половины XIX в. объем понятия элемента как неразложённого вещества постепенно приходил в соответствие с кругом реальных химических элементов и, наконец, совпал с ним полностью. С этих пор определение Лавуазье стало адекватным (соразмерным), ибо среди всех химических веществ только химические элементы оказывались теперь неразложёнными. В связи с этим признак неразложённости стал оправдывать себя как признак, определяющий понятие элемента. Это случилось благодаря тому, что объем понятия элемента как неразложённого вещества в ходе развития науки испытал дальнейшее сокращение.

В течение почти всего XIX в. определение Лавуазье сохраняло свою адекватность. Вот почему в его пользу неизменно высказывались химики и в начале, и в середине, и в конце XIX в. Так, например, в 1810 г. великий английский ученый *Джон Дальтон* во II части своей «Новой системы химической философии» писал: «Под элементарными веществами мы понимаем такие, которые не были разложены и которые, как было обнаружено, вступают в соединение с другими телами. Мы не знаем ни про одно из тел, называемых элементарными, что оно абсолютно неразложимо, но оно должно называться простым до тех пор, пока его не удастся подвергнуть анализу»<sup>1</sup>. Очевидно, что все это полностью совпадает с определением Лавуазье.

Точно так же совпадает с ним позднейшее определение элемента, которое дал выдающийся французский химик *Шарль Жерар* в 1848 г. Под элементами Жерар понимал вещества, которые нельзя «заставить»

<sup>1</sup> John Dalton, A new system of chemical philosophy, ч. I, 1810, стр. 221—222 (см. перевод в «Сборнике работ по атомистике» Джона Дальтона, 1940, ст. 116).



разлагаться никакими средствами, которыми располагает химия. «Употребляя эти средства разложения над всеми телами природы,— писал Жерар,— химик привел материю к небольшому числу частей различного качества, которые противостоят всем усилиям анализа; их называют телами *неразложимыми*, или элементами... Новейшая химия считает около пятидесяти так называемых простых тел; может быть, со временем число это увеличится, может быть, уменьшится; только один опыт может решить это»<sup>1</sup>.

Д. И. Менделеев в своих «Основах химии» привел определение Лавуазье, указывая, что элементами считаются вещества неразложенные<sup>2</sup>. Таким образом, эмпирико-аналитическое определение Лавуазье продержалось до конца XIX в. Однако у Менделеева мы уже находим нечто, отличное от того, что содержалось в определении Лавуазье. Видя в химическом анализе самые мощные средства разложения вещества, Менделеев в ряде случаев вместо того, чтобы говорить о неразложимости элементов и их атомов при воздействии на них любыми средствами (что буквально соответствует определению Лавуазье), говорит о неразложимости их при химических реакциях. Так, он писал, что атомы «признаются химически неделимые»<sup>3</sup>, что молекулы «состоят из атомов, неделимых химически, т. е. целиком, без всякого рода изменений, переходящих при всевозможных, даже химических, изменениях из одних частиц в другие»<sup>4</sup>, что, в отличие от атомов Демокрита, которые считались пределом *механической* делимости вещества, атомы современных естествоиспытателей рассматриваются как «неделимые при химических изменениях»<sup>5</sup> и т. д.

В этих менделеевских формулировках атомы и элементы определяются как *химически* неразложимые вещества. Однако пока химические изменения были самыми глубокими, а химические воздействия — самыми мощными, приведенные формулировки, так же как и раньше определение элемента, данное Ломоносовым, ни в чем по существу не расходились с определением Лавуазье. Ибо, если вещество не было разложено даже химическими способами, то оно не могло быть при тех условиях разложено никакими способами вообще. Поэтому менделеевские формулировки в XIX в. были по сути дела адекватны определению Лавуазье<sup>6</sup>.

Выразим графически соотношение между объектом и определением Лавуазье ( $L$ ), существовавшее в XIX в. (см. рис. 2).

Левый чертеж на рис. 2 указывает, что все химические соединения уже разложены (круг  $C$  заштрихован полностью), но ни один реальный химический элемент еще не разложен (круг  $E$  целиком чист). Поэтому объем понятия элемента, согласно определению Лавуазье ( $L$ ), в точности совпадает с объемом реальных элементов ( $E$ ): ничего лишнего к нему не прибавлено и ничего не упущено из того, что должно быть охвачено определением элемента (см. правый чертеж на рис. 2).

Определение Лавуазье явилось прототипом всех позднейших эмпирико-аналитических определений элемента. В связи с этим следует под-

<sup>1</sup> Шарль Жерар, Введение к изучению химии, по унитарной системе, СПб., 1865, стр. 6—7.

<sup>2</sup> См. Д. Менделеев, Основы химии, изд. 8, СПб., 1906, стр. 9.

<sup>3</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, 1934, стр. 376.

<sup>4</sup> Там же, стр. 375.

<sup>5</sup> Там же, стр. 370.

<sup>6</sup> Напомним, что здесь рассматриваются лишь те формулировки Бойля, Ломоносова, Дальтона и Менделеева, которые касаются эмпирико-аналитического, а не атомно-теоретического понятия элемента. Разбору теоретического понятия элемента, данного Бойлем, Ломоносовым и Дальтоном на основе атомистики и Менделеевым на основе периодического закона, посвящена вторая часть нашей работы.

черкнуть сугубо аналитический характер, который приписывался тогда понятию элемента. Эту черту понятия элемента отметил, в частности, К. Фаянс. «Основной смысл и главная цель понятия элемента для химии состоит прежде всего в том, что это понятие вместе с понятием соединительного веса (атомного веса) служит для исчерпывающего качественного и количественного анализа состава вещества. Со своей стороны этот анализ образует исходный пункт любого действия химика. Этот факт нужно всегда иметь перед собой, когда хотят произвести пересмотр бойлевского определения»<sup>1</sup>.

Таким образом, Фаянс считает, что при любом пересмотре понятия элемента должен быть сохранен его аналитический характер; главная цель, которой служит понятие элемента, по Фаянсу, состоит в том, чтобы

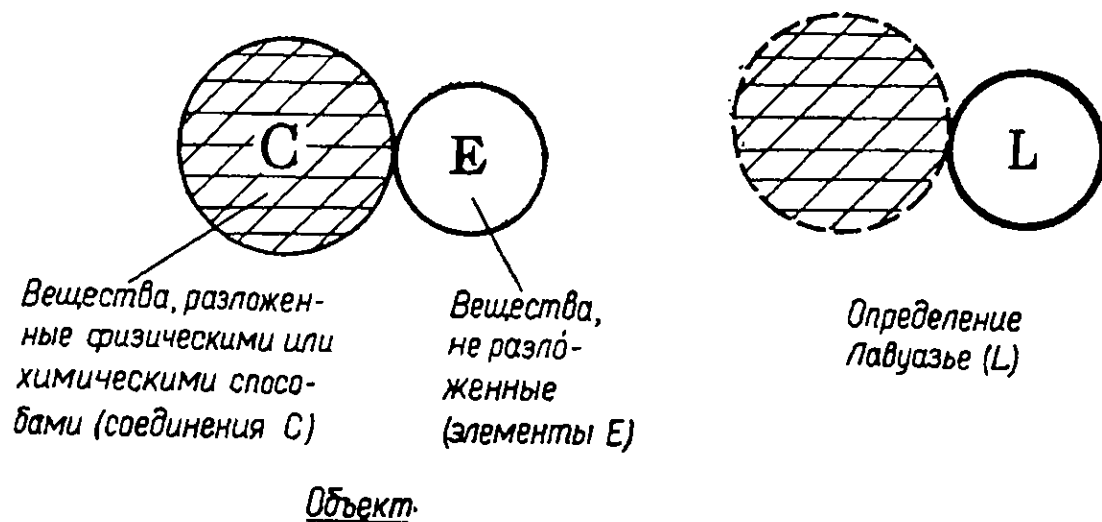


Рис. 2

«выражать состав веществ», поскольку сам «элемент образует границу аналитического искусства химика как в отношении возможности разложения, так и возможности различения»<sup>2</sup>.

Эти замечания Фаянса нужно учитывать, когда речь будет идти о ломке старого понятия элемента и его определения, данного Лавуазье, и о его видоизменениях, возникших в XX в. в связи с новыми физическими открытиями.

### 3. ЭТАП ОТКРЫТИЯ РАДИОАКТИВНОСТИ (1903—1913)

Когда в результате открытия и осмысливания процесса радиоактивности рухнуло старое представление о неизменных и неразложимых элементах, то единственное, что, по мнению многих химиков, уцелело среди руин прежнего учения об элементах, было определение Лавуазье. В самом деле: в начале XX в. никакими известными тогда способами нельзя было не только вызвать искусственно трансмутацию элементов, но даже повлиять хотя бы в малейшей степени на скорость и самое направление естественного радиоактивного распада. Если элементы и разлагались, то происходило это лишь спонтанно (самопроизвольно), совершенно независимо от участия экспериментатора. Поэтому явление радиоактивности можно было чисто формально согласовать с положением Лавуазье, что элементы суть «вещества, которые мы еще не смогли никаким способом разложить». Такое положение было высказано в 1906 г. русским химиком А. И. Горбовым и в 1913 г. П. И. Вальденом, находившимся тогда в России. На первый взгляд эти химики просто повторили опреде-

<sup>1</sup> „Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik“, т. 14, 1917, стр. 317.

<sup>2</sup> Там же, стр. 320, 324.

ление Лавуазье. Однако по существу это не было простое повторение, ибо в нем заключалось нечто новое по сравнению с тем, что говорилось о химических элементах до 1903 г.

Когда Лавуазье писал, что элементы суть вещества, которые еще не поддаются разложению, то неразложимость их естественным путем предполагалась сама собой разумеющейся. Если бы, например, едкое кали, которое тогда еще не разлагалось с помощью искусственных средств анализа, разлагалось путем какого-либо спонтанного, естественного процесса, то это обстоятельство, безусловно, было бы использовано Лавуазье для того, чтобы не считать едкое кали химическим элементом. Точно так же, если бы в то время был уже открыт радий и было установлено, что он разлагается спонтанно с превращением в другие элементы, то, несомненно, что Лавуазье не считал бы его химическим элементом.

Но так как во времена Лавуазье химические элементы совершенно не поддавались разложению, то не было нужды перечислять, какими именно способами они не разлагаются. Достаточно было указать на их неразложимость вообще, или на их неразложимость искусственными средствами, или же на их неразложимость химическими способами, чтобы охватить этим определением не только все химические элементы, но даже, как мы видели, часть химических соединений. Поэтому в XVIII в. не могло возникнуть необходимости в каком-либо расчленении признака неразложимости вещества. Признаком элемента у Лавуазье была его *неразложимость вообще*, под которой подразумевались любые средства разложения, искусственные и естественные, физические и химические.

После 1903 г. появилось принципиально новое обстоятельство: была доказана спонтанная, естественная разложимость элементов. Теперь уже для того, чтобы удержать старое определение, потребовалось подразделить признак неразложимости на неразложимость *естественную* и неразложимость *искусственную*. Первый признак отпал у химических элементов в силу радиоактивности. Остался один второй. Следовательно, на место прежнего признака неразложимости вообще, составлявшего основу определения Лавуазье, появился новый признак — признак искусственной неразложимости. После 1903 г. этот новый, уточненный признак составил содержание видоизмененного эмпирико-аналитического понятия элемента. Так возникло видоизмененное Горбовым эмпирическое определение элемента. Оно гласило:

«Пределом ее (химической разнородности) являются так называемые элементы, т. е. виды материи, которые мы пока не были в состоянии заставить распасться на химически разнородные вещества»<sup>1</sup>.

Близкое к этому определение мы находим у Вальдена (1913 г.): «Химический элемент в общем должен быть рассматриваем *не как вещество неразложимое*, а как вещество до сих пор еще неразложимое или при известных в настоящее время употребляемых способах воздействия не разлагающееся»<sup>2</sup>.

Текстуально эти определения ничем не отличаются от определения Лавуазье. Однако они отличаются от него по содержанию, поскольку Горбов и Вальден сознательно исключают один тип разложения вещества — спонтанное разложение, чего не было и не могло быть у Лавуазье. Поэтому приведенные только что определения следует рассматривать

<sup>1</sup> А. Горбов, Химические элементы и их простейшие соединения, ч. 1, 1908, стр. 7—8.

<sup>2</sup> П. И. Вальден, Наука и жизнь, ч. III, НТИ, Петроград, 1921, стр. 87.

как существенно отличные от определения Лавуазье. Фаянс отметил тот факт, что определение Лавуазье может быть сохранено в XX в. только при условии замены признака общей неразложности признаком *искусственной* неразложности, т. е. при условии, если оно будет использовано как исключяющее *естественную разложность* вещества. Исходя из того, что «радиоактивные исследования наложили на учение об элементах неизгладимую печать на все времена»<sup>1</sup>, Фаянс проводит следующее принципиальное различие между радиоактивным разложением, как только естественным процессом, и химическим разложением. «До последнего времени важнейшее различие обоих явлений разложения состояло в том, что на радиоактивные превращения никоим образом нельзя было повлиять искусственно или их обратить, между тем как разложение соединений на элементы и обратный процесс был в наших руках. Вместе с тем легко было установить здесь резкую границу»<sup>2</sup>.

Соответственно этому, рассматривая определение Лавуазье как исключяющее естественную разложность вещества, Фаянс мог с позиций этого определения считать, например, радий элементом несмотря на его реальную разложность и разложность. Вот почему Фаянс писал, что «естественные превращения радиоэлементов легко можно было помирить со старым определением элемента...»<sup>3</sup>.

К этому же вопросу немецкий химик *Вегшейдер* подошел с чисто утилитарной точки зрения как химик-эмпирик: «Для химика,— писал он,— важен не вопрос о несотворимости или неразложности элемента, а только различие между процессами, поддающимися и не поддающимися искусственному влиянию»<sup>4</sup>.

Наиболее, пожалуй, отчетливо сформулировал этот вопрос американский химик *Александр Смит* в 1917 г. Он дал следующее определение элемента: «Элемент — определенный вид материи, который мы не в состоянии ни разложить, по желанию, на другие вещества, ни составить химически из других веществ»<sup>5</sup>.

Смит поясняет, что мы должны быть осторожны и не должны говорить, что вещества, считаемые простыми, не могут быть разложены, но только — что мы «не в состоянии» (в настоящее время) их разложить.

«Слова «по желанию» имеют важный смысл,— указывает Смит.— Радий... не может быть разложен по желанию, но он подвергается непрерывному распаденю, в результате которого получаются элементы гелий и свинец. Мы не в состоянии ни ускорить, ни затормозить это самопроизвольное разложение»<sup>6</sup>.

Из этих слов ясно видно, что подчеркивание признака «по желанию», т. е. *искусственно*, делается единственно для того, чтобы можно было считать радий химическим элементом (каковым он, несомненно, является), т. е. для того, чтобы иметь формальное основание отвлечься от факта *естественного*, спонтанного разложения радиоактивных элементов.

Исключение по каким бы то ни было причинам естественной разложности и разложности вещества из общего признака, который входил в определение Лавуазье, с логической точки зрения означает переход к новому определению элемента, а вовсе не сохранение старого определения Лавуазье в его полной неприкосновенности. Говоря о прими-

<sup>1</sup> К. Фаянс, Радиоактивность..., 1922, стр. 8.

<sup>2</sup> Там же, стр. 93.

<sup>3</sup> Там же, стр. 89.

<sup>4</sup> „Zeitschrift für physikalische chemie“, т. 92, 1918, стр. 748.

<sup>5</sup> А. Смит, Введение в неорганическую химию, т. I, Гостехиздат, 1931, стр. 22.

<sup>6</sup> Там же, стр. 22—23.

рени факта радиоактивного распада со старым определением элемента, Фаянс по существу имеет в виду не определение Лавуазье, а определение Горбова, в котором в явной форме выражено то, на что указывал Фаянс в проведенном выше рассуждении.

Разумеется, если свои доводы строить только на грамматическом, а не на смысловом, не на логическом анализе определений, то можно прийти к выводу, что определение Лавуазье, будучи текстуально повторено в начале XX в., может быть сохранено полностью; но основания для этого весьма шатки; правда, Бойль и Лавуазье писали лишь о доступных нам способах разложения вещества; но и Бойль, и Лавуазье, — в чем не может быть никаких сомнений, — подразумевали, что в число этих способов входят и все случаи естественного разложения. Поэтому попытку подойти к вопросу о судьбе определения Лавуазье в XX в., с точки зрения его чисто словесной формы, надо признать ненаучной, по существу своему казуистической.

В качестве примера такого подхода к вопросу можно привести статью немецкого химика Г. Реми «К определению понятия химического элемента». В ней автор рассматривает результат, который возникает «из чисто формальной точки зрения, т. е. на основе дословного содержания бойлевского определения»<sup>1</sup>. Следуя этой точке зрения, Реми приходит к выводу, что бойлевское определение является образцом строго естественнонаучного определения и что оно может быть удержано и сегодня (1918) в своем неизменном виде, ибо оно «по сегодняшнему состоянию наших знаний еще вполне правильно»<sup>2</sup>.

Отвергая формально-грамматический подход к определению элемента, мы считаем, что в XX в. явно или неявно в определение Лавуазье была *по существу* внесена поправка, превратившая это определение в новое, которое отвечает этапу открытия радиоактивности. Сказанное можно резюмировать так:

*Определение Горбова: Элемент есть вещество, неразложное никакими искусственными способами.*

Анализируя происшедшее изменение в эмпирико-аналитическом понятии элемента, мы снова обнаруживаем ту же характерную для него тенденцию сокращать свой объем: после открытия радиоактивности из определения Лавуазье выпали все радиоактивные элементы. Следовательно, объем понятия, согласно определению Лавуазье, стал снова неадекватным кругу реальных элементов. Но если во времена Лавуазье он был шире последнего, то теперь он стал уже его; он охватывал теперь собою только часть элементов, а именно, он охватывал только одни нерадиоактивные элементы. Иначе говоря, объем понятия элемента, определенный по Лавуазье, как вещества, неразложного любыми средствами, начал сокращаться от значения, большего, нежели объем самого предмета (XVIII в.), затем прошел через значение, равное объему предмета (XIX в.) и под конец сузился до значения, меньшего этого последнего (XX в.). Поэтому химикам предоставлялось два пути: либо подчеркнуть в определении элемента момент искусственной неразложности, что и сделал Горбов, либо согласиться с тем, что из определения элемента должны выпадать радиоактивные элементы. Введя новый признак *искусственной неразложности* в определение элемента, Горбов тем самым расширил объем понятия элемента настолько, что он снова стал адекватным кругу реальных элементов; до 1913 г. определе-

<sup>1</sup> „Die Naturwissenschaften“, 1918, стр. 526.

<sup>2</sup> Там же, стр. 530.

ние Горбова могло удовлетворять требованиям науки, подобно тому как определение Лавуазье удовлетворяло им в течение XIX в.

По второму пути пошел немецкий химик *Вильгельм Оствальд*. Он настаивал на неразложимости элементов вообще, т. е. на определении Лавуазье, уже после того, как была доказана несомненная разложимость некоторых элементов и когда их разложенность стала уже фактом. В порядке обобщения Оствальд сформулировал некий «закон сохранения элементов». Из этого «закона» следовало, что «ни один элемент не может быть превращен в какой-нибудь другой»<sup>1</sup>. В примечании к этому месту, ссылаясь на радий, Оствальд оговаривается, что все это правильно, «кроме особенного, исключительного случая». Но именно этот особенный, исключительный случай и требовал отказаться от определе-

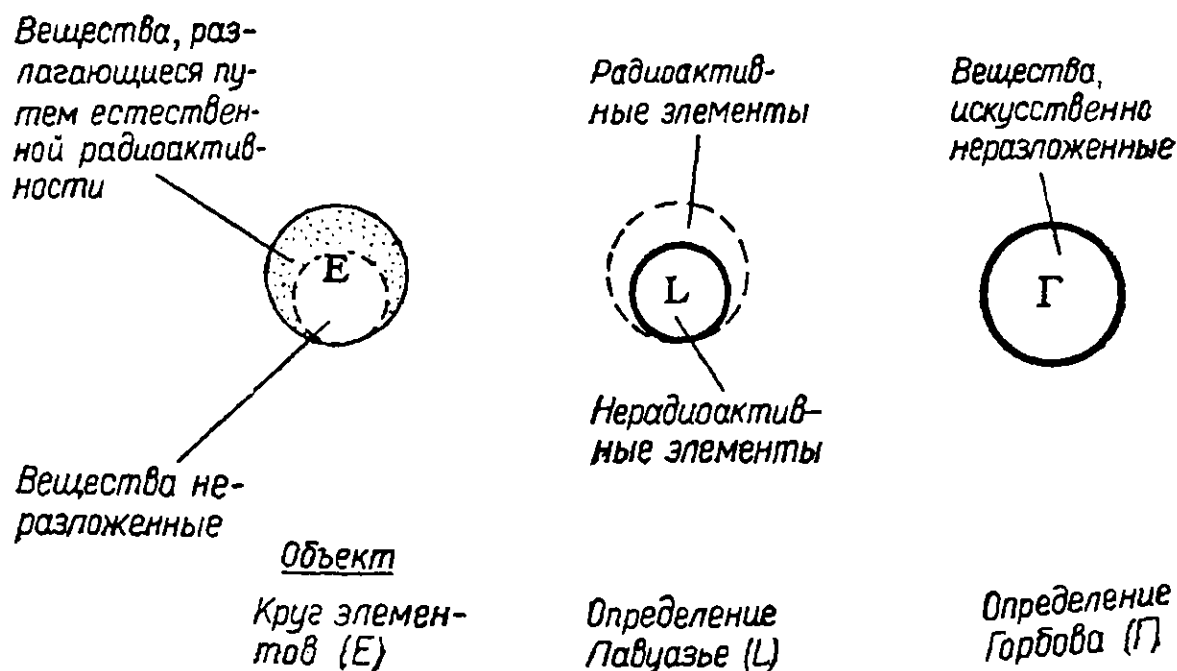


Рис. 3

ния Лавуазье, утратившего былую адекватность, и перейти к определению Горбова. Попытка же Оствальда тянуть науку назад окончилась, разумеется, полным крахом.

Выразим графически вновь сложившееся соотношение между объектом и определениями Лавуазье и Горбова (см. рис. 3).

Левый чертеж на рис. 3 изображает объем реальных элементов (круг *E*). Внешняя часть этого круга (штриховка пунктирная) представляет собой радиоактивные элементы, которые оказались разлагающимися естественным путем, спонтанно, но оставались неразложимыми с помощью искусственных средств воздействия на вещество. Внутренняя часть круга *E* (чистая) изображает нерадиоактивные элементы, разложимость которых вообще еще не была тогда установлена. Определение Лавуазье (*L*) охватывает собою теперь лишь эту внутреннюю часть круга *E* (т. е. только часть реальных элементов, а именно только одни нерадиоактивные элементы); радиоактивные элементы оказываются теперь уже за пределами определения Лавуазье (*L*) (см. средний чертеж на рис. 3). Напротив, определение Горбова (*G*) охватывает все элементы, радиоактивные или нерадиоактивные, поскольку все они не поддаются разложению искусственным путем. С точки зрения определения Горбова (*G*), естественная радиоактивность элементов не принимается во внимание; поэтому пунктирование части круга *E* здесь не нужно (см. правый чертеж на рис. 3).

<sup>1</sup> В. Оствальд, Основы неорганической химии, М., 1914, стр. 84.

Анализируя отношения, представленные на рис. 3, никак нельзя согласиться с Реми, который на основе формального подхода к элементу пришел к выводу, будто границы объема бойлевского определения (т. е. определения Лавуазье) не претерпели изменения. С логической стороны суть дела заключалась в том, что эти границы оказались суженными и благодаря открытию радиоактивности; для того же, чтобы их восстановить, пришлось центр внимания перенести на признак *искусственного* разложения, на котором ни Бойль, ни Лавуазье вообще не делали никакого ударения. Следовательно, на деле речь шла вовсе не о том, что границы объема старого определения остались неизменными, как это кажется Реми, а о том, что надо их восстановить после того, как они были нарушены вследствие открытия радиоактивности. Последнего как раз и не понял Реми.

#### 4. ЭТАП ОТКРЫТИЯ ИЗОТОПИИ (1913.—1919)

Еще до 1913 г. было обнаружено новое явление у химических элементов: химические свойства у членов различных радиоактивных рядов совпадали, хотя их атомные веса были различны.

В 1912 г. впервые был обнаружен составной характер у нерадиоактивного элемента — неона, часть атомов которого имела массу 20, а другая, менее значительная часть, — массу 22. Чтобы обобщить эти факты, английский физик Ф. Содди в 1913 г. предложил ввести новое понятие «изотоп». Вскоре было доказано, что при помощи *физических* способов можно разделять изотопы или, если не разделять их полностью, то по крайней мере обогащать ими ту или иную часть смеси. К числу таких физических способов относились способы, основанные на использовании различий в атомных массах, например способ диффузии, основанный на различии молекулярных весов у изотопов. Был разработан весьма точный прием, который при помощи так называемого масс-спектрографа чисто физическим путем позволял обнаруживать, представляет ли тот или иной элемент смесь изотопов (и каких именно) или же один чистый изотоп. Таким образом, физические способы позволяли искусственно либо разделять обычные элементы на изотопы, либо устанавливая их смешанный, составной характер.

В связи с этим эмпирико-аналитическое определение элемента в его уточненном виде (с добавлением признака *искусственной* неразложимости) в свою очередь оказалось неадекватным: все элементы, смешанный характер которых был установлен или которые были фактически разделены на изотопы, тем самым выпадали из определения Горбова. Определение Горбова испытало такую же судьбу, как и определение Лавуазье: с прогрессом науки оно сузилось по объему до размеров, меньших круга определяемого предмета. Вполне понятно, что одновременно с этим само определение Лавуазье испытало еще большее сокращение объема вследствие того, что теперь из него выпадали не только элементы, подверженные естественной радиоактивности, но и все элементы, представляющие собой смеси изотопов.

Но при всем этом обнаружилось интересное явление: если определение Горбова применить не к действительным химическим элементам, а к их отдельным разновидностям — изотопам, то в этом случае определение Горбова может сохранить свое прежнее значение, но уже не в качестве определения элемента, а в качестве определения изотопа. Для того, чтобы не спутать, когда термин «элемент» отнесен к самим элементам, и когда он отнесен к их разновидностям — изотопам, будем брать его во втором случае в кавычки, памятуя, что речь тогда идет об изотопах,



называемых условно «элементами». В течение 1913—1919 гг. отдельный изотоп можно было считать, согласно определению Горбова, «элементом», ибо изотоп представлял тогда предел *искусственного* разложения вещества, поскольку сами изотопы не могли еще быть разложены искусственно каким-либо способом. Отсюда возникло эмпирико-аналитическое определение «элемента» (изотопа), данное Фаянсом в 1917 г. в статье «Понятие химического элемента и явление изотопии». Оно гласило:

«Элемент есть вещество, которое никаким физическим или химическим средством не было разложено на простые составные части и в отношении которого не было установлено, что оно является смесью других веществ»<sup>1</sup>. Под это определение до 1919 г. подходил каждый отдельный изотоп: во-первых, он не был смесью других веществ, во-вторых, не был веществом, поддающимся *искусственному* разложению.

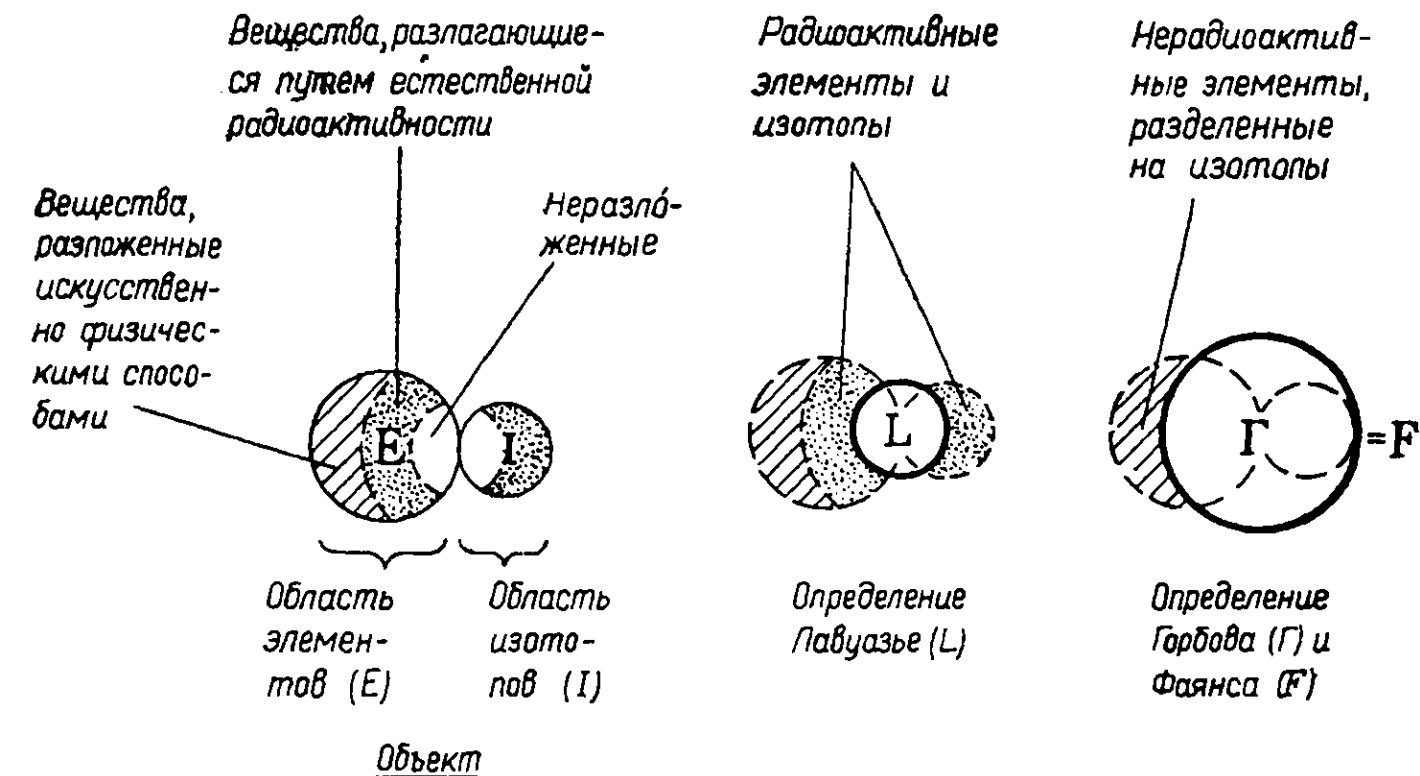


Рис. 4

Отвлечемся от спора о терминах. Заменяем в определении Фаянса слово «элемент» словом «изотоп». Тогда мы получим прежнее определение Горбова, только отнесенное не к элементам, а к изотопам. По существу это можно сформулировать так:

*Определение Фаянса: Изотоп есть вещество, неразложенное никакими искусственными способами.*

Выразим графически создавшееся отношение между объектом (элементом и изотопом) и определениями Лавуазье ( $L$ ), Горбова ( $\Gamma$ ) и Фаянса ( $F$ ) (см. рис. 4).

Левый чертеж на рис. 4 изображает в виде двух кругов область реальных элементов (круг  $E$ ) и область изотопов (круг  $I$ ). Внешняя часть круга  $E$  (заштрихована) представляет собой реальные элементы, разделенные искусственно на изотопы с помощью физических средств воздействия. Средняя часть круга  $E$  и внешняя часть круга  $I$  (штриховка) представляют собой элементы и изотопы, обладающие свойством естественной радиоактивности. Наконец, внутренние, соприкасающиеся области кругов  $E$  и  $I$  (чистые) включают элементы и изотопы, пока еще вообще неразложённые, например йод и фтор, состоящие каждый лишь из одного изотопа.

<sup>1</sup> „Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik“, т. 14, 1917, стр. 351.

Эта внутренняя часть обоих кругов  $E$  и  $I$  охватывается теперь определением Лавуазье ( $L$ ); за его пределами оказываются все радиоактивные элементы и изотопы, а также все элементы, разделенные на изотопы (см. средний чертеж на рис. 4).

Определение Горбова ( $G$ ), совпадающее с определением Фаянса ( $F$ ) (обозначено как  $G = F$ ), охватывает область неразложившихся веществ вообще плюс область радиоактивных элементов и изотопов, причем, поскольку оно учитывает лишь *искусственную* разложенность вещества, пунктирное обозначение внутри кругов  $E$  и  $I$  здесь снято; за пределом определения Горбова ( $G$ ) оказывается внешняя часть круга  $E$ , т. е. элементы, которые искусственно, физическим путем удалось разделить на изотопы.

Целесообразность своего определения Фаянс видел именно в том, что оно позволило сохранять старое определение «элемента» без всяких (по мнению Фаянса) изменений. «Если хотят сохранить по возможности неизменным установленное Бойлем определение элемента, — писал Фаянс, — то нужно рассматривать изотопы как различные элементы»<sup>1</sup>.

В другом месте Фаянс отмечает тот факт, что, по его мнению, открытие изотопов вызвало необходимость в еще более глубоком пересмотре определения элемента, нежели то, которое повлекло за собой открытие радиоактивного распада. Он указывает, что если принять взгляд, высказанный по вопросу о соотношении явления изотопии и понятия элемента, то это потребует «полного преобразования понятия элемента»<sup>2</sup>.

С тем расчетом, чтобы избежать ломки старого понятия элемента Фаянс и предложил перенести его целиком, с самих элементов на изотопы.

Итак, ответом на открытие явления изотопии и физических способов искусственного разделения элементов на изотопы явилось фактическое перенесение определения Горбова с элементов на изотопы. Но это не представляло собой единственно возможный выход из создавшегося положения. Можно было не переносить понятия элемента с прежнего объекта (с химических элементов) на новый объект (изотопы), а попытаться, идя уже начатым путем, ввести еще один новый признак в определение Лавуазье (дополнительно к тому, который был введен Горбовым). Для этого нужно было только вернуться к приведенной выше формулировке Ломоносова и Менделеева; согласно ей, под элементами следовало теперь понимать вещества, неразложимые искусственно, но не вообще, а лишь с помощью *химических* способов.

В самом деле: вследствие признававшейся тогда полной химической тождественности изотопов разделить обычные элементы на изотопы химическим путем представлялось до 1932 г. абсолютно невозможным. По этой же причине химические способы не давали возможности устанавливать смешанный характер обычных элементов, т. е. различать отдельные изотопы внутри их смеси; каждый изотоп данного элемента в отдельности и любая их смесь вели себя с химической точки зрения как одно и то же вещество. Так, например, обычный свинец со средним атомным весом 207,21 и каждый изотоп свинца — с атомным весом  $A = 206$  (урановый и актиниевый свинец) и  $A = 208$  (ториевый свинец), а также любая смесь этих «свинцов» в химическом отношении вели себя как вполне однородное вещество, представляющее один и тот же химический элемент, называемый свинцом. Итак, можно было снова видоизменить определение Лавуазье (а вместе с ним — и определение Горбова) так.

<sup>1</sup> „Zeitschrift für Elektrochemie“, т. 24 1918, стр. 163.

<sup>2</sup> К. Ф а я н с, Радиоактивность..., 1922, стр. 89.

чтобы на этот раз элементарным считать такое вещество, которое не разлагается на составные части не вообще, а лишь *химическим* путем. На этом и строилось эмпирико-аналитическое определение, данное немецким химиком *Фрицем Панетом* в 1916 г. в статье «О понятии элемента и атома в химии и радиологии». Оно гласило:

«Элемент есть вещество, которое никаким химическим способом не может быть разложено на простые вещества. Вещества, которые этому условию удовлетворяют, считаются одним и тем же элементом, если они, будучи смешаны друг с другом, не могут быть снова разделены каким-либо химическим способом»<sup>1</sup>.

Таким образом, у Панета признак неразложимости элемента претерпел дальнейшую дифференциацию: искусственная неразложимость расщепилась на неразложимость физическими средствами и неразложимость химическими средствами, т. е. на *физическую искусственную неразложимость* и на *химическую искусственную неразложимость*. Первый признак отпал вследствие открытия физических способов разделения изотопов. Остался один второй признак, как последняя часть, сохранившаяся от прежнего признака полной неразложимости элементов, т. е. от определения Лавуазье.

Как и Фаянс, Панет пытался доказать, что предложенное им определение совпадает с прежним определением элемента и что, следовательно, речь идет не о каком-то новом определении, а о сохранении старого, ранее уже принятого в химии. Если Фаянс с этой целью пытался на первое место поставить формально-грамматическую сторону старого определения элемента, то Панет выдвигает на первое место его содержание, но, как увидим далее, понятое также чисто формально. Поскольку в XVII—XVIII вв. химический анализ вещества был самым глубоким, постольку, говоря о любых способах разложения вещества, Бойль и Лавуазье могли иметь в виду только химические способы как самые мощные. В связи с этим можно утверждать, что под элементом должно было мыслиться *химически* неразложимое вещество. Перенося определение элемента, истолкованное таким способом, из XVII в. в XX в., Панет подводит под свое определение историческое оправдание. Формализм такого подхода в данном случае не менее очевиден, чем это было отмечено при анализе рассуждений Фаянса и Реми. Если же подходить не формально, а по существу, то единственно верной была бы такая постановка вопроса: отвечает ли духу взглядов Бойля, Ломоносова и Лавуазье признание какого-либо вещества за элемент, если оно оказалось разложено все равно каким способом или процессом? По смыслу определений всех трех названных химиков на этот вопрос мог следовать только отрицательный ответ: нет, такое вещество нельзя больше считать элементом. Поэтому никакие формальные ухищрения не могут служить теперь, спустя 150—200 и даже 300 лет, историческим оправданием вносимых в определение Лавуазье поправок. Надо ясно отдать себе отчет в том, что эти поправки изменяют самое определение и что говорить о полном сохранении определения Лавуазье или Бойля не приходится. Но именно этого не учитывал Панет, когда он говорил об определении Бойля. Что касается определения Лавуазье, то Панет проводит различие между ним и определением Бойля. Считая, что его, Панета, определение элемента просто повторяет определение Бойля, Панет понимает, что признак «никакими химическими способами» является ограничением, введенным в определение Лавуазье<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> „Zeitschrift für physikalische Chemie“, т. 91, 1916, стр. 198.

<sup>2</sup> См. Труды Юбилейного Менделеевского съезда, т. I, 1936, стр. 143.

Оправдывая необходимость такого ограничения, Панет пытался отправляться от того, что определение Лавуазье носило *химический* характер, ибо своим определением Лавуазье хотел обозначить только «высшую цель химического анализа»<sup>1</sup>. В этом отношении взгляды Лавуазье вполне согласуются с химико-аналитическим определением элемента, которое дал Бойль.

«Как это предлагал уже Бойль,— писал Панет,— химические элементы только относительно постоянны, т. е. они остаются неизменными при химических превращениях»<sup>2</sup>. На этом основании Панет считает, что определение, аналогичное его, Панета, определению, было дано еще Бойлем. Однако сослаться на Бойля и Лавуазье при ограничении способов разложения вещества химическими способами нельзя еще по одной причине: в XVII и XVIII вв. не существовало еще точного разграничения между химическими и физическими способами; поэтому даже Лавуазье включал, например, световую и тепловую «материю» в свою таблицу химических элементов и тем самым рассматривал физические процессы как химические.

С точки зрения химико-аналитического определения элемента, радиоактивный распад не вызывает никаких трудностей, поскольку он представляет собой не химический, а чисто физический процесс. Поэтому радий может считаться элементом, хотя он и способен физическим путем спонтанно разлагаться. Но изотопы, как подчеркивает Панет, вызывают определенную трудность. Эту трудность можно обойти, если придерживаться определений Бойля или Лавуазье, а еще лучше, добавим мы,— определения Ломоносова в их химико-аналитическом истолковании. В соответствии с этим Панет подчеркивает необходимость применять «для всех *химически* неразлагаемых далее веществ определение Бойля, поскольку это определение не потеряло своего значения для химии несмотря на открытие изотопов»<sup>3</sup>.

В дальнейшем Панет все время связывает и прямо отождествляет «химическое толкование понятия элемента» с «химико-аналитическим понятием, введенным Бойлем»<sup>4</sup>. При этом Панет исходит из того же общего эмпирико-аналитического понятия элемента, из какого исходит и Фаянс, только трактует это понятие более узко, в смысле химическом. Так, он указывает, что «химик не станет вводить изотопы в свои таблицы элементов в целях химического анализа, понимая «элементарный анализ» в прежнем смысле»<sup>5</sup>.

Когда Реми<sup>6</sup> утверждал, что Панет принимает «аналитическое разложение в качестве решающего критерия» для установления понятия химического элемента, то Панет вполне согласился с такой оценкой и признал, что он действительно строит «определение элемента на этой основе», обозначая «химическими элементами те вещества, которые противостоят химическому разложению»<sup>7</sup>.

Все это значит, что никакого принципиального различия между взглядами Панета и Фаянса на элементы в данном случае нет и тот и другой придерживаются эмпирического и вместе с тем аналитического понятия элемента с тем только отличием, что Панет вводит в определение Лавуазье дополнительный признак *химической* неразложимости, а

<sup>1</sup> „Zeitschrift für physikalische Chemie“, т. 91, 1916, стр. 173.

<sup>2</sup> Труды Юбилейного Менделеевского съезда, т. I, 1936, стр. 145.

<sup>3</sup> „Zeitschrift für physikalische Chemie“, т. 91, 1916, стр. 183.

<sup>4</sup> Там же, стр. 188.

<sup>5</sup> Там же, стр. 189.

<sup>6</sup> См. „Die Naturwissenschaften“, 1918, стр. 525.

<sup>7</sup> Там же, стр. 646.

Фаянс вводит в него такой же дополнительный признак искусственной неразложности. При этом и тот и другой называют свое определение бойлевским. И итоге неизбежно должна была возникнуть путаница понятий. Фаянс заявляет: тот факт, что в природе изотопы встречаются разделенными, «не допускает считать смесь изотопов с точки зрения бойлевского определения одним элементом»<sup>1</sup>. Напротив, Панет заявляет: смесь изотопов есть один элемент, и это согласуется с определением Бойля, ибо «два элемента обозначаются одним именем, если они, будучи однажды смешаны между собой, никаким химическим способом не могут быть опять разделены»<sup>2</sup>. Последнее же утверждение представляет «в основе только последовательное распространение бойлевского определения на нашу проблему»<sup>3</sup> (т. е. на случай смеси изотопов).

Итак: одно и то же определение Бойля, по мнению Фаянса, доказывает одно (что изотоп есть элемент), а, по мнению Панета, — нечто прямо противоположное (что изотоп не есть элемент, а есть разновидность элемента). Естественно, что такие противоречивые, с формально-логической точки зрения, утверждения не могли не вызывать путаницу у тогдашних химиков.

Со своей стороны, мы показали, что эта противоречивость и путаница возникли оттого, что Панет и Фаянс с различных, но в равной степени формальных, позиций подошли к определению Лавуазье, стараясь доказать, что они берут его неизменным и переносят из XVIII в. в XX в. В действительности же каждый из них по существу изменял это старое определение, причем изменял по-разному; в итоге получились два новых определения, одно — Панета, другое — Фаянса; они были не только различными между собой, но и отличными в обоих случаях от исходного определения Лавуазье.

Остановимся теперь на определении Панета. Сказанное относительно него можно сформулировать так:

*Определение Панета: Элемент есть вещество, неразложимое никакими искусственными химическими способами.*

Однако определение Панета оказалось в одном отношении неадекватным понятию реального химического элемента: оно включало в число элементов и смеси инертных газов; такие смеси нельзя было в то время разделить химическим путем на отдельные компоненты. Этот существенный недостаток подметил Фаянс — противник Панета.

С этим соглашался и сам Панет; вместе с венгерским химиком *Георгом Хевеши* он указывал, что «если вещество вообще не вступает ни в какие химические реакции, как, например, благородные газы, то естественно, что критерий химической неразделимости к ним неприменим...»<sup>4</sup>. В качестве смягчающего обстоятельства Панет указывал на то, что к установлению понятия химического элемента привел не тот исключительный случай, который представляют собой благородные газы, а химическая неразложимость таких обычных элементов как золото, ртуть и др. Но ясно, что этот аргумент отнюдь не является ответом по существу против возражения Фаянса, ибо, если для данного определения признаются и с к л ю ч е н и я, то тем самым признается его неадекватность и, следовательно, его формально-логическая несостоятельность.

Другое возражение против определения Панета сделал в 1925 г. французский химик *Жан Урбен*; Урбен в принципе считает несостоя-

<sup>1</sup> „Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik“, т. 15, 1918, стр. 102.

<sup>2</sup> „Zeitschrift für physikalische Chemie“, т. 91, 1916, стр. 183.

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> Г. Хевеши и Ф. Панет, Радиоактивность, 1925, стр. 160.

тельным то, что «аналитические методы исследования стали делить на две группы. Методы, вошедшие в одну группу, получили название *лимитических*, все остальные — *физических*»<sup>1</sup>.

Считая такое деление совершенно искусственным и произвольным, Урбен вскрывает познавательную цель, ради которой оно было предпринято; эту цель он видит в попытке спасти основу старого определения Лавуазье после того, как этому определению был нанесен сокрушительный удар в результате научных открытий, доказывающих разложи-

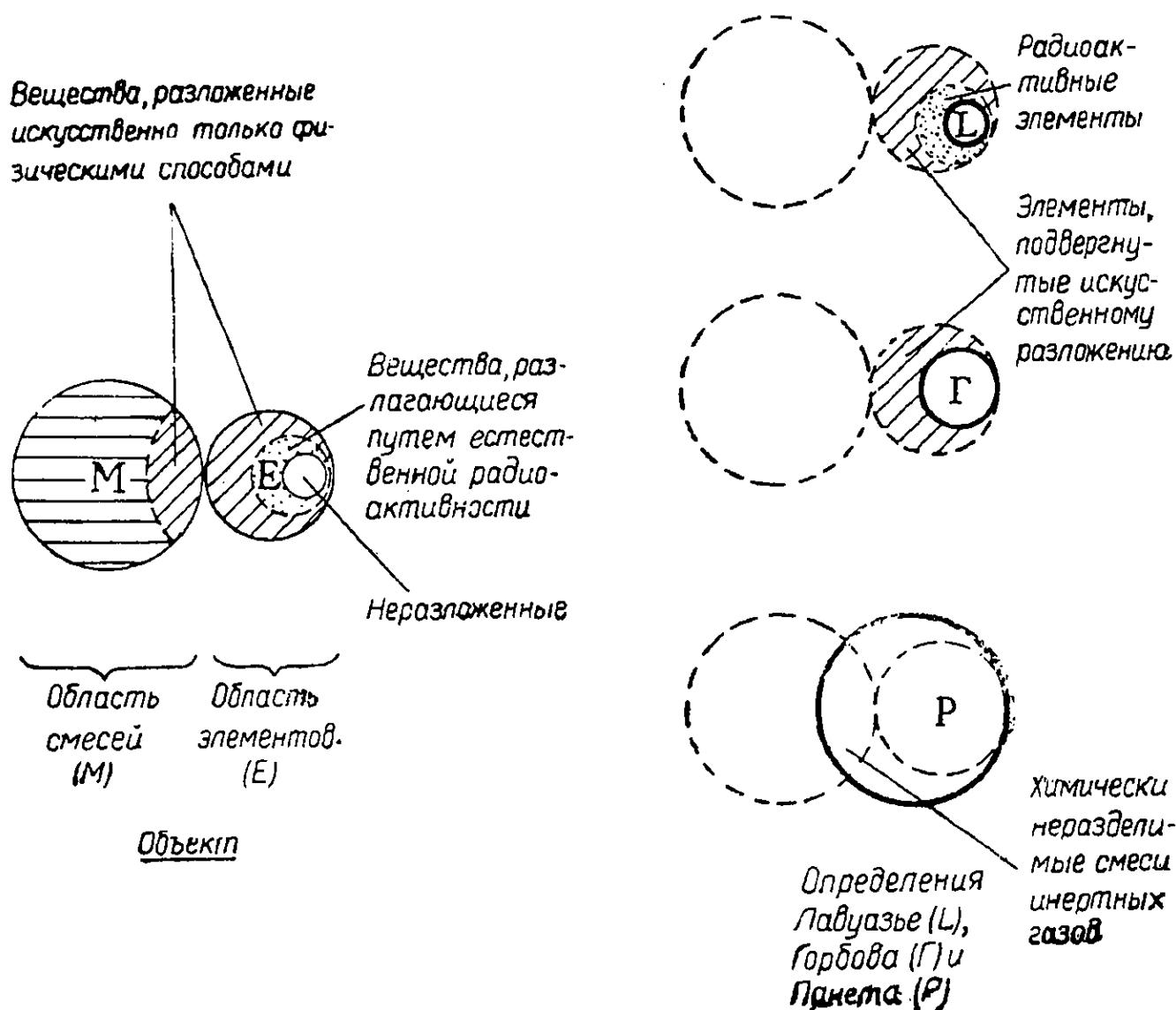


Рис. 4 а

мость элементов. «Для того, чтобы упрочить пошатнувшиеся верования, — пишет там же Урбен, — пришлось создать искусственные категории, условный характер которых прямо бросается в глаза».

Сравнивая определение Панета с определением Лавуазье, можно заметить следующее: определение Панета в XX в. оказалось в таком же отношении к кругу реальных элементов, в каком по отношению к их кругу определение Лавуазье было в XVIII в.: оба оказались шире, чем им надлежало быть. Выразим графически новое соотношение между объектом и определениями Лавуазье (L), Горбова (Г) и Панета (P) (см. рис. 4 а).

Левый чертеж на рис. 4 а обозначает область реальных физических смесей (круг M) и область реальных элементов (круг E). Внешняя часть круга M (заштрихована горизонтальными линиями) представляет собой физические смеси химически различных веществ, которые могут быть разделены как физическими, так и химическими способами. Ни

<sup>1</sup> Ж. Урбен, Химический элемент и атом, 1929, стр. 19.

один реальный элемент химическим путем не разделен на изотопы; поэтому внутри круга  $E$  горизонтальная штриховка отсутствует. Некоторые физические смеси (смеси инертных газов), будучи физическим путем разделимы, химически неразделимы (см. внутреннюю часть круга  $M$ , заштрихованную наклонными линиями). Круг  $E$  повторяет то, что изображено на рис. 4 и о чем уже говорилось выше.

Определение Лавуазье ( $L$ ) охватывает только внутреннюю (чистую) часть круга  $E$  (элементы, неразложившиеся никакими средствами; см. верхний чертеж справа на рис. 4  $a$ ). Определение Горбова ( $G$ ) охватывает, кроме того, и радиоактивные элементы (запунктиренную область в круге  $E$ ); пунктиры, как и раньше здесь сняты (см. средний чертеж справа на рис. 4  $a$ ). Определение Панета ( $P$ ) охватывает собой все химически неразложившиеся вещества, т. е. области обоих кругов ( $M$  и  $E$ ), где нет

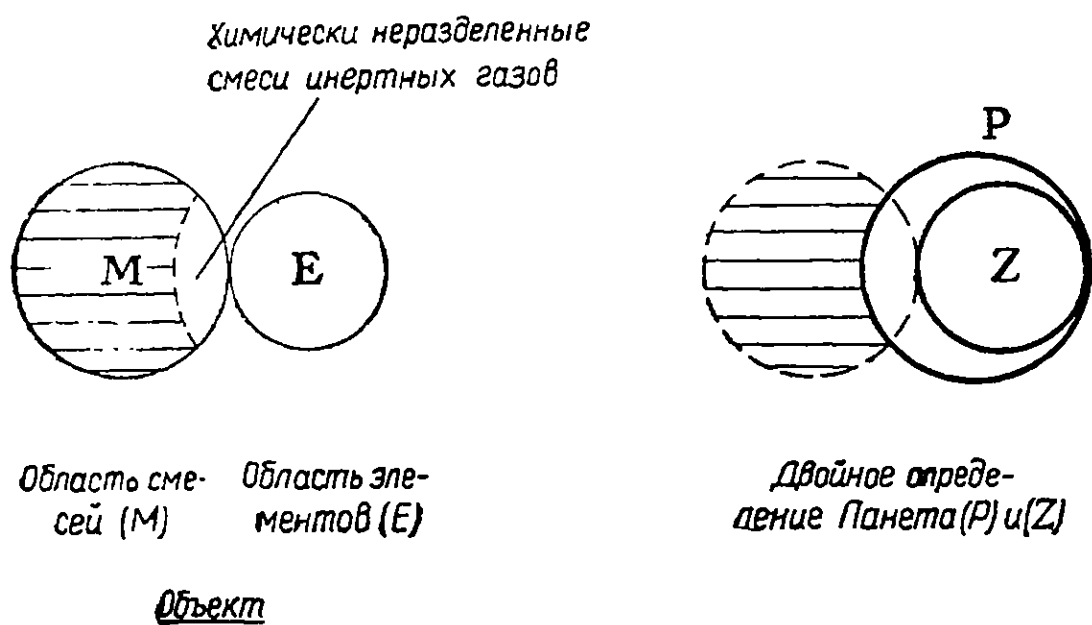


Рис. 4 б

горизонтальной штриховки; сюда входит весь круг реальных элементов ( $E$ ) и, сверх того, химически неразделенные смеси инертных газов. Поскольку определение Панета ( $P$ ) учитывает только химическую неразложивенность веществ и отвлекается от их физической разложивенности — как искусственной, так и естественной, то внутри жирного круга ( $P$ ), изображающего определение Панета, сняты и пунктиры и наклонная штриховка (см. нижний чертеж справа на рис. 4  $a$  и рис. 4 б).

## 5. ЭТАП ОТКРЫТИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ (1919—1932)

Величайшее открытие в физике XX в. — открытие искусственного разложения элементов — было сделано в 1919 г. великим английским физиком Э. Резерфордом. Сначала была доказана разложивмость азота; затем, в 1921 г., была доказана разложивмость еще ряда легких элементов. В принципе была доказана искусственная разложивмость всех элементов. Тем самым признаки полной неразложивенности (определение Лавуазье) и искусственной неразложивенности (определение Горбова) полностью утратили свое значение, причем утратили его не только в применении к элементам, но и в применении к изотопам. Оставалась еще незначительная, с каждым годом все убывающая часть элементов и изотопов, которые не были еще подвергнуты практическому исследованию с целью их разложения. Соответственно с этим область приложивмости определений Лавуазье, Горбова и Фаянса неуклонно сокращалась, стре-



мясь к нулю. У физиков и химиков уже не оставалось никакого сомнения в том, что в ближайшем будущем искусственная разложимость будет реально обнаружена у каждого элемента и изотопа, так что самый признак «искусственная неразложимость вещества» должен полностью исчезнуть.

Однако нашлись такие химики, которые считали, что и после открытий 1919—1921 гг. признак «искусственная неразложимость» не вполне еще утратил свое значение. В самом деле: средством для разложения азота служили, как известно, альфа-частицы, выделяющиеся *естественным* путем из радиоактивных элементов. Таким образом, если азот был разложен произвольно, по нашему желанию, то самый источник этого разложения оставался естественным, т. е. существующим лишь в самой природе, и не мог быть еще создан искусственным путем: По этому поводу в 1930 г. В. В. Шарвин писал: «Под действием одного вида лучей, испускаемых радиоактивными веществами (так называемых  $\alpha$ -лучей), удалось выделить из некоторых элементов... водород»<sup>1</sup>. Однако, подчеркнув, что азот разложен уже вполне произвольно, по нашему желанию, Шарвин делает отсюда такой вывод:

«Понятие об элементе находится, следовательно, теперь в периоде глубокого изменения своего содержания. Пока же приходится ограничиться следующим компромиссом: разложение элемента удалось до сих пор лишь при воздействии одним орудием — потоком  $\alpha$ -частиц, — при всяких других воздействиях элементы остаются постоянными»<sup>2</sup>.

На этом основании можно было бы построить еще одно определение элемента, назвав его именем Шарвина:

*Определение Шарвина: Элемент есть вещество, неразложенное никакими искусственно созданными нами способами.*

Подобное ограничение, введенное в определение Горбова, позволило бы еще некоторое время пользоваться данным определением. Но уже в 1932 г. физики впервые добились искусственного разложения лития и других элементов, воздействуя на них не продуктами естественного радиоактивного распада, но *искусственно* ускоренными протонами. С этого момента определение Шарвина, если бы такое было введено в химию, полностью утратило бы свое значение. Этот пример показывает, что никакие формальные ухищрения не могли спасти от гибели старое эмпирико-аналитическое определение элемента.

Однако Шарвин шел еще дальше, когда утверждал, что нельзя считать элементы поддающимися разложению, коль скоро это разложение осуществляется с огромным трудом и в ничтожных количествах. В 1930 г. он писал, что «имеющий огромное философское значение метод Резерфорда не представляет собой практического приема для расщепления атомных ядер по нашему желанию»<sup>3</sup>. Вот почему Шарвин считает возможным сохранять старое определение элемента, полагая, что вызвать распад элементов «по нашему желанию или как-нибудь воздействовать на него мы пока не в состоянии»<sup>4</sup>. В дальнейшем мы увидим, что такое отношение к открытию искусственного превращения элементов было тесно связано с общей философской концепцией Шарвина. Шарвин — махист. Он считает вещи комплексом наших ощущений. Резерфорду же удалось выделить из азота всего 0,0003 куб. мм  $H_2$ ; это — такое ничтожное количество, которое не может быть воспринято непосредственно нашими органами чувств. Отсюда у махиста возникают сомнения в том, можно

<sup>1</sup> В. В. Шарвин, Введение в химию, 1931, стр. 15.

<sup>2</sup> Там же, стр. 15—16.

<sup>3</sup> Там же, стр. 361.

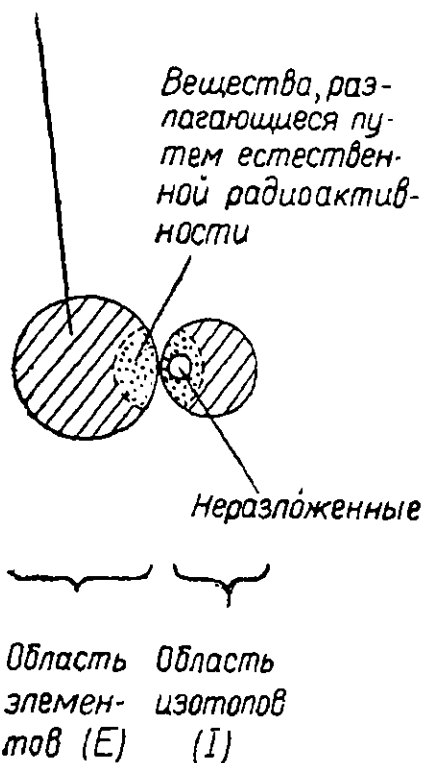
<sup>4</sup> Там же, стр. 15.

ли действительно считать азот (как «комплекс наших ощущений») практически разложенным.

Выразим графически соотношение, сложившееся после открытий 1919—1921 гг. между объектом и прежними определениями Лавуазье ( $L$ ), Горбова ( $\Gamma$ ) и Фаянса ( $F$ ) (см. рис. 5).

Левый чертеж на рис. 5 изображает в виде двух кругов область реальных элементов (круг  $E$ ) и область изотопов (круг  $I$ ). Внешняя часть обоих кругов заштрихована наклонными линиями: это указывает на то, что соответствующие элементы и изотопы разложены искусственно физическими способами; внутренняя часть обоих кругов запунктирована; это

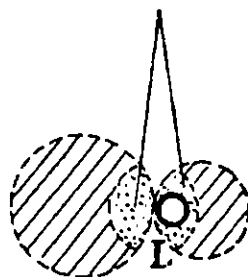
Вещества, разложенные искусственно физическими способами



Область элементов ( $E$ )    Область изотопов ( $I$ )

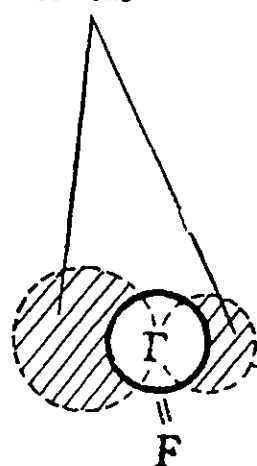
Объект

Радиоактивные элементы и изотопы



Определение Лавуазье ( $L$ )

Искусственно разложенные элементы и изотопы



Определение Горбова ( $\Gamma$ ) и Фаянса ( $F$ )

Рис. 5

указывает на то, что соответствующие элементы обладают естественной радиоактивностью и не поддаются искусственному разложению. Чистый кружок внутри круга  $I$  включает в себя остаток неразложенных еще никакими способами изотопов. В круге  $E$  совсем не осталось никакого «чистого» участка; это говорит о том, что все реальные элементы тем или иным путем оказались разложимыми и разложенными.

Определение Лавуазье ( $L$ ) охватывает собой только один чистый кружок еще неразложенных изотопов; остальные изотопы и все без исключения элементы оказываются теперь за его пределами (см. средний чертеж на рис. 5). Определение Горбова ( $\Gamma$ ) охватывает собой, кроме того, все элементы и изотопы с естественной радиоактивностью. За пределами определения Горбова ( $\Gamma$ ) оказывается и часть элементов, и часть изотопов (штриховка наклонная). Внутри круга  $\Gamma$ , как и прежде, пунктиры опущены. То же касается и определения Фаянса ( $F$ ) (это обозначено, как  $\Gamma = F$ ; см. правый чертеж на рис. 5).

Оставшиеся еще тогда белыми кружки вскоре обратились в точки, т. е. исчезли вовсе, и соответствующие определения элемента утратили вообще всякий смысл.

В то время как определения Лавуазье, Горбова и Фаянса стали терять всякую почву под собой, определение Панета, напротив, достигло

своего полного развития. Именно в этот момент оно оказалось единственным, которое смогло выразить понятие элемента как *химически* неразложимого вещества. В самом деле: искусственное разложение элемента, которое осуществил Э. Резерфорд в 1919 г., было достигнуто исключительно с помощью физических способов: ядра атомов легких элементов, например азота, подвергались бомбардировке быстрыми альфа-частицами; при лобовом соударении с такой частицей они испытывали превращение: азот превращался в кислород. Это был чисто физический способ воздействия, но отнюдь не химический<sup>1</sup>. Поэтому открытие Резерфорда не могло поколебать определения Панета.

С другой стороны, в 1925—1929 гг. и даже еще раньше выяснилось, что инертные газы способны давать своеобразные, правда, весьма нестойкие, химические соединения координационного характера. Так, например, были обнаружены соединения гелия с металлами (гелиды). В 1935 г. было открыто соединение аргона со фтористым бором. Уже сравнительно давно были известны соединения инертных газов с водой (гидраты). По этому поводу в 1936 г. говорилось:

«Естественно, эти соединения будут нестойкими при комнатной температуре и будут иметь упругость диссоциации в 1 атмосферу только при низких температурах; однако нет причины, в широком смысле, отказать им в названии «химические соединения»<sup>2</sup>.

Рассмотрим в этой связи возражение, которое сделал Фаянс против определения Панета уже после открытия Резерфорда 1919 г. Недавно было указано, писал Фаянс в 1920 г., что это определение «сохраняется и после разложения азота (физическим методом). Однако это определение неприемлемо уже потому, что, придерживаясь его, надо было бы причислить к элементам никакими химическими методами не разложимые смеси химически инертных благородных газов, например неона и аргона»<sup>3</sup>.

Теперь это возражение отпало, если не практически, то в принципе, поскольку у инертных газов было установлено химическое различие; это был факт, и отрицать его было нельзя.

Исходя из этого факта, принципиально можно было найти способы химического разделения инертных газов. Тем самым смеси этих газов выпали, наконец, из круга определения Панета. Иными словами, прогресс науки привел в 20-х годах XX в. к сокращению объема определения Панета до размеров, адекватных определяемому предмету. Следовательно, с определением Панета повторилась та же история, которая произошла с определением Лавуазье в XIX в.: на какой-то стадии это определение сузилось до объема, адекватного понятию реального элемента.

Выразим соотношение между объектом и определениями Лавуазье ( $L$ ), Горбова ( $G$ ), Панета ( $P$ ), достигнутое в 20-х годах XX в. (см. рис. 5 а).

Левый чертеж на рис. 5 а изображает область смесей (круг  $M$ ) и область реальных элементов (круг  $E$ ). Все смеси оказываются теперь разделимыми не только физическими, но и химическими способами, по крайней мере в принципе (соответственно круг  $M$  заштрихован горизонтальными линиями). Все реальные элементы оказываются разложимыми физическими средствами, но ни один из элементов не может быть раз-

<sup>1</sup> См. Г. Хевеши и Ф. Панет. Радиоактивность, стр. 161.

<sup>2</sup> Р. С. Брэдли, Соединения инертных газов, «Успехи химии», т. VI, 1937, стр. 601.

<sup>3</sup> К. Фаянс, Радиоактивность..., 1922, стр. 120.

делен химическим путем на изотопы (соответственно круг *E* заштрихован весь наклонными линиями).

Определения Лавуазье (*L*) и Горбова (*Г*) теперь не имеют ни одного участка внутри круга *E*, который они могли бы охватить, так как все элементы оказываются разложенными, причем разложенными не только вследствие их естественной радиоактивности, но и, все без исключения, искусственными физическими средствами. В силу этого оба определения—Лавуазье (*L*) и Горбова (*Г*) — изображены в виде точки, лежащей вне круга *E* (см. средний чертеж на рис. 5 а).

Определение Панета (*P*) перестало охватывать лишние объекты (ранее химически неразложимые смеси газов) и вместе с тем охватывает все элементы, поскольку все они пока не способны разделяться на

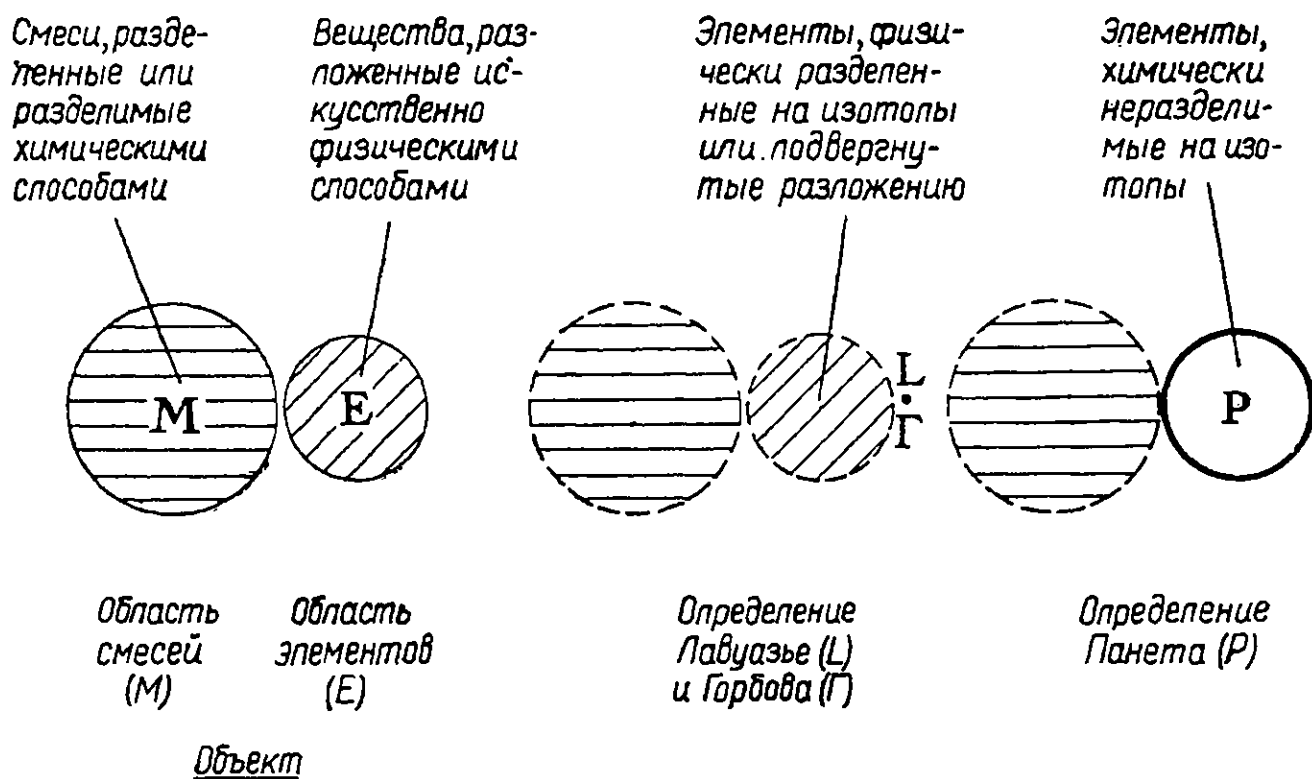


Рис. 5 а

изотопы химическим путем; поскольку определение Панета (*P*) отвлекается от разложимости элементов физическими способами, внутри круга *P* опущена наклонная штриховка (см. правый чертеж на рис. 5 а).

С этого момента химикам стало казаться, что в определении Панета найден идеал устойчивого, возможно даже вечного определения элемента, к которому пришла в конце концов химическая мысль и которое уже не должно будет подвергаться, по крайней мере в ближайшем будущем, никаким серьезным изменениям. Доводом в пользу этого служило в глазах химиков то обстоятельство, что определение Панета выдержало наиболее сильное испытание, какое выпадало когда-либо на долю любого определения элемента; мы имеем в виду физические открытия 1919 г. В связи с этими открытиями Фаянс писал в 1920 г., что достигнутое Резерфордом «искусственное разложение атома азота представило новое испытание для понятия элемента»<sup>1</sup>. Выдержать это испытание, как мы видели, смогло лишь определение Панета. Поэтому химики в него уверовали. Типичным на этот счет можно считать мнение, высказанное американским химиком А. Стюартом. «Интересно отметить,— писал он,— что в то самое время, когда работы Резерфорда лишили некоторые химические элементы даже права на самое название элемента в смысле первоначаль-

<sup>1</sup> К. Фаянс, Радиоактивность..., 1922, стр. 39.

ного определения *Бойля*, наша идея химического элемента пережила эту катастрофу и стала еще более определенной, чем прежде. Мы принуждены были признать, что предел разделения, установленный химическими средствами, является истинным основанием для классификации вещества, а не просто временно достигнутым пределом, через который мы можем перешагнуть с развитием наших практических знаний. Девяносто два различных элемента являются несомненной реальностью, а не временными агрегатами, которые могут потребовать в дальнейшем пересмотра и пересортировки»<sup>1</sup>.

Итак, Стюарт полагает, что определение Панета выражает собой не временно достигнутый предел разложения вещества на практике, но такой предел, который мы уже не сможем перейти в дальнейшем, поскольку он зависит не от наших способностей, но от свойств самого вещества. Отсюда, по Стюарту, следует, что из определения Панета исчез всякий субъективно-эмпирический момент и что это определение должно принципиально отличаться от исходного определения Лавуазье. «Именно это исчезновение «временного» фактора в понятии химического элемента отличает наши современные взгляды от прежних», — указывал Стюарт. «В этих таинственных девяносто двух группах атомов есть нечто такое, что даже среди непрерывных превращений радиоактивного распада остается постоянным и незыблемым»<sup>2</sup>.

Так думали химики даже в самом начале 30-х годов нашего века. Однако вскоре пришло разочарование: определение Панета, блестяще выдержавшее испытание в 1919 г., потерпело полное фиаско вследствие значительно менее крупного открытия, сделанного в 1932 г.; оказалось, что достигнутый предел, в котором некоторые химики склонны были видеть незыблемое «истинное основание» понятия элемента, на самом деле представляет собой то же, что представляли все ранее достигавшиеся пределы, т. е. временную границу наших практических возможностей разлагать вещество. И, что особенно важно, на этот раз достигнутую границу удалось значительно легче перейти, нежели это имело место с определениями Лавуазье и Горбова.

По мнению Стюарта, здание новых взглядов на атомы и элементы было столь хорошо спланировано и столь надежно подкреплено экспериментальными данными, что «надо думать, оно простоит, по крайней мере, в течение жизни одного поколения»<sup>3</sup>. Ожидание Стюарта не оправдалось: всего через год после того, как был издан в СССР перевод его книги, это здание (в части, опирающейся на определение Панета) потребовало весьма фундаментальной перестройки.

## 6. ЭТАП ОТКРЫТИЯ ДЕЙТЕРИЯ И ХИМИЧЕСКОЙ РАЗДЕЛИМОСТИ ИЗОТОПОВ (после 1932 г.)

Определение Панета сохраняло свою адекватность очень недолго. Как было сказано, оно потерпело крушение в 1932 г., когда было открыто химическое различие между легким водородом ( $H^1$ ) и тяжелым водородом — дейтерием ( $H^2$ ). Основываясь на этом различии, физико-химики путем электролиза воды, т. е. способом, широко применяемым в химии в течение уже более 100 лет, разделили воду на тяжелую и легкую. Открытие дейтерия было сделано американскими учеными Гарольдом Юреем, Г. М. Мерфи и др. Тем самым один из химических элемен-

<sup>1</sup> Альфред В. Стюарт, Новые идеи в физической и неорганической химии, 1931, стр. 283.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Там же.

тов, водород, впервые в истории науки был разделен на свои изотопы химическим путем.

Вскоре была доказана химическая делимость изотопов или их обогащаемость для многих других легких элементов и даже для таких тяжелых элементов, как ртуть. Что же при этом произошло с определением Панета? То же, что и с определением Лавуазье после открытия изотопии (сравни рис. 6 с рис. 4): некоторые элементы оказались делимыми химическим путем на свои составные части (на изотопы), а потому они выпали из определения Панета так же, как несколько лет до этого из определения Лавуазье выпали элементы, разделенные на изотопы физическим путем. Вместе с тем те изотопы, которые обнаруживали химические различия и способность к химическому разделению, подлежали отнесению к числу самостоятельных элементов. Точно так же в свое время происходило дело и с определением Лавуазье, когда, соглас-

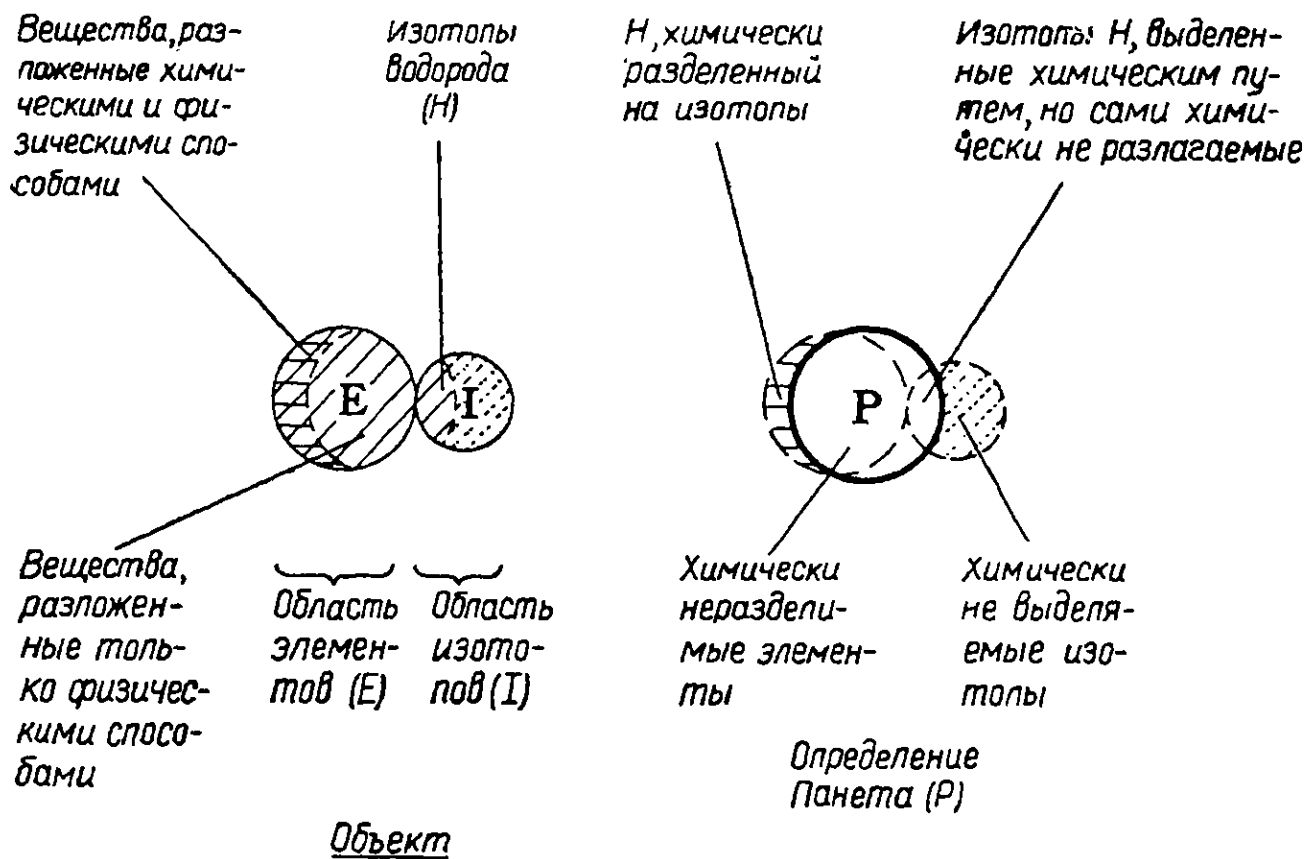


Рис. 6

но этому определению, разделенные изотопы следовало считать элементами (см. рис. 4). Следовательно, происходила своеобразная «передвижка» определений Панета и Лавуазье с одного объекта (элемента) на другой объект (изотоп), причем промежуточное состояние представлялось в виде кружка, покрывающего часть области элементов ( $E$ ) и часть области изотопов ( $I$ ).

Выразим это своеобразное отношение между объектом (элементом, изотопом) и определением Панета ( $P$ ) в виде следующей схемы (см. рис. 6).

Левый чертеж на рис. 6 изображает в виде двух кругов объем реальных элементов (круг  $E$ ) и объем изотопов (круг  $I$ ). Внешняя часть круга  $E$  представляет элемент  $H$ , разделяемый на изотопы не только физическими, но и химическими способами (двойная штриховка). Внутренняя часть круга  $E$  представляет остальные элементы, неразделенные химическим путем на изотопы (заштрихована наклонными линиями). Внутренняя часть круга  $I$  включает изотопы  $H$ , выделение которых из их смесей (т. е. из смешанного элемента) произведено химическим путем, но которые сами химически не разлагаются; следовательно, сюда входят

изотопы одного элемента  $H$ , обладающие химическими различиями (штриховка обычная наклонная); наружная часть круга представляет собой изотопы, смеси которых химически не разделимы; следовательно, все изотопы каждого элемента здесь химически тождественны (прерывистая наклонная штриховка). Итак, внутренняя часть обоих кругов представляет собой: 1) химически неразделимые элементы и 2) отдельные, химически не тождественные изотопы, выделенные из химически разделимых элементов. Внешние части обоих кругов представляют собой, напротив, 1) химически разделимые элементы и 2) отдельные химически тождественные изотопы, входящие в химически неразделимые элементы.

Определение Панета ( $P$ ) охватывает собою лишь внутреннюю часть обоих кругов, причем штриховка внутри круга  $P$  снята, поскольку это

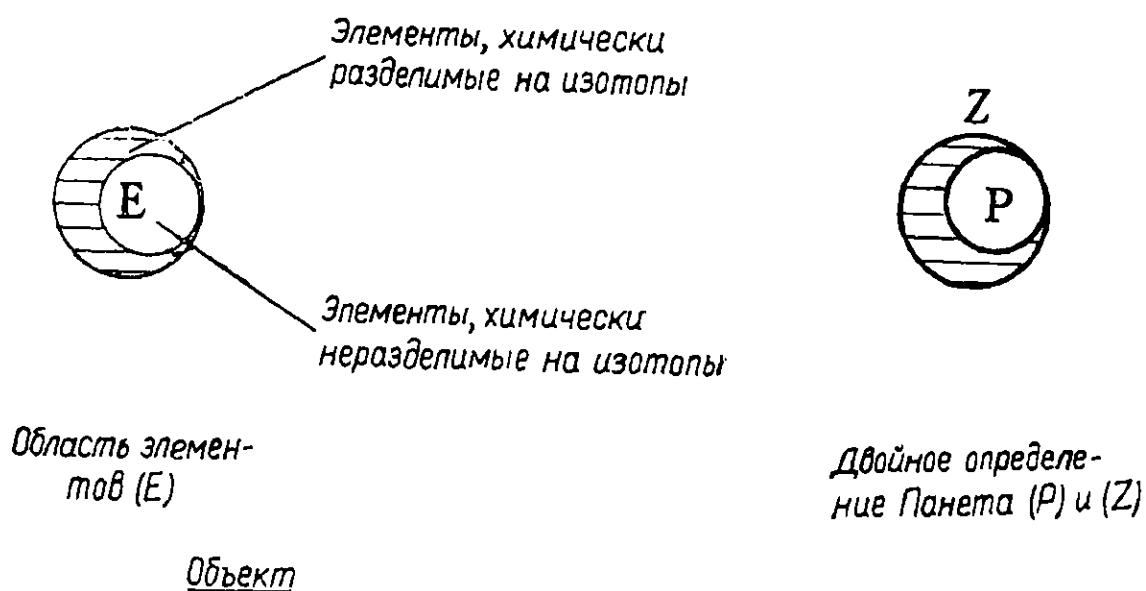


Рис. 6 а

определение отвлекается от физической разложимости веществ (см. правый чертеж на рис. 6 и рис. 6 а).

Таким образом, по существу, признаком элемента у Панета служит тождественность всех химических свойств вещества, следовательно, химическая тождественность атомов. В самом деле: каждый отдельный изотоп, выделенный из смешанного элемента *физическим* путем, разумеется, является сам химически неразложимым. Поэтому, если придерживаться определения Панета без дальнейших оговорок, то химическими элементами с самого начала следовало считать и все изотопы: «Отмеченную трудность можно полностью обойти,— замечает Панет,— если не заботиться о тождестве всех свойств у двух элементарных веществ, которые обозначаются одним именем (т. е. считаются одним элементом.— Б. К.), но довольствоваться тождеством их химических свойств»<sup>1</sup>.

Отсюда следует существенное добавление к определению Панета, гласящее, что «два элементарных вещества обозначаются одним именем, если они, будучи однажды смешаны между собой, никаким химическим способом не могут быть обратно разделены». «Исходя из этого положения,— заключает Панет,— мы рассматриваем изотопы как один и тот же химический элемент, так как их химическая неразделимость образует их характерное свойство»<sup>2</sup>.

Это обстоятельство показано на рис. 6 так, что химически различные изотопы одного и того же элемента входят в круг  $P$  (внутренняя

<sup>1</sup> „Zeitschrift für physikalische Chemie“, т. 91, 1916, стр. 183.

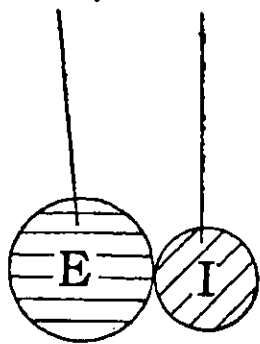
<sup>2</sup> Там же.



часть области  $I$ ), а все химические тождественные изотопы оказываются за пределами круга  $P$  (внешняя часть области  $I$ ).

В принципе можно допустить, что со временем определение Панета передвинется окончательно с области элементов ( $E$ ) на область изотопов ( $I$ ), после того как химические различия и химическая разложимость будут обнаружены у всех изотопов вообще; если, однако, при этом ни один изотоп не будет химическим путем разделяться на свои модификации (например, на ядерные изомеры), то определение Панета станет адекватным понятию изотопа, подобно тому, как до 1919 г. адекватным (или почти адекватным понятию изотопа) было определение Горбова (в его интерпретации, данной Фаянсом). В этом случае определение Па-

*Вещества, разложенные:  
химически; физически*



Область Область  
элементов ( $E$ ) изотопов ( $I$ )

Объект

*Изотопы, выделяемые,  
но не превращаемые  
друг в друга хими-  
чески*



Определение  
Панета ( $P$ )

Рис. 7

нета будет уже не определением элемента, а определением изотопа. Графически это возможное в будущем отношение между объектом (элементом, изотопом) и определением Панета ( $P$ ) можно изобразить так (см. рис. 7)

Левый чертеж на рис. 7 показывает, что все элементы уже разделены химическим путем на отдельные изотопы (круг  $E$  целиком заштрихован горизонтально), но что ни один изотоп не разложен дальше химическим путем, причем все изотопы разлагаются физическими способами (круг  $I$  целиком заштрихован наклонными линиями).

Определение Панета ( $P$ ) соответственно охватывает собой один только круг  $I$  (причем штриховка внутри круга  $P$  снята); ни один элемент не включен в круг  $P$ , но и ни один изотоп не оказывается за его пределами (см. правый чертеж на рис. 7). Это — гипотетическая картина будущего состояния определения Панета в химии и физике.

Однако сам Панет не хотел видеть начавшегося перемещения установленного им определения элемента с области элементов на область изотопов. Он пытался удержать свое определение и после того, как оно стало неадекватным реальному объекту — элементу. Но сделать это можно было только одним путем, игнорируя факты химического разделения или обогащения изотопов. По этому пути Панет и пошел. В 1934 г. он говорил по поводу своего определения:

«Под влиянием Лавуазье еще до сих пор дают определения вроде «элемент есть вещество, которое никакими химическими способами не может быть разложено на более простые»<sup>1</sup>.

Это было сказано через два года после открытия дейтерия, а опубликовано было без всяких оговорок со стороны автора через четыре года после названного открытия, когда химические различия изотопов стали уже обнаруживаться и у ряда других элементов, кроме водорода. При таких условиях просто невозможно было закрывать глаза на несоответствие определения Панета новым фактам. Между тем Панет продолжал настаивать на том, что «в химии применим закон сохранения элементов», «так как при химических реакциях не происходит ни разделения изотопов, ни изменения атомов в сколько-нибудь значительной степени»<sup>2</sup>. Все это было фактически уже неверно.

Но имелся еще и другой путь для тех, кто хотел бы сохранить основу определения Лавуазье после открытия дейтерия: этот путь состоял в логическом продолжении того, что делалось раньше в аналогичных случаях. Когда элементы оказались разложенными путем радиоактивного распада, то из определения элемента были исключены способы естественного разложения; когда затем элементы оказались разложены путем бомбардировки их атомов альфа-частицами, то из определения элемента были дополнительно исключены способы искусственного физического разложения. Идя тем же логическим путем, можно было бы теперь, после открытия дейтерия, исключить электрохимические способы разложения из определения элемента, оставив в нем только «чисто» химические, в которых не участвует электрический ток и, следовательно, не происходит электролиза. Тогда водород можно было рассматривать по-прежнему как элемент, ибо его разложение на изотопы было осуществлено в 1932 г. не «чисто» химическим путем. Но зато вместе с водородом в число элементов попал бы, например, фтористый водород, разложение которого осуществляется только путем электролиза, т. е. не «чисто» химическим способом. По этим соображениям фтор уже нельзя было бы тогда считать химическим элементом, поскольку он не подходил бы под новое определение элемента. Другими словами, новое определение вернуло бы нас к тому состоянию, в котором находилось определение Панета до 1925 г. (см. рис. 4 а), ибо оно захватывало бы не только все элементы, но и некоторую часть химических соединений. Дальнейшая эволюция сверх того установленного определения элемента протекала бы совершенно так же, как и эволюция определения Панета: прежде всего могло быть доказано, что тот же HF разлагается не только путем электролиза, но и одним из тех способов, которые мы отнесли к «чисто» химическим; тогда новое определение на какой-то отрезок времени стало бы адекватным реальным элементам, достигнув той стадии, на которой находилось определение Панета (Р) в конце 20-х годов нашего века (см. рис. 5 а). Однако вслед за этим или одновременно с этим, а может быть и раньше, оказалось бы, что изотопы могут разделяться и обогащаться не только электрохимическим путем, но и другими способами, которые мы называли «чисто» химическими. Так, например, уже к 1938 г. были получены многочисленные данные, свидетельствующие о возможности обогащать изотопные смеси, следовательно, в принципе, и разделять их путем обменных реакций в растворах. В частности, это касалось изотопов кислорода ( $O^{18}$  и  $O^{16}$ ), углерода ( $C^{13}$  и  $O^{12}$ ), азота ( $N^{15}$  и  $N^{14}$ ) и других элементов; точно так же была обнаружена возмож-

<sup>1</sup> Труды Юбилейного Менделеевского съезда, т. I, 1936, стр. 143.

<sup>2</sup> Там же, стр. 146.

ность обогащать смеси изотопов ртути фотохимическим путем. В силу этого уже в ближайшие годы после своего установления новое определение элемента должно было испытать совершенно то же, что испыталось определение Панета после открытия дейтерия: оно должно было начать передвигаться с области элементов ( $E$ ) на область изотопов ( $I$ ) (см. рис. 6) и кончилось бы оно тем же, чем должно было бы со временем кончиться и определение Панета (см. рис. 7).

При желании после этого можно было бы некоторое время повторять указанный выше прием, последовательно исключая из определения элемента все способы, посредством которых удается разлагать элементы, строя «новые» определения элемента. Так продолжалось бы до тех пор, пока в запасе оставался хотя бы один общий способ, с помощью которого нельзя было бы разложить ни одного химического элемента, но зато можно было бы разложить любое химическое соединение. Но вряд ли такое занятие можно было бы назвать продуктивным. Оно вскоре же должно было надоесть и действительно надоело химикам. Вероятно, отчасти по этой причине, после крушения определения Панета химики прекратили попытки строить «новые» эмпирико-аналитические определения элемента путем исключения из старых его определений всех тех способов, посредством которых удалось уже разложить элементы. Возможно, что тут существенную роль сыграло и то обстоятельство, что со времени электрохимических открытий XIX в., не говоря уже о XX в., между электрическими и химическими процессами установилась теснейшая связь; поэтому исключение электрохимических способов из числа «чисто» химических с самого начала должно было казаться искусственным и по сути дела ничем не оправданным.

В самом деле: как можно выключить электролитическое разложение из числа химических процессов, если сами эти процессы часто обусловлены взаимодействием ионов, т. е. электрически заряженных частиц, как это наблюдается, например, в случае обменных реакций между электролитами в водных растворах? Никакой границы между каким-то «чисто» химическим и электрохимическим процессом здесь провести невозможно. Тем самым отпадает всякое оправдание для внесения дальнейших поправок в эмпирико-аналитическое определение элемента. Отныне такая операция становится явно бессмысленной. Поняв это, химики остановились на определении Панета, как у пограничного столба, которым фактически закончилась эволюция эмпирико-аналитического понятия элемента.

Таковы были определения элемента и связанные с ними определения изотопа на различных этапах развития физико-химических способов разложения вещества.

---

## Глава II

### ПЕРЕНОС ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА ИЗ ХИМИИ В ФИЗИКУ НА «ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ» ЧАСТИЦЫ

До сих пор мы говорили о химических элементах и о понятии элемента в химии. Но это понятие в настоящее время применяется и в современной физике в виде понятия о так называемых «элементарных» частицах. Представляет интерес проследить, в каком взаимоотношении между собою находятся оба понятия элемента в химии и в физике. Подойдем к этому вопросу исторически.

#### 1. ПОПЫТКА ПОДВЕСТИ ЭЛЕКТРОН ПОД ПОНЯТИЕ ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА

С момента открытия *электрона* английским физиком *Дж. Дж. Томсоном* (1897), а затем *протона*, открытого *Э. Резерфордом* (1911), возник вопрос об элементарности вновь открытых физических частиц материи. Не было сомнения, что электрон и протон обладают более элементарной природой, чем атомы (т. е. чем частички химических элементов), поскольку все атомы состоят из атомных ядер и электронов; до 1932 г. считалось, что атомные ядра, в свою очередь, состоят из протонов и внутриядерных электронов. Последние, в отличие от «внешних», образующих оболочку атома, рассматривались как «внутренние» электроны. Таким образом, до 1932 г. физики считали, что все атомы, следовательно, все химические элементы образованы, в конечном счете, электронами и протонами. В электронах и протонах хотели видеть «последние кирпичи мироздания», частицы первоматерии, из которой образуются все тела природы. Этим первичным частичкам материи начали приписывать абсолютно простой и в этом смысле «элементарный» характер; те абсолютные признаки, которые в XIX в. приписывались атомам (неделимость, непревращаемость, неразрушимость), метафизически мыслившие ученые перенесли на электроны. Между тем В. И. Ленин еще в 1908 г. в своей замечательной книге «Материализм и эмпириокритицизм» предупреждал против подобного рода метафизических попыток истолковать электрон в качестве последней, абсолютно простой, исчерпаемой до конца частицы материи. Ленин писал: «Электрон так же *неисчерпаем*, как и атом, природа бесконечна, но она бесконечно *существует*, и вот это-то единственно категорическое, единственно безусловное признание ее *существования* вне сознания и ощущения человека и отличает диалектический материализм от релятивистского агностицизма и идеализма»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 249.

Позднее, в 1914—1915 гг., в своих тетрадах по философии, по поводу соотношения между конечным и бесконечным Ленин подчеркнул ту же самую мысль: «Применить к атомам *versus* электроны. Вообще бесконечность материи вглубь...»<sup>1</sup>. Это значит, что, по Ленину, электроны представляют собою такую же ступень в бесконечном ряду различных форм и видов материи, уходящем вглубь материи, как и атомы. Отсюда следует, что ни в коем случае нельзя переносить на электроны тех метафизических и абсолютных признаков, которые ранее приписывались атомам и которые рухнули вместе с крушением метафизических представлений о неделимых, неразрушимых атомах.

Незадолго до 1914 г. английский химик *В. Рамзай* (Рэмзей) выступил с речью «Электрон, как элемент». Это была попытка рассматривать электрон как атом обычного химического элемента, распространив на него тем самым эмпирико-аналитическое определение элемента как неразложимого или как неразложимого вещества. Рамзай говорил:

«Электроны представляют собой атомы химического элемента, именно, электричества; они обладают массой; они вступают в соединения с другими элементами; они известны и в свободном состоянии, т. е. в виде молекул; они служат «соединительными связями» между отдельными атомами. Электрону можно приписать символ «*E*»<sup>2</sup>.

На равных правах с электроном мог быть назван химическим элементом и протон. Тем более, что, по Рамзаю, как это мы увидим дальше, атом водорода должен был считаться соединением двух «элементов»: электрона и иона Н; протон как раз и является ионом Н.

Если теперь мы будем придерживаться эмпирико-аналитического определения элемента, которое дал Лавуазье, то электрон и протон вполне подойдут под это определение. В самом деле: в первой четверти ХХ в. не было никаких данных утверждать, что они состоят из каких-то еще более простых, еще более элементарных частиц материи или что они способны превращаться друг в друга.

Критикуя определение Лавуазье, Д. И. Менделеев указывал, что, согласно этому определению, под элементами понимаются такие вещества, которые *не разлагаются* и друг в друга *не переходят* (см. главу III, раздел 1). Но электрон и протон были тогда именно такими элементами: они не разлагались и не переходили один в другой. В соответствии с этим взгляды Рамзая на электрон как на элемент, а следовательно, и на протон как на элемент можно было бы сформулировать в виде особого определения, назвав его «рамзаевским».

*Определение Рамзая: Элемент есть вещество, неразложимое и не превращающееся в другие вещества.*

Следует отметить, что еще в 1900 г. немецкий физик *Макс Планк* ввел понятие кванта действия, а в 1905 г. великий немецкий ученый *Альберт Эйнштейн* открыл квант света, названный *фотоном*. Фотон, или атом света, будучи, так же как и электрон, «элементарной» физической частицей материи, уже не подходил под определение Рамзая, ибо фотон явно претерпевал качественные превращения при его поглощении и при его испускании веществом, в частности электроном. Однако эту трудность физики тогда легко обходили: они рассматривали вещество и свет как резко обособленные одна от другой области природы и понятие элемента распространяли только на вещество, но не на свет. Между тем открытие светового давления выдающимся русским физиком *П. Н. Лебедевым* в 1899—1900 гг. показало, что свет, обладая массой, представляет собою

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 86.

<sup>2</sup> «Новые идеи в химии», Сб. № 4, Радиоактивные вещества, II, 1914, стр. 8—9.

такой же физический вид движущейся материи, как и вещество, а потому между тем и другим, равно как и между их частицами, нельзя проводить резкой, абсолютной разграничительной линии. Этот вывод, вытекавший из открытия Лебедева, подкрепился еще сильнее тогда, когда в начале второй четверти XX в. были открыты волновые свойства у электронов и тем самым в еще большей степени была доказана взаимосвязь и единство вещества и света.

До 1931 г. были известны три «элементарные» физические частицы: электрон, протон и фотон, подпадавшие под определение Рамзая. В 1931 г. была выдвинута швейцарским физиком В. Паули гипотеза о существовании еще одной частицы — *нейтрино*, которая выделяется из атомного ядра вместе с электроном при бета-радиоактивном распаде.

## 2. ОТКРЫТИЕ ПРЕВРАЩАЕМОСТИ «ЭЛЕМЕНТАРНЫХ» ЧАСТИЦ

В 1932 г. английским физиком Дж. Чадвиком была открыта новая частица — *нейтрон*, почти с такой же массой, как протон, но не имеющая никакого электрического заряда. В том же году советские физики выдвинули новую идею, которая касалась представлений о составе атомного ядра; согласно этой идее, все атомные ядра, кроме  $H^1$ , состоят не из протонов и «внутренних» электронов, а только из протонов и нейтронов. Отсюда вытекало, что нейтрон, так же как и протон, носит элементарный характер и что обе частицы должны быть способны взаимопревращаться одна в другую. Это допущение находилось в резком противоречии с определением Рамзая; оно означало, что нейтрон и протон выпадали из круга «элементарных» частиц, определяемых как неразлагаемые и не переходящие друг в друга. В самом деле: согласно новой идее о составе атомного ядра, нейтрон мог превращаться в протон, излучая легкие частицы (электрон и нейтрино), а протон — в нейтрон, поглощая эти частицы, либо поглощая электрон и излучая нейтрино, как это имеет место в случае так называемого *K*-захвата (захват ядром ближайшего к нему электрона из *K*-оболочки).

Но тем самым из круга «элементарных» частиц, определяемых как непревращаемые друг в друга (согласно определению Рамзая), выпадали не только тяжелые частицы (протон и нейтрон), но и легкие (электрон и гипотетическое нейтрино), ибо последние выделялись из первых или поглощались ими при их взаимопревращениях. Тем самым понятие элемента в его рамзаевском определении переставало охватывать всю область «элементарных» частиц.

Дальнейшее развитие ядерной физики полностью подтвердило правильность этого вывода. В 1933 г. американским физиком Ч. Д. Андерсоном был открыт *позитрон* (электрон, несущий положительный заряд).

В 1934 г. выдающиеся французские физики Фредерик и Ирэн Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность у легких элементов, при которой из атомного ядра вылетают не только электроны (бета-минус распад), но и позитроны (бета-плюс распад). В это же время была высказана идея о том, что легкие частицы, выделяющиеся из атомных ядер, рождаются заново тяжелыми частицами (нейтронами, протонами): «В ядре имеются только тяжелые частицы. Появление электронов, позитронов и пр. следует трактовать как своего рода рождение частиц, по аналогии с излучением светового кванта, также не имевшего индивидуального существования до испускания из атома»<sup>1</sup>.

В 1933 г. были сделаны еще два исключительно важных открытия, окончательно разрушившие определение Рамзая. Первое — исчезновение

<sup>1</sup> Д. И в а н е н к о, Модель ядра, сб. «Атомное ядро», 1934, стр. 53.

«пары» (электрона и позитрона), точнее сказать, превращение ее в фотоны (в свет); второе — рождение «пары» путем обратного превращения фотона, обладающего большой энергией, в электрон и позитрон. Особенно важным с принципиальной точки зрения было второе открытие, сделанное Ф. Жолио-Кюри, так как оно показало, что превращения «элементарных» частиц взаимны, что, как «пара» (электрон и позитрон) переходят в фотоны, так и, обратно, фотон переходит в «пару»; следовательно, как вещество превращается в свет, так и свет превращается в вещество. По поводу открытого им нового явления «рождения пары» Ф. Жолио-Кюри говорил: «Нам удалось показать, что  $\gamma$ -лучи большой энергии, испускаемые  $\text{ThC}''$ ..., вызывают появление положительных электронов; если освещать ими свинцовую пластинку... На некоторых снимках можно заметить два электронных пути: один принадлежит положительному электрону, другой — отрицательному электрону, причем оба пути начинаются в одной и той же точке на поверхности свинцовой пластинки»<sup>1</sup>. Далее Ф. Жолио-Кюри привел фотографию, на которой изображена «пара» из положительного и отрицательного электронов, созданная в газе фотоном  $\text{ThC}''$ <sup>2</sup>.

Предсказанный в 1935 г. японским ученым *Юкава* и открытый в космических лучах в 1937 г. английским физиком *Блэккетом* «тяжелый электрон», названный позднее *мезоном*, уже с момента своего открытия не подпадал под определение Рамзая, ибо распадался на электрон и, повидимому, нейтрино. То же происходило и с положительным мезоном, распадавшимся на позитрон и, повидимому, нейтрино. Открытый впоследствии нейтральный мезон («нейтретто») распадался, как выяснилось, на два фотона. В 40-х годах XX в. было установлено, что нейтрон спонтанно разлагается на протон, электрон и, повидимому, нейтрино.

Таким образом, к исходу второй четверти XX в. было с несомненностью доказано, что ни одна из так называемых «элементарных» физических частиц не подпадает под рамзаевское определение элемента, так что это последнее утратило всякое значение.

### 3. ЭВОЛЮЦИЯ ПОНЯТИЯ «ЭЛЕМЕНТАРНОЙ» ЧАСТИЦЫ

Эволюцию понятия элемента мы связывали с неуклонным усовершенствованием способов разложения вещества (см. главу I). Несомненно, что с этим в значительной мере связана и эволюция понятия «элементарной» частицы. Однако здесь мы имеем и некоторое своеобразие, обусловленное тем, что «элементарные» частицы либо спонтанно распадаются и порождают другие частицы (распад нейтрона и мезонов), либо взаимопревращаются друг в друга при определенных условиях — в поле ядра («рождение пары») или при встрече электрона и позитрона («исчезновение пары»). В связи с тем, что все «элементарные» частицы являются *микрочастицами*, решающую роль при изучении их взаимопереходов и их спонтанного распада играют различные экспериментальные способы обнаружения их присутствия. Изобретение таких практических установок, как, например, камера Вильсона или счетчик Гейгера, определяет собою вехи в развитии всей ядерной физики и, в частности, в развитии учения об «элементарных» частицах.

Подходя к истории этого учения только с одной стороны, а именно, со стороны того, насколько полно «элементарные» частицы охватывались определением Рамзая, мы можем установить здесь два главных периода:

<sup>1</sup> Сб. «Атомное ядро», 1934, стр. 159.

<sup>2</sup> Там же, стр. 160.



Первый, начальный период (1897—1931), характеризуется тем, что «элементарные» частицы рассматривались аналитически как независимые между собою, непереходящие одна в другую частицы материи. Поэтому к ним в известной степени подходило тогда определение Рамзая. В течение этого периода были открыты первые три «элементарные» частицы (электрон, фотон и протон) и выдвинута гипотеза нейтрино.

Второй период (1932—1956) характеризуется дальнейшими открытиями не только новых «элементарных» частиц (нейтрона, позитрона и мезонов), но и их взаимных превращений и спонтанных распадов. В результате этих последних открытий оказалось, что вообще ни одна «элементарная» частица не подходит под определение Рамзая.

Внутри первого периода можно было бы выделить четыре различных этапа.

Первый этап (1897—1904) — после открытия электрона и до открытия фотона (1905). Поскольку в течение этих 8 лет был известен из всех «элементарных» частиц только один электрон и поскольку он тогда еще ни во что не превращался и ни на что не разлагался, то можно было бы считать, что электрон полностью подходил под обычное определение элемента.

Второй этап (1905—1910) — после открытия фотона и до открытия атомного ядра и тем самым до установления, что протон есть ядро атома H. В течение этих 6 лет объем понятия «элементарных» частиц расширился за счет открытия фотона, но фотон, в силу своей способности поглощаться и испускаться веществом, не подходил под обычное определение элемента. Это последнее охватывало собою попрежнему только один электрон.

Третий этап (1911—1930) — после открытия протона и до выдвижения гипотезы нейтрино. В течение этих 20 лет были известны три «элементарные» частицы, из которых электрон и протон подходили под определение Рамзая, а фотон попрежнему не подходил под это определение и тем самым резко обособлялся в качестве «частицы» света от электрона и протона как частиц вещества.

Четвертый этап (1931) — выдвижение гипотезы нейтрино, причем нейтрино, подобно электрону и протону, подпадало первоначально под определение Рамзая.

Во втором периоде можно было бы выделить пять различных этапов, которые мы будем называть в общем последовательном порядке пятым, шестым и т. д.

Пятый этап (1932) — открытие нейтрона и протонно-нейтронного состава ядра; возникновение первой идеи о взаимопревращении тяжелых частиц и о рождении ими легких частиц. Это — начало полного крушения рамзаевского определения. Однако в 1932 г. еще не было установлено прямых экспериментальных данных, свидетельствовавших о разложении и превращении «элементарных» частиц; поэтому все частицы, кроме фотона, условно можно было еще подводить под определение Рамзая, хотя теоретически это было уже явно несостоятельно.

Шестой этап (1933—1934) — открытие позитрона и вместе с ним открытие взаимопревращаемости вещества и света — «пары» в фотоны и фотонов в «пару». Происходит дальнейшее расширение объема понятия «элементарной» частицы, причем не только фотон, но и электрон, и позитрон выпадают из ряда частиц, подпадающих под определение Рамзая; это подтверждается прямыми экспериментальными данными.

Седьмой этап (1935—1938) — предсказание и открытие «тяжелого электрона», или отрицательного мезона, и обнаружение его спонтанного распада на электрон и, повидимому, нейтрино. Тем самым не только

Этапы	Года	Область «элементарных» частиц (K)	Область частиц, охватываемых определением Рамзая (R)	Относительная доля частиц, охватываемых определением R
1	1897-1904			
2	1905-1910			
3	1911-1930			
4	1931			
5	1932			
6	1933-1934			
7	1935-1938			
8	1939-1947			
9	1948-1956			

Рис. 8

мезон, но и нейтрино выпадают из круга частиц, охватываемых определением Рамзая.

Восьмой этап (1939—1947) — после открытия других мезонов (положительных и нейтральных), а также радиоактивного распада нейтрона с превращением его в протон и с выделением электрона и, повидимому, нейтрино. Теперь уже ни одна «элементарная» частица не охватывается определением Рамзая.

Девятый и ныне продолжающийся этап (1948—1956) — после открытия, что мезоны представляют не один, а несколько различных видов частиц — так называемые пи-, мю- и тау-мезоны, различающиеся по своим массам, по характеру распада и некоторым другим признакам. Все они способны к взаимопревращениям, а потому, подобно всем предыдущим частицам, не охватываются определением Рамзая.

Схематически всю эту эволюцию можно представить следующим образом (см. рис. 8). Буквой  $K$  мы обозначаем область «элементарных» частиц (корпускул), буквой  $R$  — круг частиц, охватываемых определением Рамзая, которое представляет собою перенос понятия элемента из химии на «элементарные» частицы. Как и раньше, мы обозначаем кружками область реальных объектов (помещен в левой части рисунка и обозначен тонкой линией) и область частиц, охватываемых определением Рамзая (помещена в правой части рисунка и обозначена жирной линией). Область тех частиц, которые обнаружили способность к превращениям, покрыта пунктиром.

Для «элементарных» частиц приняты следующие обозначения: электрон  $e^-$ ; фотон  $\epsilon$ ; протон  $p$ ; нейтрино  $\nu$ ; нейтрон  $n^0$ ; позитрон  $e^+$ ; тяжелый электрон, или отрицательный мезон  $\mu^-$ ; положительный мезон  $\mu^+$ ; нейтральный мезон, или нейтретто  $\mu^0$ . (Первоначально все мезоны обозначались буквой  $\mu$ .) Мю-, пи- и тау-мезоны — соответственно  $\mu$ ,  $\pi$ ,  $\tau$ .

В отличие от сказанного в предыдущей главе (см. рис. 1—7), в данном случае мы показываем, как расширялся объем понятия «элементарных» частиц по мере открытия новых частиц.

Рис. 8 показывает, что объем наших знаний об «элементарных» частицах неуклонно расширялся, начиная с открытия электрона (см. левую часть рис. 8). Вместе с тем столь же неуклонно, начиная с 1932 г., расширялся и объем частиц, которые обнаружили свою способность к превращениям; соответственно этому, начиная с того же 1932 г., неуклонно сокращался объем понятия элемента, определенного согласно рамзаевскому определению в его применении к области «элементарных» частиц (см. правую сторону рис. 8).

#### 4. ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕМЕНТ?

Итак, мы видели, что все эмпирико-аналитические определения элемента (Лавуазье, Горбова, Панета, Фаянса, Шарвина, Рамзая) неизменно оказывались несостоятельными в результате поступательного развития физики и химии. Было сделано еще немало попыток каким-то образом спасти это определение и приспособить его к тем или иным областям физических и химических объектов. Например, тот же Рамзай предложил считать элементами не реальные химические элементы, а ионы. Он говорил:

«Ион натрия или «натрион» есть элемент; металл натрий есть соединение элемента «натриона» с электроном»<sup>1</sup>. Но такие воззрения тут же обнаруживали свою полную несостоятельность.

Тоже следует сказать и о другой, подобной же попытке, которая была сделана с целью объявить химическими элементами атомные ядра. Например, Я. И. Михайленко писал:

«С открытием строения атомов, очевидно, под химическим элементом нужно понимать ядро. Пока ядро цело, мы имеем химический элемент, независимо от того, цела ли его электронная оболочка, нарушена или

<sup>1</sup> «Новые идеи в химии», 1914, № 4, стр. 14.

ее совсем нет<sup>1</sup>. Поэтому «понятие «элемент» нужно отождествить с ядром...»<sup>2</sup>. Ясно, что это рассуждение есть просто попытка вернуться к давно уже опровергнутому определению Фаянса («элемент есть изотоп»). Недаром тот же Михайленко писал в духе Фаянса, что «каждый изотоп есть химический элемент»<sup>3</sup>. Вполне понятно, что попытка со стороны Михайленко спасти провалившееся определение Фаянса должна была окончиться и окончилась полным фиаско.

Таким образом приходится констатировать неизменный провал всех без исключения попыток каким-либо образом приспособить понятие элемента, определенное эмпирико-аналитическим путем, к современным данным физики и химии. Реакцией на все эти неудачи явилась чисто нигилистическая тенденция отказаться вообще от понятия элемента, заменить его какими-либо другими понятиями. На такую позицию встал, в частности, проф. М. П. Дукельский<sup>4</sup>.

В дальнейшем мы подробнее остановимся на выяснении причин всех этих неудач. Сейчас же отметим только, что рушилось и оказывалось неизменно несостоятельным не понятие элемента само по себе, а только его неправильное, эмпирико-аналитическое определение. Понятие же элемента продолжало и продолжает сохранять свое огромное значение в науке, независимо от того, разложено уже или еще не разложено вещество, принимаемое за элементарное, обнаружили уже или еще не обнаружили свою способность к превращениям частицы, считаемые «элементарными».

В прежнем, метафизическом, значении этого слова, под элементами понимались какие-то абсолютно простые, изначальные, первичные виды или частицы материи. Современная наука доказала, что таких «элементов» в природе вообще не существует, будь то химические элементы или электроны. Все виды и частицы материи не вечны, не неизменны, но способны к изменению, к превращениям, к развитию. Этим современная наука блестяще подтвердила одно из важнейших положений диалектического материализма. «Разрушимость атома, неисчерпаемость его, изменчивость всех форм материи и ее движения всегда были опорой диалектического материализма»<sup>5</sup>, — писал Ленин. И он подчеркивал: «Признание каких-либо неизменных элементов, «неизменной сущности вещей» и т. п. не есть материализм, а есть *метафизический*, т. е. антидиалектический материализм»<sup>6</sup>.

Но что же тогда следует понимать под элементами? Это понятие *относительное*; оно выражает простейший вид вещества или частиц материи в пределах данного круга явлений, исходную форму, с которой в данных пределах начинается процесс развития и усложнения изучаемого объекта. Так, все химические процессы обусловлены движением атомов, которые сами рассматриваются в пределах химии как нечто устойчивое, сохраняющее свою основу неизменной. Это не означает, что атомы вообще признаются неизменными, неразрушимыми и т. д., но они признаются относительно устойчивыми, сохраняющимися в тех пределах, в каких совершаются химические процессы. Поэтому и сами химические элементы, мельчайшими частичками которых являются атомы, ведут себя в химии, как простые в химическом отношении вещества, как исходные

<sup>1</sup> Я. Михайленко, Эволюция наших представлений о химических элементах, атомах и молекулах за последнее время, ч. 1, 1935, стр. 250

<sup>2</sup> Там же, стр. 270.

<sup>3</sup> Там же, стр. 250.

<sup>4</sup> «Вестник высшей школы», 1941, № 2, стр. 31.

<sup>5</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 268.

<sup>6</sup> Там же, стр. 248.

формы химического вещества, которыми, как «последними» в пределах химии, заканчивается химический анализ и с которых, как с «первичных», в пределах той же химии, начинается химический синтез. Отсюда элементарность, простота, неделимость и прочие признаки тех или иных веществ обнаруживают свой относительный характер: такими эти вещества оказываются не вообще, не при любых условиях, но лишь в данной, вполне определенной, области явлений и лишь по отношению к тем изменениям, которые совершаются в этой области. Замечательно глубокие и по существу верные мысли на этот счет мы находим в трудах Менделеева. В «Основах химии» Менделеев писал по поводу относительности признака неделимости:

«Ныне атом есть неделим не в геометрическом или абстрактном смысле, а только в реальном, физическом и химическом. А потому, лучше было бы назвать атомы *индивидуумами*, неделимыми. Греческое атом = индивидууму на латинском языке — по сумме и смыслу слов, но исторически этим двум словам придан разный смысл. Индивидуум механически и геометрически делим и только в определенном, реальном смысле неделим. Земля, солнце, человек, муха суть индивидуумы, хотя геометрически делимы. Так, атомы современных естествоиспытателей неделимы в химическом смысле, составляют те единицы, с которыми имеют дело при рассмотрении естественных явлений вещества, подобно тому как при рассмотрении людских отношений человек есть неделимая единица, или, как в астрономии, единицею служат светила, планеты, звезды»<sup>1</sup>.

В статье «Вещество» Менделеев проводил ту же мысль, говоря о том, что атомы делимы в механическом отношении, но неделимы в химическом, т. е. относительном смысле, подобно тому, как частицы (молекулы) «неделимы при физических изменениях, совершающихся с веществом. Индивидуум, например, известный человек или данная звезда, как таковые — неделимы, хотя механически, физически и химически делимы. Так, частицы вещества, например соли, неделимые при всех совершающихся с ними физических или механических превращениях, оказываются делимыми при химических превращениях»<sup>2</sup>.

Следовательно, Менделеев понимает неделимость как относительный (но не абсолютный) признак и связывает ее с тем, что в пределах данного круга явлений (механических, физических, химических или биологических) данный предмет природы (микро-частица, небесное тело, живое существо) выступает как *единица* по отношению к рассматриваемому кругу явлений природы.

В таком же именно относительном смысле должен пониматься и признак элементарности тех или иных видов материи. Они элементарны не потому, что якобы абсолютно просты, неизменны, непревращаемы друг в друга, неразложимы и т. д., а потому, что в пределах данной области явлений природы играют роль исходных, относительно наиболее простых форм, с которых здесь, *в этой области* природы, начинается процесс развития и которые поэтому здесь, *в этой области* природы, выступают как своего рода единицы, или элементы, как «ячейки», или «клеточки». Таковы именно и суть реальные химические элементы, если их рассматривать в пределах химических явлений. Но в пределах атомной физики, изучающей строение и свойства атомов, обычные химические элементы, например хлор или натрий, выступают уже не как исходные формы, т. е. не как элементы, а как сложные образования; роль «элементов» же здесь будут играть структурные частицы атома — атомные ядра и образу-

<sup>1</sup> Д. Менделеев, Основы химии, изд. 8, 1906, стр. 482.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 370—371.

щие атомную оболочку электроны. Но, разумеется, ядра и электроны не будут химическими элементами, а «элементами» физическими. Идя дальше вглубь материи, мы обнаружим, что в области ядерной физики атомные ядра выступают уже не как исходные формы, т. е. не как элементы, но уже как сложные образования, а роль элементов в этой области физики будут играть «элементарные» частицы.

Однако все это лишь ступени в бесконечном ряду разложений и превращений материи, а потому все «элементарные» — для каждой области явлений природы — формы сами по себе являются сложными, изменчивыми, превращаемыми. Это значит, что их «элементарность» относительна. Поэтому название «элементарных» частиц, как простейших из ныне известных, ставят обычно в кавычки, дабы подчеркнуть, что этот термин следует понимать условно, относительно.

Но относительность признака «элементарность» отнюдь не может служить поводом к тому, чтобы ставить под сомнение объективную реальность химических элементов, поскольку они оказались разложимыми, или «элементарных» частиц, поскольку они оказались превращаемыми. Только релятивисты, махисты, энергетики и прочие «физические» идеалисты делают такие идеалистические выводы из факта изменчивости объектов природы и наших представлений о них. Критика этих реакционных, антинаучных гносеологических выводов, связываемых с эволюцией понятия элемента, дается ниже (см. главу IV).

---

## Глава III

### НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТЬ ЭМПИРИКО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ЭЛЕМЕНТА С ФОРМАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Мы показали, что в итоге развития науки все эмпирико-аналитические определения элемента Лавуазье, Горбова и Панета, а также Фаянса и Рамзая, утратили свою силу и перестали соответствовать определяемому предмету. Между тем многие современные химики продолжают удерживать обломки и обрывки этих эмпирических определений, стараясь во что бы то ни стало примирить новые факты с противоречащими им старыми формулировками, стараясь «втиснуть» новые открытия в прокрустово ложе давно уже отживших определений и понятий. Все это создает невероятную путаницу понятий и на каждом шагу приводит к неразрешимым противоречиям.

Для того чтобы лучше разобраться в создавшемся положении, начнем с того, что выясним (пока только с формально-логической стороны) современное состояние вопроса и охарактеризуем некоторые черты эмпирико-аналитического понятия элемента. Без такого формально-логического анализа будет трудно выяснить философскую — логическую и гносеологическую — эволюцию названного понятия, которая в итоге привела к тому, что мы наблюдаем сегодня.

С формально-логической стороны ко всякому определению, в том числе к определению химического элемента, должны быть предъявлены следующие четыре основные требования.

Во-первых, оно не должно быть только *негативным* (отрицательным), т. е. оно должно указывать также в положительной (позитивной) форме, чем данный предмет является, а не только то, чем он не является.

Во-вторых, оно должно быть *адекватным* (соразмеримым) *по объему*, т. е. должно точно соответствовать действительным границам определяемого предмета или круга явлений, но не быть более широким или более узким.

В-третьих, оно должно быть *четким* и *ясным*, т. е. оно не должно содержать никаких неопределенных признаков, расплывчатых и запутанных выражений, туманных образов, дающих повод к двусмысленному толкованию.

Наконец, в-четвертых, оно не должно быть *тавтологическим* (тоже-словным) и не должно *делать круга*, т. е. оно должно указывать конкретные отличительные признаки предмета, а не просто повторять, в других лишь выражениях, то самое, что требуется определить, или определять его через такие понятия, которые предполагают его уже определенным.



К этим четырем основным требованиям добавляется пятое, которое относится к тому случаю, когда одновременно даются два различные определения одного и того же объекта. Это пятое требование состоит в том, что оба определения должны быть согласованными друг с другом, т. е. должны устанавливать одинаковый объем определяемого предмета и, следовательно, не должны *противоречить* одно другому. Если же одно из них устанавливает один объем, *адекватный* предмету, а другое — другой объем, *неадекватный* ему, то оба определения будут взаимно противоречить друг другу; в итоге, взятые вместе, они будут давать логически *противоречивое* определение, независимо от того, в каком отношении они между собой находятся: исключают ли друг друга, пересекаются ли друг с другом или же более широкое включает в себя более узкое<sup>1</sup>.

Коротко перечисленные пять требований, предъявляемых ко всяким определениям со стороны их объема и содержания, мы будем называть *формальными требованиями*, в отличие от *требований по существу*, которые предъявляются диалектической логикой в целях раскрытия более глубокого содержания определяемого предмета или соответствующего ему понятия.

Рассмотрим теперь, насколько удовлетворяют указанным формально-логическим требованиям существующие эмпирико-аналитические определения элемента. Главное внимание обратим на определение Панета и на его защитников среди современных химиков, ибо определение Панета дольше всех других продержалось в науке, позднее других утратило свою адекватность, а поэтому в последнее время получило распространение среди химиков значительно большее, чем все остальные эмпирико-аналитические определения элемента, вместе взятые. К тому же оно оказалось у Панета совершенно ошибочно связанным с правильным в основном теоретическим определением элемента как вещества, атомные ядра которого несут одинаковый заряд. Когда из двух определений, которые у Панета по ошибке были связаны вместе, одно (теоретическое) подтвердилось, то это многим химикам и самому Панету казалось вполне достаточным доводом в пользу справедливости и второго определения (эмпирического); неправомерность такого умозаключения до последнего времени оставалась незамеченной. По этим причинам мы полагаем, что если будут вскрыты в полной мере формальные недостатки определения Панета, то будет подорвано доверие и некритическое отношение к наиболее прочно укоренившемуся в химии эмпирико-аналитическому понятию элемента. Тем легче будет тогда обнаружить логическую несостоятельность других подобного рода определений элемента, поскольку их недостатки выступают еще более резко, чем недостатки определения Панета.

Переходим к формально-логическому анализу эмпирико-аналитических определений элемента с точки зрения их соответствия или несоответствия отдельным формальным требованиям.

### 1. ТРЕБОВАНИЕ ПОЗИТИВНОСТИ

Прежде всего можно констатировать, что все определения подобного рода, начиная с определения Лавуазье и кончая определениями Горбова и Панета, носят по форме *отрицательный* характер. Признаком элемента считается *неразложимость* (или *неразложимость*) вещества на составные части. Тем самым все эмпирико-аналитические определения сказываются в противоречии с первым формальным требованием. Этот недостаток

<sup>1</sup> См. критику Энгельсом формально-логической путаницы у Дюринга в определении жизни. (Ф. Энгельс, Анти-Дюринг, 1950, стр. 73—74.)

эмпирико-аналитического определения элемента вскрыл еще Менделеев; он писал:

«Самую слабую сторону понятия о простых телах составляет отрицательность определяющих признаков, данных Лавуазье и с тех пор господствующих в науке. Они *не разлагаются*, они друг в друга *не переходят*»<sup>1</sup>.

Когда Фаянс давал свое эмпирико-аналитическое определение «элемента» (изотопа), перед ним встал вопрос: как быть с теми смесями изотопов, которые можно образовать искусственно, сплавления, например, два изотопа свинца? Разлагать такую смесь на ее составные части в то время не умели, а между тем ее составной характер был с несомненностью доказан самым фактом ее образования из отдельных изотопов. С точки зрения определения Лавуазье, гласившего, что элементом является всякое вещество, которое еще не было разложено на более простые вещества, сплав изотопов свинца следовало бы считать элементом, что, конечно, противоречило основной идее Фаянса, согласно которой элементами являются отдельные изотопы. Чтобы выйти из этого затруднения, Фаянс предложил считать элементом не только то вещество, которое не было разложено на более простые вещества, но и то, в отношении которого не было установлено, что оно является смесью других веществ<sup>2</sup>.

Это было то «новое», что, по словам Фаянса, он внес в определение Лавуазье. По существу дополнение Фаянса ничего не изменило, ибо «новое» определение оставалось попрежнему негативным по форме: к признаку *неразложности* был добавлен признак *недоказанности* смешанного характера вещества.

То же самое произошло и с Панетом, когда перед ним встал вопрос о том, как быть с изолированными уже изотопами. Так, например, поскольку изотопы свинца нельзя химически разложить на составные части, то каждый из них в отдельности следовало бы, с его точки зрения, считать химическим элементом. Но как тогда установить, являются ли они одним и тем же химическим элементом или двумя разными элементами? В связи с необходимостью точно ответить на этот вопрос Панет вынужден был дополнить свое определение указанием, что вещества, подчиняющиеся этому определению, являются одним и тем же элементом, если они, будучи однажды смешаны друг с другом, не могут быть обратно разделены с помощью любого химического способа<sup>3</sup>. Это дополнение не изменило, а лишь раз подчеркнуло отрицательный, негативный характер определения Панета: к признаку химической неразложимости был добавлен признак химической неразложимости веществ после их смешения.

Все сказанное относится и к определению Рамзая, согласно которому эмпирико-аналитическое определение элемента распространяется на область «элементарных» частиц. Ведь данное определение к отрицательному признаку *неразложности* добавляет такой же отрицательный признак *непревращаемости*. Поэтому оно столь же несостоятельно с формально-логической точки зрения, как любое другое, аналогичное ему определение элемента.

Таков первый формальный недостаток эмпирико-аналитического понятия элемента и всех его определений вообще.

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Основы химии, изд. 8, 1906, стр. 411.

<sup>2</sup> „Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik“, т. 14, стр. 342.

<sup>3</sup> „Zeitschrift für physikalische Chemie“, т. 91, 1916, стр. 182, 198.

## 2. ТРЕБОВАНИЕ АДЕКВАТНОСТИ

Другой существенный недостаток определений этого рода, начиная с того же определения Лавуазье и кончая теми же определениями Горбова и Панета, состоял в их несоответствии по объему действительному предмету, подлежащему определению. В самом деле: окислы щелочных и щелочноземельных металлов являются химически сложными веществами; но в XVIII в. они еще не были разложены; поэтому, согласно определению Лавуазье, их нужно было бы считать химическими элементами, хотя они таковыми не являлись. Тем самым эмпирико-аналитическое понятие элемента охватывало тогда значительно больший круг веществ, чем круг действительных химических элементов.

Позднее та же история повторилась с изотопами. В отношении многих реальных элементов существовало предположение об их смешанном характере; несмотря на это Фаянс вынужден был считать их однородными (и в этом смысле — элементарными), пока каким-либо путем не был доказан их смешанный составной характер; поэтому можно было заведомо считать, что понятие элемента не отвечает по своему объему реальному объекту, отразить который оно было призвано, а оказывается шире его, охватывая вещества, которые в действительности не являются однородными (т. е. «элементарными», в смысле Фаянса). Напротив, после открытия, сделанного Резерфордом в 1919 г., определение Фаянса стало сужать круг химических элементов, исключая из него сначала азот, потом кислород и т. д., словом, те реальные элементы, которые удалось к тому времени искусственно разложить. Вместе с тем, как отмечает сам же Фаянс, вряд ли могут возникнуть сомнения в том, что следует попрежнему считать кислород и азот элементами.

Существенное возражение против определения Панета также шло по линии указания на его неадекватность в связи с тем, что физические смеси инертных газов представлялись химически неразделимыми. После открытия способности инертных газов давать химические соединения это возражение отпало, однако появились новые возражения, идущие также по линии указания на несоответствие панетовского определения реальному кругу веществ, которые оно должно охватить. Так, например, *В. И. Спицын* и *Н. И. Флеров* в своей статье «Развитие представлений о химическом элементе» отмечают, что если такие способы, как пропускание электрического тока, отнести к физическим, то тогда фтористый водород придется считать элементом, ибо фтор из этого соединения нельзя выделить химическим путем с помощью веществ, т. е. окислителей, а только путем электролиза или иным физическим способом<sup>1</sup>. Наконец, после открытия химических способов разделения и обогащения изотопов, в число элементов, согласно определению Панета, должны частично попадать отдельные изотопы, а элементы, химически разделенные на их составные части, должны исключаться из числа элементов, вследствие чего понятие элемента становится, с одной стороны, шире, а с другой — уже, чем область реального объекта.

Ошибки этого рода встречаются и в советской учебной литературе. Например, *В. В. Верховский* определял элементы как «простые вещества, которые не могут быть ни химически разложены, ни получены путем реакции соединения»<sup>2</sup>. Чтобы избежать противоречия со стороны формальных требований и не распространять это определение на изотопы, которые правильно признаются разновидностями элемента, Верховский заявлял далее, что изотопы обладают «совершенно одинаковыми хими-

<sup>1</sup> «Успехи химии», т. VI, 1937, стр. 1714.

<sup>2</sup> В. В. Верховский, Неорганическая химия, 1939, стр. 32.

ческими свойствами»<sup>1</sup>. Когда же речь заходит о тяжелой воде, автор последовательно умалчивает о ее химическом отличии от обычной (легкой) воды, отмечая лишь различие в их физических свойствах. Однако автор все же вынужден признать, что химическое различие изотопов водорода, хотя и незначительное, все же существует: «По химическим свойствам соединения  $H^2$  мало отличаются от соединений  $H^1$ »<sup>2</sup>. Однако если с помощью *химического* способа удастся разделить соединения изотопов, то, очевидно, нельзя считать, что их химическое различие настолько мало, что им можно пренебречь. Дело даже не в количественной стороне этого различия, а в самом факте, что изотопы химически различны, химически разделимы. Поэтому автору необходимо было либо признать изотопы водорода за разные элементы, либо признать предложенное им определение элемента неадекватным.

Все это может быть полностью отнесено и к определению Рамзая, согласно которому понятие элемента следует распространить на «элементарные» частицы. Можно сказать, что адекватным это определение являлось только на первом этапе развития науки об «элементарных» частицах, когда была открыта еще только одна из этих частиц—электрон (см. рис. 8). Но уже после открытия фотона обнаружилась неадекватность данного определения, которая со временем усилилась (после 1932 г.) настолько, что определение Рамзая вообще утратило какое-либо соответствие с областью реальных «элементарных» частиц.

Таким образом эмпирико-аналитические определения элемента в конечном счете оказываются неадекватными, противоречащими второму формальному требованию. Неправ поэтому Реми, считающий, что границы объема бойлевского определения элемента не надломлены<sup>3</sup>.

Переходим к разбору тех частных недостатков, которые присущи специально эмпирико-аналитическому определению Панета.

### 3. ТРЕБОВАНИЕ ЧЕТКОСТИ

Первым таким недостатком, на который правильно указал Фаянс, является неопределенность термина «химический» способ разложения, делающая определение Панета расплывчатым. Фаянс возражает против того, что, строя определение элемента на основе признака *химической* неразложимости вещества, Панет тем самым допускает весьма резкое противопоставление химических способов разложения физическим, чего делать нельзя. Разумеется, существуют способы разделения чисто химические, основанные на химических реакциях, и чисто физические, подобные способам отделения гелия путем диффузии в газовом состоянии. Но существуют и промежуточные между ними. Например, как быть с такими способами, которые основаны на разложении вещества с помощью нагревания или электрического тока, на дистилляции и т. д.? «Являются ли они физическими, химическими или физико-химическими?» — спрашивает Фаянс. Однозначный ответ дать невозможно, так как «вообще не существует никакой резкой границы между физическими и химическими процессами»<sup>4</sup>. Против определения элемента с помощью представления о химических способах разложения вещества возражает и Реми. «Невозможно вообще провести действительную границу между «химическими» и чисто «физическими» процессами; никакое отдельное

<sup>1</sup> В. В. Верховский, Неорганическая химия, 1939, стр. 265.

<sup>2</sup> Там же, стр. 266.

<sup>3</sup> „Die Naturwissenschaften“, 1918, стр. 530.

<sup>4</sup> „Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik“, т. 14, 1917, стр. 330.

химическое разделение невыполнимо без физических (например, механических) операций»<sup>1</sup>.

С этим возражением вполне можно согласиться. Соглашается с ним отчасти и сам Панет. «Это в известной степени правильно,— заявляет он,— что существует переход между химическими и другими (механическими и физическими) способами разделения; но не менее правильно и то, что в данном случае не может возникнуть сомнения в том, что методы, которыми достигается разделение изотопов и которые все без исключения основаны на различии масс, суть способы типично нехимические»<sup>2</sup>.

Далее Панет ссылается на пример *Я. Вант-Гоффа* и говорит, что у исследователя, который стремится к «научной точности», не может возникнуть никакого сомнения по поводу различия между механическими, физическими и химическими способами разложения. Основываясь на труде Вант-Гоффа «*Chemischen Grundlagen*», Панет заключает, что способы центрифугирования следует считать, безусловно, типично механическими.

Таким образом, вместо четкого разъяснения, в чем состоит отличие химических способов от физических, Панет предпочел сослаться на отсутствие сомнений в *типичных* случаях. Но все последующее развитие науки привело к тому, что в целях разложения вещества все чаще стали применяться не типичные, чисто физические или чисто химические способы, а способы переходные, промежуточные, т. е. физико-химические. В связи с этим доводы Панета, приведенные им в оправдание своего определения, оказались совершенно несостоятельными.

Спицын и Флеров приводят в качестве примера действие альфа-частиц на воду (выделение водорода и кислорода из водных растворов солей радия), которое считается «химическим» действием. «Почему же то же самое средство воздействия,— спрашивают они,— должно считаться «нехимическим», если альфа-частица разрушает не молекулу воды, а атомное ядро азота?»<sup>3</sup>. Дело в том, что чисто эмпирический подход не может обеспечить точного определения признака «химический» в его отличие от признака «физический». Одного указания на источник данной формы энергии, выступающей в качестве средства разложения вещества, еще недостаточно, чтобы судить о характере оказываемого ею действия. Это твердо доказано с того времени, как открыт закон сохранения и превращения энергии. При известных условиях всякое физическое средство воздействия может и должно вызвать химическое действие, поскольку при этих условиях физические формы энергии переходят в химическую энергию. Поэтому одно и то же средство в различных условиях, вызывая различное действие, оказывается в одном случае физическим, а в другом — химическим.

Правильно указывает Урбен, что при разделении аналитических методов на физические и химические «невозможно установить между ними строгое различие. Отнесение к той или иной группе определяется не правилами логики, а, главным образом, боязнью затронуть некоторые предубеждения, связанные преимущественно с общепринятой классификацией наук, на которой основывается вся система нашего высшего образования. Только благодаря указанным здесь причинам реакции, происходящие с затратой теплоты, в одних случаях рассматриваются как химические, а в других случаях, как физические»<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> „Die Naturwissenschaften“, 1918, стр. 527.

<sup>2</sup> Там же, стр. 646.

<sup>3</sup> «Успехи химии», т. VI, 1937, стр. 1714.

<sup>4</sup> Ж. Урбен, Химический элемент и атом, 1929, стр. 19.

Следовательно, определение Панета должно быть признано несостоятельным, противоречащим третьему формальному требованию, ибо оно при ближайшем рассмотрении оказывается построенным на такой неопределенной основе, как произвольное, чисто эмпирическое проведение различия между химическими и физическими способами анализа.

#### 4. ТРЕБОВАНИЕ НЕДОПУСТИМОСТИ КРУГА И ТАВТОЛОГИИ

Следующим недостатком определения Панета является его *тавтологичность*, или, точнее сказать, приведение к логическому *кругу*, который обнаруживается сейчас же, как только мы попытаемся глубже проникнуть в смысл главного определяющего признака, выраженного словом «химический». Действительно: определять элемент как вещество, неразложимое *химическим* путем,— это значит предполагать заранее известным и заранее определенным самый термин «химический». Следовательно, исходным в этом случае является допущение, что химия уже определена как наука. Но легко показать, что само определение химии, в свою очередь, целиком строится на представлении об *элементах* как ее главном объекте, их частичках (атомах), их соединениях между собой. Как бы мы ни пытались определить химию, а следовательно, и производный от нее термин «химический», мы вынуждены так или иначе начать с определения ее основного объекта, т. е. химических элементов. Короче говоря, строить эмпирическое определение элемента на основе признака «химический» — значит в конечном счете определять элемент как... элемент, т. е. выдавать за определение то, что само подлежит определению. Здесь в точности повторилась та же история, которую отметил Энгельс в отношении определения понятия жизни. Признак «обмен веществ» несоответственно расширял объем понятия жизни, относя к нему и неорганический обмен. Признак «органический обмен веществ» хотя и сужал объем определения, но неизбежно приводил к тавтологии, ибо, в свою очередь, он мог быть определен только через понятие жизни<sup>1</sup>.

Признак «неразложимости» в его применении к понятию элемента перестал выражать область действительных химических элементов после открытия искусственного превращения элементов и их разделения на изотопы. Поэтому возникла необходимость в уточнении этого признака путем такого сужения понятия «неразложимости», чтобы в результате указывались только те способы разложения, при которых элементы действительно сохраняются устойчивыми, не подвергаются ни превращению, ни разделению на изотопы. Но введенное Панетом добавление (указание на признак «химический») приводило к логическому кругу, ибо требовало своего определения в конечном счете через понятие «элемент»).

Подобные ошибки часто встречаются и у советских авторов. Например, Спицын и Флеров дают такое определение: «химическим элементом называется совокупность атомных ядер, находящихся в той или иной степени и форме электронизации и обладающих при равных физико-химических условиях одинаковыми химическими или радиоактивными свойствами»<sup>2</sup>. Не говоря уже о том, что здесь ошибочно за отдельные элементы признаются радиоактивные изотопы и даже радиоизомеры, вся аргументация, исходящая из признания равенства *физико-химических* условий и одинаковости *химических* свойств, грешит тем же противоречием с четвертым формальным требованием, как и определение Панета.

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, Анти-Дюринг, 1950, стр. 76.

<sup>2</sup> «Успехи химии», т. VI, 1937, стр. 1730.



В самом деле: тождество химических свойств авторы определяют: а) как способность вступать (или не вступать) в те или иные *химические реакции* при данных *физико-химических условиях* и б) как способность давать определенные *химические* соединения, обладающие одинаковыми *физико-химическими константами*. Короче говоря, авторы определяют «химический элемент» с помощью понятия «химическое свойство», а это последнее — с помощью понятий «химическое условие», «химическая реакция», «химическое соединение», «химическая константа». При этом самый признак «химический» вообще не получает точного определения. При попытке же дать такое определение неизбежно возникает логический круг. То же самое мы обнаруживаем и в более поздней работе тех же авторов «Понятие «элемент» в преподавании химии»<sup>1</sup>.

В таком же духе понятие элемент определено в первом издании БСЭ как «вещество, характеризующееся проявлением при химических реакциях одинаковых химических свойств и не могущее быть обычными химическими методами ни разложенным, ни составленным из других веществ»<sup>2</sup>.

Такое определение является явно тавтологическим. Оно трижды указывает на признак «химический» (химические реакции, одинаковые химические свойства, обычные химические методы разложения), тогда как самый признак «химический» может быть определен только с помощью понятия об элементе. Кроме того, оно противоречит третьему требованию, поскольку термин «обычные методы» совершенно неопределен.

Итак, определение Панета и сходные с ним определения элемента неизбежно приходят в противоречие с четвертым формальным требованием, ибо эти определения являются тавтологичными и приводят к логическому кругу. Этот, наиболее существенный недостаток определения Панета до сих пор не был вскрыт его критиками.

## 5. ТРЕБОВАНИЕ НЕПРОТИВОРЕЧИВОСТИ ДВУХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ

Наконец, еще одним недостатком эмпирико-аналитического определения Панета является логическая *противоречивость* между ним и теоретическим определением, данным тем же Панетом; эта противоречивость выражается в том, что объем понятия элемента оказывается различным в зависимости от того, исходим ли мы из химико-аналитического, т. е. эмпирического, определения Панета или же из его физико-теоретического определения; оба эти определения Панет соединил чисто механически в одно общее определение. Ссылаясь на статью Панета 1916 г., редактор книги *А. Вернера* пишет: «Дать в настоящее время совершенно безукоризненное определение элемента является делом весьма трудным. Пожалуй, относительно наиболее удовлетворительным можно считать такое определение: «Химический элемент представляет собой неразложимое химически вещество, все атомы которого характеризуются одинаковым зарядом положительного ядра»<sup>3</sup>.

Очевидно, здесь смешаны два совершенно разных определения: одно — это эмпирико-аналитическое определение Панета, согласно которому определяющим признаком элемента служит его химическая неразложимость; другое — теоретическое определение элемента, согласно которому определяющим признаком элемента служит заряд ядра его ато-

<sup>1</sup> «Ученые записки» Гос. научно-исслед. института школ Наркомпроса РСФСР, 1, Химия, вып. 1, 1939.

<sup>2</sup> БСЭ, изд. 1, т. 64, стр. 34. Слово «Элемент».

<sup>3</sup> А. Вернер, Новые воззрения в области неорганической химии, 1936, стр. 1.



мов  $Z$ . Вслед за Панетом некоторые химики считают, что оба признака позволяют дать два определения, равносильные друг другу и адекватные объекту. Говоря иначе, Панет и его последователи полагают, что никакого противоречия между обоими признаками нет, что оба они лишь дополняют друг друга и что каждый из них порознь позволяет установить один и тот же объем понятия элемента, адекватный самому объекту.

Но уже при затруднении с инертными газами вскрылось противоречие между обеими частями этого двойного панетовского определения: согласно первой, эмпирической его части ( $P$ ), смесь таких газов должна была бы рассматриваться как один элемент; согласно же второй, теоретической части ( $Z$ ) того же двойного определения — как смесь нескольких разных элементов.

Поскольку критерий химической неразделимости оказался неприменимым к инертным газам, то, как указывают Панет и Хевеши, «необходима проверка единства заряда ядра другими, например, спектроскопическими методами»<sup>1</sup>.

Графически это противоречие между двумя частями двойного определения Панета можно изобразить так (см. рис. 4 б на стр. 36. Здесь буквой  $Z$  обозначено теоретическое определение Панета.)

Левый чертеж на рис. 4 б повторяет левый чертеж на рис. 4 а (с сохранением штриховки одной лишь внешней части круга  $M$ ).

Эмпирико-аналитическое определение Панета ( $P$ ) охватывает собою не только все реальные элементы (круг  $E$ ), но и часть смесей (часть круга  $M$ ), куда входят химически неразделимые смеси (см. круг  $P$  на правом чертеже рис. 4 б).

Теоретическое определение Панета ( $Z$ ) охватывает собой все элементы и только их; поэтому круг  $Z$ , совпадая в точности с областью реальных элементов ( $E$ ), помещается внутри круга  $P$ . Это показывает, что на данном этапе теоретическое определение Панета ( $Z$ ) является более узким, чем эмпирико-аналитическое определение того же Панета ( $P$ ).

В несравненно более острой форме эта внутренняя противоречивость двойного определения Панета вскрылась после открытия химических способов разделения изотопов.

В самом деле: в той же книге Вернера признается, что открытие тяжелой воды и дейтерия «следует признать одним из крупнейших событий в химии за последние годы». Из этого открытия редактор книги Вернера А. А. Гринберг делает правильный вывод, что «...укоренившееся представление о том, что изотопы не различаются по химическим свойствам, в данном случае не оправдывается на опыте»<sup>2</sup>.

Редактор, однако, не заметил, что этот вывод немедленно сделал приведенное в этой же книге двойное определение элемента внутренне противоречивым. В самом деле: если, согласно первой эмпирико-аналитической части ( $P$ ) этого двойного определения, элементом следует считать химически неразложимое вещество, то тогда равенство заряда ядра уже не может быть определяющим признаком элемента; следовательно, первая часть двойного определения явно противоречит второй, теоретической его части ( $Z$ ); например: атомы  $H^1$  и  $H^2$  (легкий и тяжелый водород) имеют одинаковый заряд ядра, равный 1; но они химически разделимы, а потому должны рассматриваться как два разные элемента, на чем, кстати говоря, настаивали некоторые ученые (М. Поляни,

<sup>1</sup> Г. Хевеши и Ф. Панет, Радиоактивность, стр. 160.

<sup>2</sup> А. Вернер, Новые воззрения в области неорганической химии, 1936, стр. 15.

Ф. Содди). Напротив, если считать определяющим признаком заряд ядра, согласно второй части ( $Z$ ) того же двойного определения Панета, то химически разделимые вещества  $H^1$  и  $H^2$  окажутся одним и тем же элементом, т. е. водородом, что явно противоречит первой, эмпирико-аналитической части ( $P$ ) того же самого двойного определения.

Когда Поляни и Содди предложили считать  $H^1$  и  $H^2$  разными элементами, они спасали эмпирико-аналитическую часть определения Панета; но тем самым они губили его теоретическую часть, ибо немедленно вслед за признанием  $H^2$  за самостоятельный элемент заряд  $Z$  терял свое значение в качестве определяющего признака элемента. Смягчить или устранить это неизбежное следствие, которое влекла за собой попытка сохранить эмпирико-аналитическую часть панетовского определения, было невозможно; поскольку в этом определении вскрылось внутреннее противоречие, можно было (если быть последовательным) идти одним из двух путей: либо сохранить первую, эмпирико-аналитическую часть двойного определения Панета ценой утраты его теоретической части, либо сохранить вторую, теоретическую его часть ценой утраты первой. Третьего пути не было и не могло быть. Между тем Панет, не понимая или не желая понять того, что его двойное определение оказалось логически противоречивым, пытался каким-то образом избежать решения вопроса согласно закону исключенного третьего. Это было достигнуто путем отказа от логической последовательности мысли и тем самым свидетельствовало о полной логической несостоятельности двойного определения Панета, сохранить которое удавалось только при условии, что последовательность мысли считается необязательной.

Л. В. Писаржевский и М. А. Розенберг впали в точно такое же противоречие, признавая за элементы, с одной стороны, вещество, неразложимое химическим путем, а, с другой стороны, вещество, атомы которого обладают одинаковыми зарядами ядра<sup>1</sup>. То же противоречие имеется и у Верховского<sup>2</sup>.

Выразим графически вновь обнаружившееся противоречие между обеими частями двойного определения Панета ( $P$ ) и ( $Z$ ) (см. рис. 6а на стр. 43). Левый чертеж на рис. 6а повторяет круг элементов ( $E$ ), изображенный на рис. 6 (но без сопоставления его с кругом изотопов); химически неразделимые элементы показаны чистым кружком внутри круга  $E$ .

Эмпирико-аналитическое определение Панета ( $P$ ) охватывает теперь только один этот участок внутри круга  $E$ , т. е. только одну часть элементов; химически разложенные элементы (заштрихованные горизонтально) находятся теперь за пределами круга  $P$ . Теоретическое определение Панета ( $Z$ ) попрежнему охватывает все элементы и только их; поэтому круг  $Z$ , совпадая с кругом реальных элементов ( $E$ ), включает в себя как свою часть круг  $P$ ; иначе говоря, теоретическое определение ( $Z$ ) на этот раз оказывается уже более широким, чем эмпирико-аналитическое определение ( $P$ ) (см. правый чертеж на рис. 6а). Сам Панет не разрешил этого противоречия; он попросту продолжал удерживать оба свои определения ( $P$ ) и ( $Z$ ), несмотря на их явную несовместимость.

Таким образом, панетовское двойное определение противоречит всем формальным требованиям, которые предъявляются к определениям.

Таково общее состояние эмпирико-аналитического понятия элемента. Обратимся теперь к выяснению причин познавательного характера, обусловивших собою такое состояние рассматриваемого нами вопроса.

<sup>1</sup> См. Л. В. Писаржевский и М. А. Розенберг, Неорганическая химия, 1933, стр. 15, 283.

<sup>2</sup> Ср. определения на стр. 31 и 266 в его «Неорганической химии», изд. 7, 1939.

## Глава IV

### КРИТИКА ИДЕАЛИСТИЧЕСКИХ И МЕТАФИЗИЧЕСКИХ ТОЛКОВАНИЙ ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА В ХИМИИ

Путаница, возникшая в связи с эмпирико-аналитическим определением элемента, настолько очевидна, что ее невозможно отрицать. Встает задача найти ее источники. Отмеченное явление имеет свои глубокие корни. Это событие отнюдь не случайное, вызванное только тем, что иногда, по мере раскрытия и изучения новых сторон объекта, все труднее бывает дать ему точное определение. Поверхностному наблюдателю, вроде Стюарта, может показаться, что дело заключается только в этом. Анализируя тенденцию развития химических понятий, Стюарт приходит к следующему выводу:

«Если в вопросе о химическом сродстве научная мысль пошла от более сложных представлений к более простым, то совсем обратное явление мы видим в учении об элементе: очень простая раньше идея химического элемента все более и более усложняется с ростом наших знаний»<sup>1</sup>. Такое объяснение выглядит очень поверхностным и малосодержательным. Дело обстоит гораздо сложнее и глубже. В действительности путаница в понятии элемента есть следствие того пренебрежительного отношения к теоретическому мышлению вообще и к логике в частности, которое является типичным для узких эмпириков. Вместе с тем исключительно огромное влияние на ход рассуждений химиков оказывали определенные философские взгляды.

У некоторых химиков эти взгляды носили идеалистический характер; в таком случае они оказывались несовместимыми с правильным подходом к изучению вещества и с научной теорией познания. Идеалистические воззрения обуславливали невероятную путаницу в головах химиков, что и выступило со всей резкостью в связи с попытками дать определение понятия элемента. На разборе этих причин познавательного характера мы сейчас и остановимся.

Прежде всего разберем попытки, которые предпринимались химиками как у нас, в СССР, так и за рубежом, исходя из различных философских воззрений, разрешить противоречия и преодолеть путаницу, связанную с понятием элемента; при этом постараемся выяснить причину неизменных неудач, которые постигали химиков на этом пути.

Продолжая логический и теоретико-познавательный анализ вопроса, мы рассмотрим далее, к каким философским выводам ведет ограниченный эмпиризм, превращающий в догму неразложимость вещества, и выясним философское значение различия между понятиями «неразложен-

<sup>1</sup> А. Стюарт, Новые идеи в физической и неорганической химии, 1931, стр. 7.

ность» и «неразложимость» вещества. После этого мы остановимся на различного рода идеалистических концепциях, сторонники которых из числа химиков пытались использовать трудности, возникающие в связи с соотношением абстрактных и конкретных понятий в химии, а также с соотношением понятий материи и энергии.

### 1. ПОПЫТКИ ХИМИКОВ КРИТИЧЕСКИ РАЗОБРАТЬСЯ В ПОНЯТИИ ЭЛЕМЕНТА

Неудовлетворительное состояние вопроса с определением элемента чувствуется теперь уже многими химиками как у нас, в СССР, так и в зарубежных странах. Разберем те результаты, которые получены на базе идеалистического мировоззрения и, напротив, на основе первых попыток опереться на диалектический материализм.

**Поиски выхода из трудностей с позиций идеалистического мировоззрения.** История химии свидетельствует о том, что до сих пор ни одному из химиков, стоящих на позициях идеалистического мировоззрения, не удалось отыскать правильный с теоретико-познавательной и естественно-научной стороны выход из создавшегося положения.

Причина этого вполне понятна. Если источником трудностей, возникших в связи с понятием элемента, явилась идеалистическая философия с ее метафизичностью, с ее субъективизмом, то единственно правильным выходом из затруднений может быть отказ от этой философии, замена ее другим методом и другой теорией познания, адекватно отражающими действительность, т. е. замена ее диалектическим материализмом. Ибо невозможно, стоя на позициях идеалистического мировоззрения, обнаружить источник тех бед, которые приносит само это мировоззрение. Это так же невозможно, как невозможно выпрыгнуть из самого себя или вытащить самого себя за волосы из трясины.

Ярким примером этого может служить попытка решения вопроса о химическом элементе с философских позиций махизма. В качестве отправной точки махисты берут положение об экономии мышления. Те схемы или те понятия объявляются более удобными, более целесообразными, а потому и более приемлемыми в научном отношении, с помощью которых можно проще и экономнее описывать результаты опыта, обобщать факты. Чем меньше таких понятий, тем легче и удобнее ими пользоваться, тем, следовательно, экономнее наше мышление. В этом духе пишет американский химик-махист А. Смит: «История рассматриваемых понятий иллюстрирует нашу врожденную склонность сводить различные категории к возможно меньшему их числу»<sup>1</sup>. На этом основании он приветствует «представление, согласно которому материя есть собрание частиц положительного и отрицательного электричества»<sup>2</sup>.

О том же писал в начале 20-х годов XX в. Л. В. Писаржевский, бывший в то время махистствующим энергетиком: «Закон экономии мышления сказывается в стремлении философии всех времен охватить основные черты действительности при помощи, по возможности, небольшого числа понятий»<sup>3</sup>. С этой точки зрения Писаржевский в духе своего учителя Оствальда считал, что «устранение понятия материи, как реальной первоосновы всего сущего, и замена ее энергией не должны нас смущать», ибо, будут ли носители вновь открытых отношений «атомами материи или атомами энергии,— для нас безразлично, лишь бы при их по-

<sup>1</sup> А. Смит, Введение в неорганическую химию, ч. 1, 1931, стр. 33

<sup>2</sup> Там же, стр. 34.

<sup>3</sup> Л. В. Писаржевский, Основы неорганической химии, ч. 1, 1922, стр. 5

мощи было возможно и удобно охватить и осмыслить протекающие в окружающем нас мире явления»<sup>1</sup>.

С точки зрения принципа экономии мышления, некоторые химики-махисты приветствовали идею развития элементов и их единства, которая была выдвинута Круксом в XIX в.; эта идея объединяла все химические элементы общностью их происхождения и строения, а потому, казалось бы, упрощала картину мира и «экономила» усилия человеческой мысли, необходимые для того, чтобы охватить эту картину. Махист-химик М. Ю. Гольдштейн писал по этому поводу в начале XX в.:

«Если вместе с философами эмпириокритической школы признать, что прогресс науки заключается в отыскании наиболее общих схем, т. е. таких, применяя которые, мы при наименьшей затрате умственной энергии можем охватить и описать наиболее широкий цикл явлений, то гипотеза Крукса, как схема эволюционизма, проведенная в учение о происхождении элементов — есть несомненный шаг вперед»<sup>2</sup>.

Вытекающий из «принципа экономии» мышления столь же махистский «принцип удобства» завел некоторых химиков в явный тупик. Так, например, Рамзай, пытаясь истолковать «электрон, как элемент», избрал за исходное философское положение именно «принцип удобства», хотя в других вопросах он выступал как стихийный материалист.

Ссылаясь на сочинения Маха, Рамзай следующим образом оценивал различные физические теории строения материи (называя их схемами): «по всей вероятности, ни одна из этих схем не даст никакого понятия о сущности явлений; та или иная из них может быть рассматриваема лишь как более *удобная*»<sup>3</sup>. Таким образом, Рамзай занял в этом вопросе чисто субъективистскую позицию, ибо для него «дело здесь сводится к вопросу удобства...»<sup>4</sup>. Вполне понятно, что правильного решения вопроса об электроде, как элементе, Рамзай с таких философских позиций дать не мог, а весь его подход оказался насквозь искусственным, субъективистским, а потому совершенно несостоятельным.

С позиций того же махистского «принципа удобства» Я. И. Михайленко уже в позднейшее время пытался решать вопрос о понятии химического элемента. Он писал: «...все простые вещества сложены из т. н. протонов, нейтронов и электронов в различных количественных отношениях. Несмотря на это, все же сложные вещества *удобнее представлять сложеными не из протонов, нейтронов и электронов, а из «простых» веществ...*»<sup>5</sup>. Выходит, следовательно, что хотя наука обнаружила сложный характер «простых» веществ, тем не менее нам удобнее представлять их простыми, игнорируя тем самым достижения науки «за последнее время». Нечего говорить о том, что ничего, кроме путаницы, Я. И. Михайленко не внес в вопрос о понятии элемента, объявив элементами изотопы и даже отдельные атомные ядра. Субъективистский «критерий удобства» Я. И. Михайленко применил и к «элементарным» частицам; он объявил, что «вопрос о том, что считать элементарной частицей — протон или нейтрон — несущественен»<sup>6</sup>. Такой подход у Михайленко сочетается с отступлением от материализма, когда он тут же

<sup>1</sup> Л. В. Писаржевский, Основы неорганической химии, ч. I, 1922, стр. 4.

<sup>2</sup> М. Ю. Гольдштейн, Основы философии химии, 1902, стр. 126.

<sup>3</sup> «Новые идеи в химии», 1914, № 4, стр. 5—6.

<sup>4</sup> Там же, стр. 6.

<sup>5</sup> Я. Михайленко, Эволюция наших представлений о химических элементах, атомах и молекулах за последнее время, ч. I, 1935, стр. 29.

<sup>6</sup> Там же, стр. 209.

подчеркивает, что превращения — нейтрона в протон и обратно — «только в среднем удовлетворяют закону сохранения энергии».

Если махистская философия пропагандировалась некоторыми русскими химиками в дореволюционное время и в первые годы Советской власти, то в зарубежных странах она и поныне пользуется широким распространением среди некоторых физиков и химиков. Ее резко отрицательное, тормозящее влияние на химию сказывается в той беспомощности, которую проявляют некоторые химики по отношению к понятию элемента, ибо с помощью принципа экономии мышления совершенно невозможно решить вопрос о том, как «экономнее» или «удобнее» мыслить химические элементы: химически разделяемыми на изотопы или неразделяемыми? Разложимыми искусственно или только в результате естественных процессов, неподдающихся нашему управлению? и т. д.

Бессмысленно искать ответа на эти вопросы, руководствуясь соображениями «удобства» или «экономии» мышления. Еще В. И. Ленин подверг суровой критике соответствующие потуги махистов. Он писал:

«Экономнее» ли «мыслить» атом неделимым или состоящим из положительных и отрицательных электронов? «Экономнее» ли мыслить русскую буржуазную революцию проводимой либералами или проводимой против либералов? Достаточно поставить вопрос, чтобы видеть нелепость, субъективизм применения *здесь* категории «экономии мышления». Мышление человека тогда «экономно», когда оно *правильно* отражает объективную истину, и критерием этой правильности служит практика, эксперимент, индустрия. Только при отрицании объективной реальности, т. е. при отрицании *основ* марксизма, можно всерьез говорить об экономии мышления в теории познания!»<sup>1</sup>.

Посмотрим, к какому результату привел этот махистский принцип при попытке разобраться в затруднениях, связанных с понятием элемента. В 1935 г. в бюллетене французского химического общества появилась статья *Рамну и Мартинэ* «Понятие элемента». Авторы подвергли всестороннему анализу это понятие и сравнили его с другими понятиями, принятыми в химии (простое тело, ион, атом, радикал, молекула и т. д.). Авторы рассмотрели определения элемента, принятые в иностранной учебной литературе. Например, в английской книге *Мэллора* «Общедоступное рассуждение о неорганической и теоретической химии» элемент определяется как вещество, которое является отдельным видом материи<sup>2</sup>. *Эфраим* в главе своего немецкого хандбуха, посвященной элементу, определяет фактически не элемент, но атом. «Таким образом, — заключают Рамну и Мартинэ, — ни в Англии, ни в Германии, кажется, не сильно озабочены тем, чтобы прояснить понятие элемента, или тем, чтобы, например, провести различие между ним и простым телом»<sup>3</sup>.

Во Франции понятие элемента исследовал Урбен в 1908 г., но он не пошел дальше сопоставления понятий элемента и простого тела (точнее — простого вещества). Для него элемент есть только некоторая абстракция от простого тела, которая носит чисто умозрительный характер.

Все это побудило Рамну и Мартинэ подвергнуть понятие элемента, по их выражению, «логической критике». Однако авторы исходят из махистской, т. е. ненаучной, философии; они полагают, что понятие эле-

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 157.

<sup>2</sup> См. J. W. Mellor, A comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry, стр. 76.

<sup>3</sup> C. Ramoux, J. Martinet, Bulletin de la Société chimique de France. Mémoires, 1935, т. 2, стр. 1475.

мента употребляется, главным образом, как полезное в смысле осуществления пресловутой «экономии мышления». Поэтому они легко отказываются от понятия элемента вообще, как только приходят к выводу, что это понятие перестает экономить мышление, а, напротив, затрудняет, запутывает его в логических противоречиях. В резюме своей статьи авторы пишут:

«Понятие элемента ясно отличается от понятия простого тела, но смысл элемента в химии остается весьма неопределенным. Различные значения, которые можно давать слову элемент, исследованы и доказано, что понятие элемента должно быть заменено соответственно каждому случаю другими понятиями: ионом, атомом, радикалом и т. д.; желательно не употреблять больше слова элемент с присущим ему неопределенным и двусмысленным значением»<sup>1</sup>.

Итак, не сумев путем «логической критики» разобраться в противоречиях и путанице, к которым приводят различные определения элемента, авторы предпочли попросту выбросить из науки самое понятие элемента. Ничего большего не могла им подсказать модная, с позволения сказать, махистская философия. В самом деле: если абстрактные понятия и обобщения служат лишь для субъективной цели «экономии мышления» и если в силу своей сложности и запутанности они перестают отвечать этой цели, то не будет ли «экономнее» вообще, если эти понятия вовсе выбросить из науки и не затруднять ими свое мышление? Такой логический вывод и продемонстрировала собой указанная статья<sup>2</sup>.

Таким образом, современная логическая мысль в Англии, Германии и во Франции капитулировала перед трудностями, возникшими в связи с логическим анализом понятия элемента.

Нам важно отметить, что в одном отношении Рамну и Мартинэ правы, а именно в том, что разобраться в определениях элемента должна именно «критическая логика» и что без логики, чисто эмпирическим путем, решить этот вопрос невозможно. Беда лишь в том, что та логика, которой воспользовались авторы, была субъективистской, неполноценной, а потому оказалась бессильной помочь правильно, критически выяснить поставленный ими важный вопрос.

Попытки химиков дать критический анализ вопроса об элементе с позиций материализма. В тех странах, где ныне господствующим мировоззрением является диалектический материализм, сложились предпосылки для преодоления трудностей и противоречий, связанных с логической обработкой основных научных понятий. Объясняется это тем, что здесь получила развитие марксистская диалектическая логика, и с ее позиций определены место и роль формальной логики в науке. Но для того, чтобы иметь возможность воспользоваться критически оружием марксистской диалектической логики, а также оружием правильно понятой формальной логики, необходимо, разумеется, изучить ту и другую. Без этого никакая критика, никакой анализ современных научных понятий не только не достигнут цели, но лишь еще больше запутают вопрос о понятии элемента в химии.

Неудовлетворительное состояние этого вопроса советские химики обнаружили уже сравнительно давно. Одним из первых по этому вопросу выступил в 1932 г. С. А. Балезин. В статье под названием «Некоторые вопросы химии в свете высказываний Маркса — Энгельса — Ленина»

<sup>1</sup> С. Ramoux, J. Martinet, Bulletin de la Société chimique de France. Mémoires, 1935, т. 2, стр. 1474.

<sup>2</sup> В СССР отголоском такой позиции явилась упоминавшаяся выше (см. главу II) статья М. П. Дукельского, опубликованная в «Вестнике высшей школы» за 1941 г., № 2.



автор пытался решить вопрос о химическом элементе, обосновывая свое решение на положениях марксистско-ленинской философии. Однако автор не смог избежать неясности в этом вопросе. С одной стороны, мы находим у него такое определение: «Следовательно, понятие «элемент» есть более общее понятие, чем отдельный, индивидуальный атом. Когда мы говорим об элементе углерода, кислорода, фосфора и т. д., то мы имеем (в виду? — Б. К.) те «общие свойства» атомов фосфора, кислорода, углерода во всех их соединениях. Итак, понятие «элемент» выражает общие химические<sup>1</sup> свойства, присущие отдельным однородным атомам данного вещества»<sup>2</sup>.

Это определение, как и эмпирическое определение Панета, противоречит второму, третьему и четвертому формальным требованиям: 1) тяжелый и легкий изотопы водорода оказываются, согласно этому определению, разными элементами, ибо они химически различны; 2) выражения «общие химические свойства» и «однородные атомы» — нечетки, расплывчаты; 3) определение делает логический круг. К тому же, если и можно с натяжкой говорить, что химические свойства элемента определяются его физическими свойствами (например, атомным весом или зарядом ядра), то обратное утверждение, сделанное автором в примечании, вообще неверно.

Но этим неясность не исчерпывается. В дальнейшем, приходя в противоречие с самим собой и нарушая пятое формальное требование, автор дает совершенно другое определение элемента: «Резюмируя изложенное, можно сказать, что элемент определяется неуклеарным зарядом и изменяется под влиянием изменения массы»<sup>3</sup>.

Очевидно, здесь перед нами — теоретическое определение Панета с одним весьма существенным дополнением. Поэтому между обоими определениями у С. А. Балезина неизбежно обнаруживается точно такое же противоречие формально-логического характера, как и между обеими частями двойного панетовского определения (см. рис. 6а). Вполне естественно, что, не преодолев формально-логических противоречий в трактовке элемента и не вскрыв их подлинно философской основы, автор не сумел, как нужно, применить к данному случаю общие положения марксистской диалектики.

Рассмотрим позднейшие попытки других советских химиков разобраться в вопросе об определении элемента. Авторы таких попыток старались показать, что они рассуждают, руководствуясь высказываниями классиков марксизма-ленинизма; однако на деле им не удавалось достичь положительных результатов по причине недостаточно конкретного применения положений материалистической диалектики.

Некоторые химики, анализируя состояние вопроса о понятии элемента, ограничивались тем, что только описывали это состояние, перечисляя в качестве примеров ряд неверных определений, но не давали достаточно глубокого анализа скрытых в этих определениях логических ошибок. Это прежде всего относится к упомянутой уже выше обзорной статье В. И. Спицына и Н. И. Флерова, в которой на протяжении нескольких страниц просто перечисляются самые различные определения элемента с целью показать их путанность и противоречивость друг другу. Логического же разбора этого вопроса в статье названных авторов мы не находим. К тому же авторы слишком поспешно относят к махизму

<sup>1</sup> «Физические, так как химические свойства определяют и физические». (Примечание автора.)

<sup>2</sup> Сборник «15 лет советской химии», 1932, стр. 37.

<sup>3</sup> Там же, стр. 42.

те положения, с которыми они не согласны. Например, к числу махистских положений авторы отнесли, кроме определения Шарвина, который действительно был махистом, также определения С. А. Балезина и В. Я. Курбатова, которых нельзя причислить к махистам. Сделано это на том основании, что в их определениях на первом месте ставятся свойства, а не указание, что элемент есть прежде всего вещество, обладающее объективно-реальным существованием. Что же касается попытки самих авторов дать новое определение элемента, то оно, как мы показали выше, является несостоятельным даже с точки зрения формально-логической, не говоря уже о его существе.

Проф. Н. Д. Глинка в статье на тему «К вопросу об определении основных понятий химии» также приводит некоторые определения элемента, которые он считает неудовлетворительными; однако он не показывает конкретно, чем именно они не удовлетворяют. Например, он цитирует определение А. А. Яковкина: «Элемент представляет простое химическое вещество, неразлагаемое на составные части обычными химическими и физическими методами, непревращаемое в другие элементы, обладающее определенным спектром рентгеновых лучей и занимающее определенное место в системе Менделеева».

По поводу этого определения Глинка замечает:

«Сущность понятия элемент и его отличие от простого вещества этим определением совершенно не разъясняется»<sup>1</sup>. Никакого логического анализа приведенного определения в статье Глинки нет. В то же время легко можно показать формальные недостатки определения Яковкина: оно противоречит второму требованию, так как относит к элементам вещества, не превращаемые в другие элементы, и, следовательно, резко сужает объем понятия элемента; оно противоречит третьему требованию, так как оставляет совершенно неопределенным признак неразлагаемости «обычными методами». Наконец, и это — главное, оно противоречит пятому требованию, так как определенным местом в системе Менделеева обладают 92 элемента (если не считать трансураны), тогда как веществ, неразлагаемых на составные части обычными методами, оказывается значительно больше, а веществ, непревращаемых в другие элементы, в природе вообще не существует. Следовательно, три части определения Яковкина противоречат друг другу. Всего этого Н. Д. Глинка не показал, хотя мог бы это сделать, поскольку поставил задачей своей статьи поднять «вопрос о пересмотре основных понятий химии»<sup>2</sup>.

Те же недостатки присущи обзорно-критической работе В. Плотникова, И. Кацнельсона и О. Бернштейна «О понятии «элемент» в химии». Первая часть этой работы, озаглавленная «Об одном забытом участке методологического фронта химии», посвящена описанию современного состояния вопроса<sup>3</sup>. Во второй части, озаглавленной «Что такое химический элемент», делается попытка дать положительное решение вопроса. Однако авторы не дают никакой глубокой научной критики неправильных воззрений на элементы. Вот, например, как они критикуют взгляды Панета:

«Для того, чтобы спасти старое метафизическое понятие об абсолютно непревращаемых элементах, атомах,— пишут авторы,— многие химики до сих пор в учебниках и научных статьях обосновывают как основную характеристику элемента — его неразложимость — ссылкой на то, что

<sup>1</sup> «Химия в школе», 1940, № 4, стр. 40—41.

<sup>2</sup> Там же, стр. 32.

<sup>3</sup> См. Записки Института химии Всеукраинской академии наук, т. I, вып. 1, 1934, стр. 3.

«неразложимость» нужно понимать «при обычных химических условиях» и что элемент «химически неразложим»<sup>1</sup>. Этот взгляд авторы опровергают очень просто: они формально объявляют радиоактивность химическим процессом, что, конечно, является грубейшей ошибкой. Но, став на такую неверную позицию, авторы не смогли дать вообще никакой критики взглядов Панета; они ограничились тем, что с порога объявили этот взгляд метафизическим. Такая критика, конечно, не может служить отправной точкой для положительной разработки вопроса. Неслучайно, что со своей стороны авторы не сумели внести ни в первой, ни во второй части своей работы ничего нового в разбор понятия элемента.

Где же источник того, что упомянутые попытки разобраться в вопросе об элементе не увенчались до сих пор успехом? На наш взгляд, источник этого надо искать в том, что советские химики, пытавшиеся дать решение данного вопроса, как правило, ограничивались простым о п и с а н и е м неудовлетворительного состояния вопроса, но не предпринимали серьезных шагов к тому, чтобы дать марксистское о б ъ я с н е н и е причин такого его состояния.

Описать состояние вопроса путем простого перечисления отдельных примеров нетрудно. Труднее вскрыть и показать действительные логические ошибки перечисляемых определений, а тем более объяснить, откуда и как эти ошибки возникли, найти их общие п р и ч и н ы. Глинка, Спицын, Плотников и другие химики, как правило, не пошли дальше простой констатации и показа неудовлетворительного состояния вопроса с определением элемента: в этом — основная слабость их критики.

Однако критика не может ограничиться рассмотрением формальных недостатков определения элемента. Это составляет лишь первое, необходимое, но далеко не исчерпывающее звено научной критики. После разбора эмпирико-аналитических определений элемента с формально-логической стороны задача состоит в том, чтобы отыскать общую причину, породившую их ошибочность; когда эта причина найдена, ее можно легче устранить и тем самым предупредить на будущее время рецидивы тавтологии, противоречивости, туманности и других формальных недостатков в определении элемента. Для того чтобы достичь этой цели, критическая мысль должна прежде всего прибегнуть к *историческому* рассмотрению вопроса. Такое общее требование выдвинул В. И. Ленин в своей известной статье «Еще раз о профсоюзах...», где он показал коренное различие между формальной и диалектической логикой в подходе к вопросу об определении предмета исследования. Ленин писал о том, что необходимо «...самостоятельно, с своей точки зрения, проанализировать как всю историю данного спора (марксизм, *то-есть* диалектическая логика требует этого безусловно), так и весь подход к вопросу, всю постановку — или, если хотите, все направление постановки — вопроса в данное время, при данных конкретных обстоятельствах»<sup>2</sup>. Иначе вместо марксистского анализа вопроса получится только один мертвый и бессодержательный эклектизм.

В другом месте, подчеркивая ту же мысль, Ленин писал, что подойти к вопросу с научной точки зрения — это прежде всего означает «не забывать основной исторической связи, смотреть на каждый вопрос с точки зрения того, как известное явление в истории возникло, какие главные этапы в своем развитии это явление проходило, и с точки зрения этого его развития смотреть, чем данная вещь стала теперь»<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> См. Записки Института химии Всеукраинской академии наук, т. 1, вып. 3—4, стр. 248.

<sup>2</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 32, стр. 73.

<sup>3</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 24, стр. 364.

В первой главе нашей работы, следуя этому ленинскому указанию, мы стремились применить исторический подход к освещению интересующего нас спорного вопроса. При этом, исходя из того же указания Ленина, мы стремились осветить развитие этого вопроса конкретно, показывая, каким этапам в истории самой химии отвечали последовательно те или иные эмпирико-аналитические определения элемента, как они неизбежно устаревали и как они требовали своего уточнения или даже полной замены по мере прогресса науки.

Теперь нам предстоит применить исторический подход к рассмотрению интересующего нас вопроса с гносеологической стороны с тем, чтобы проанализировать историю борьбы материализма и идеализма вокруг понятия элемента в химии.

## 2. ДВА ПУТИ ОТ УЗКОГО ЭМПИРИЗМА И СУБЪЕКТИВИЗМА: К МЕТАФИЗИКЕ И К РЕЛЯТИВИЗМУ

Прежде всего проанализируем с гносеологической точки зрения исходный пункт любого эмпирико-аналитического определения. Как мы показали, в основе любого такого определения лежит непосредственно наблюдаемый факт, констатируемый экспериментально; каждый такой факт гласит, что вещество не поддается разложению или вообще, или же только при воздействии определенных способов анализа. Этот факт выражается в утверждении, что *данное вещество не разложено*. В самом по себе таком утверждении, конечно, нет ничего ошибочного: факт временной неразложимости вещества есть факт. Но дальше из этого факта могут быть сделаны двоякого рода выводы. Рассмотрим каждый из них в отдельности.

**Точка зрения метафизического материализма.** Когда химик-материалист, мыслящий метафизически, пытается найти *объективное* основание установленному факту *неразложимости* вещества, когда он пытается вывести этот факт из объективных свойств самого вещества, то он поступает следующим образом. На вопрос: почему не удается разложить данное вещество? — он отвечает: потому, что оно вообще неразложимо и неделимо, что неразложимость и неделимость являются его атрибутами, неразрывно присущими ему свойствами, его признаками. В порядке экстраполяции, в порядке поспешного заключения метафизический материалист приходит к ошибочному выводу, что раз вещество не поддается разложению в настоящее время, значит оно вообще неразложимо. В утверждении, что *данное вещество неразложимо*, представлены обе стороны, характеризующие точку зрения метафизического материализма: признак неразложимости трактуется здесь, во-первых, объективно, материалистически, как свойство, присущее самому объекту, во-вторых, метафизически, как неизменное, абсолютное, извечное свойство, присущее данному роду вещества (элементам).

Такой взгляд на элементы получил особенно сильное распространение в химии после Лавуазье. Химики XIX в. — от Дальтона до Жерара — защищали именно такой философский, методологический вывод из факта эмпирической неразложимости элементов.

Позднее эту точку зрения на элементы отчетливо выразил Гельмгольц в своей инсбрукской речи «О цели и об успехах естествознания» (1869). «Наука доказала, — говорил он, — что эти элементы действительно неразложимы, постоянны в отношении массы и свойств, и это потому, что, приведенные в любое соединение, они могут быть снова выделены с сохранением тех самых свойств, какими они обладали когда-либо раньше в свободном состоянии. Во всей этой пестрой смеси явлений, ...езде

господствует с одинаковой обязательностью один закон о неизменяемости материи»<sup>1</sup>.

Итак, теоретически обобщая фактические исследования химии, Гельмгольц делает вывод в пользу материалистической и вместе с тем метафизической трактовки элементов.

В XX в. по такому же пути отчасти пошел Панет. Его определение родилось именно в результате попытки толковать химическую неразложимость вещества как непреложную. Панет решил приписать этот факт не тому, что наши технические возможности пока еще несовершенны, и не тому, что мы еще не знаем достаточно глубоко изучаемого вещества с его химической стороны, а тому, что вещество (элемент) само по себе химически неразложимо, что такова его объективная природа, независимая ни от наших экспериментальных возможностей, ни от глубины наших познаний вещества. Крушение эмпирико-аналитического определения Панета означало вместе с тем крушение и той гносеологической точки зрения, на которой оно покоилось. Однако в отличие от взглядов большинства химиков и физиков XIX в. на элементы, которые в основном были материалистическими, взгляды Панета и его эмпирико-аналитическое определение элемента покоится на иной теоретико-познавательной основе, а именно — на кантианской основе. Об этом речь будет идти дальше.

**Точка зрения субъективного идеализма.** Позицию, диаметрально противоположную позиции химиков-материалистов, занимают химики-махисты. Химик-махист не прочь изобразить себя как «новатора» в науке, как мыслителя, который борется против научного застоя, против мертвого догматизма и метафизики; он хочет убедить других, что махизм есть «новая», строго «научная» философская система, вполне отвечающая уровню развития современного естествознания и т. д. Выполнять эту роль махизму объективно способствовал метафизический метод, господствовавший в умах ученых. Возводя в абсолют и догматизируя относительный предел знаний, достигнутый наукой в XIX в., метафизик-естествоиспытатель создавал искусственные препятствия на пути научного прогресса в форме мертвых, застывших, неподвижных понятий, вроде понятия об абсолютно неизменных и неразложимых элементах. Когда начавшаяся революция в естествознании вызвала крушение старых, метафизических понятий и показала относительность наших знаний о веществе, о природе материи и т. д., махисты попытались взять на себя в естествознании вообще и в химии в частности инициативу борьбы против упорствующих метафизиков. Однако при этом махисты вели борьбу не столько против метафизики, сколько против материализма. Борьба же против метафизики с единственно правильной позиции, с позиции диалектического материализма, велась Энгельсом и Лениным. Ленин писал:

«О закостенелости понятий у многих современных естествоиспытателей, об их метафизических (в марксистском смысле слова, т. е. антидиалектических) взглядах Энгельс говорит неоднократно с полнейшей определенностью. Мы увидим ниже, что Мах именно на этом пункте свихнулся, не поняв, или не зная, соотношения между релятивизмом и диалектикой»<sup>2</sup>.

Мах и его сторонники запутали вопрос о преодолении метафизической закостенелости естественнонаучных понятий. Это произошло в связи с тем, что махисты преследовали не столько научные цели — очистить химию от устаревших, ограниченных представлений, сколько цели пар-

<sup>1</sup> Г. Гельмгольц, Популярная речь, ч. 1, СПб., 1898, стр. 83.

<sup>2</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 35

тийные — изгнать из химии материализм, заменить его субъективным идеализмом и агностицизмом. Партийность философии резко обнаружилась в борьбе между основными философскими школами в химии — материалистической и идеалистической, которая развернулась, в частности, вокруг понятия элемента. Рассмотрим подробнее аргументацию химиков-махистов.

Наблюдая, как в ходе развития науки рушатся старые, созданные метафизиками-материалистами представления о вечных, неизменных, неразлагаемых «элементах», химик-махист пытается выяснить, почему вообще происходит ломка понятий, крушение старых представлений. Причину такой ломки махист видит в том, что материалисты считали свойства вещества, как и само вещество, объективно существующими; другими словами, с точки зрения махиста недостатком старых представлений была не их метафизическая ограниченность, не то, что практическая неразложимость вещества возводилась в ранг абсолютных, извечных свойств вещества и незаконно превращалась в неразложимость вещества, а материалистический характер прежних представлений. Махист рассуждает следующим образом: опыт показывает, что данное вещество не удается разложить. Но что такое вещество? Это комплекс наших ощущений. Ничто наперед не заставляет нас считать этот комплекс неизменным. Поэтому мы не должны делать таких выводов, а должны ограничиться лишь констатацией наблюдаемого факта. Из положения — *данное вещество не разложено* махист считает возможным сделать только один вывод: соответствующий комплекс ощущений остается пока постоянным, и только.

Такой взгляд проводит упоминавшийся уже выше В. В. Шарвин.

Еще в 1906 г., в самый разгар кризиса физики, Шарвин открыто объявил себя сторонником философии Маха. Он приводит следующую цитату из «Анализа ощущений» Э. Маха: «Не тела, — говорит Мах, — вызывают ощущения, но комплексы ощущений образуют тела. Если физик считает тела постоянными, действительными, ощущения же, наоборот, мимолетным, преходящим их отблеском, то он не обращает внимания на то, что тела суть только мысленные символы для известных комплексов наших ощущений». Продолжая эту мысль своего учителя, Маха, Шарвин уже от себя добавляет: «Наши ощущения — это *элементы*, вещи, тела, материя — только их комбинации. Постоянство во всяком случае *относительное*, опирающееся на непрерывную *изменчивость*»<sup>1</sup>.

Для Шарвина все естественнонаучные понятия, а значит и понятие химического элемента, суть лишь символы, придуманные специально для той или иной группы явлений. В духе самого отъявленного субъективного идеализма Шарвин заявляет:

«Заклученный в своей специальности исследователь постоянно имеет там дело с особыми символическими, специально для данной группы явлений созданными понятиями, каковы, например, материя, масса, молекула, сила, атом. Непрестанно оперируя с этими понятиями, ученый часто настолько к ним привыкает, с ними сживается, что начинает приписывать им реальное существование, предполагая даже, что именно они, эти воображаемые реальности, а не самые факты, составляют предмет его исследования»<sup>2</sup>.

Позднее, в первые годы Советской власти, Шарвин продолжал проповедовать ту же самую махистскую философию в области химии. «Наши

<sup>1</sup> В. В. Шарвин, «Как создается наука (Воззрения Эрнста Маха)», М., 1906, стр. 10.

<sup>2</sup> Там же, стр. 5.



ощущения, — утверждал он, — являются настоящими и единственными элементами действительности, а вещи, тела и наше собственное я, только более или менее постоянными их комплексами... Изучение действительности состоит лишь в констатировании связи, в установлении зависимости между различными элементами — ощущениями. Как только мы об этом забываем, как только мы начинаем считать действительно существующими не наши ощущения, а что-то вне них лежащее, все равно будут ли это элементы, атомы, молекулы..., так тотчас же мы становимся на метафизическую почву. Никаких субстанций, т. е. ничего безусловно постоянного в действительности не существует; постоянна лишь связь между различными элементами и их комплексами»<sup>1</sup>.

Шарвин ссылается на такой пример: «Камень представляется нам постоянным, но с изменением положения, температуры, скорости он дает иные зрительные, тепловые и осязательные ощущения, которые, однако, повторяются при одинаковых условиях. Комплекс ощущений, называемый камнем, таким образом вовсе не постоянен; постоянна лишь зависимость этих ощущений друг от друга».

Отсюда, в порядке обобщения, Шарвин делает общий вывод, распространяя его на химические элементы и на всю материю вообще: «Постоянство химических элементов есть только постоянство реакций. Постоянство материи указывает лишь на существование закономерной связи между ощущениями различных наших чувств»<sup>2</sup>.

Свои субъективно-идеалистические воззрения Шарвин подкрепляет попрежнему открытой ссылкой на сочинения Маха и Авенариуса, рекомендуя химикам учиться у этих представителей субъективного идеализма, как надо решать вопросы теории познания. Для нас важно сейчас отметить, что свою борьбу против метафизических представлений о неизменных субстанциях, о вечных химических элементах и т. д. химик Шарвин очень последовательно связывает с отрицанием объективности самих химических элементов, объявляя их комплексом наших ощущений. Через релятивизм он приходит, таким образом, к субъективному идеализму. «Метафизикой» Шарвин именуется материализм. Выход из трудностей он видит в отказе от материализма.

Вопрос о существовании относительно устойчивых, прочных сторон в познаваемых нами предметах представляет весьма существенный интерес для махиста. Если перед нашими глазами совершается живая, пестрая и шумная смена явлений, то, по Шарвину, «естественно возникает желание найти в этой смене что-либо постоянное, как бы переживающее исчезающие комплексы»<sup>3</sup>. Но ничего безусловного (в смысле объективного, материального) для махиста не существует. Поэтому, с его точки зрения, самый опыт надо трактовать только в субъективистском значении, как наше психическое переживание.

То же самое говорят и другие химики-махисты. «Но что дает нам опыт? — спрашивает, например, Писаржевский. — Есть ли это что-либо неизблемое, безусловное?» Ответ на это следует такой: «Мы в состоянии познавать отношения между предметами и явлениями таковыми, каковы они в действительности, несмотря на то, что мы не знаем ничего во внешнем мире таким, каково оно в действительности»<sup>4</sup>. Такой же взгляд еще раньше высказывал химик-махист Гольдштейн: «Изучение внешнего мира есть изучение отношений, существующих между его частями»<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> В. В. Шарвин, Энергия, 1922, стр. 44—45.

<sup>2</sup> Там же, стр. 45—46.

<sup>3</sup> Там же, стр. 46—47.

<sup>4</sup> Л. В. Писаржевский, Основы неорганической химии, т. 1, стр. 6, 7.

<sup>5</sup> М. Ю. Гольдштейн, Основы философии химии, стр. 11.



Но если предметом познания являются только одни *отношения* вещей, то по самому своему существу получаемые результаты будут относительными, релятивными. Они будут находиться в зависимости от изменчивого характера самих изучаемых отношений, а потому сами будут изменчивыми, текучими. Но так как при этом махизм отвергает что-либо абсолютное, безусловное, то в итоге происходит неизбежный скат через философский релятивизм к субъективному идеализму. В этом — ахиллеса пята всего махизма. Это самое уязвимое место махизма вскрыл еще Ленин, который нанес сокрушительный удар по всей махистской философии. Ленин писал:

«Новая физика свихнулась в идеализм, главным образом, именно потому, что физики не знали диалектики. Они боролись с метафизическим... материализмом, с его односторонней «механичностью», — и при этом выплескивали из ванны вместе с водой и ребенка. Отрицая неизменность известных до тех пор элементов и свойств материи, они скатывались к отрицанию материи, то есть объективной реальности физического мира. Отрицая абсолютный характер важнейших и основных законов, они скатывались к отрицанию всякой объективной закономерности в природе... Настаивая на приблизительном, относительном характере наших знаний, они скатывались к отрицанию независимого от познания объекта, приблизительно-верно, относительно-правильно отражаемого этим познанием. И т. д., и т. д. без конца»<sup>1</sup>.

Чрезвычайно важно подчеркнуть, что Шарвин и другие химики, сочувствующие махизму, связывали свой субъективно-идеалистический взгляд на понятие химического элемента и вообще на все естественно-научные понятия именно с их изменчивостью, с их относительностью. Все они рассуждали примерно так: раз понятия изменчивы, раз они относительны, раз мы можем их менять и даже отбрасывать вовсе, заменяя новыми понятиями, значит, заключали махисты, наши понятия не отражают ничего реального, значит, они субъективны по своей природе, по своему источнику, значению и содержанию. По мнению махиста, мы выделяем чисто произвольно, по соображениям удобства, круг явлений, охватываемый данным понятием. По тем же соображениям мы его изменяем, когда старое понятие или его прежние границы становятся для нас «неудобными».

«Природа производит только материалы и явления, а человек пытается классифицировать их, — заявляет, например, махист Смит. — ...Однако, тот факт, что границы этих групп вполне произвольны и что они не существуют в самой природе вещей, непосредственно явствует из нашего собственного обхождения с ними»<sup>2</sup>. В подтверждение этого Смит ссылается на то, что «ради удобства» мы выделяем отдельно различные области знания. Релятивизм служит здесь прямой дорожкой к агностицизму и субъективному идеализму.

Соответствующая аргументация махистов была разоблачена и разгромлена Лениным как антинаучная, лишенная какого бы то ни было основания.

«Изменчивость человеческих представлений о пространстве и времени, — писал Ленин, — так же мало опровергает объективную реальность того и другого, как изменчивость научных знаний о строении и формах движения материи не опровергает объективной реальности внешнего мира»<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 248—249.

<sup>2</sup> А. Смит, Введение в неорганическую химию, вып. 1, 1931, стр. 1.

<sup>3</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 163.

Сокрушительная критика, данная Лениным махистской философии в целом, бьет не в бровь, а в глаз тех махистствующих химиков, которые пытаются объявить химические элементы продуктом нашего ума или комплексом наших ощущений, т. е. пытаются лишить их права на объективное, реальное существование на том лишь основании, что *понятие* об этих элементах изменчиво, относительно, что оно изменяется и развивается вместе с прогрессом самой науки.

Гносеологическим источником ската в субъективный идеализм является в данном случае нежелание или же неумение правильно, диалектически выяснить вопрос о соотношении абсолютной и относительной истины, о их единстве и объективной значимости; вместо правильной постановки этого существеннейшего вопроса мы находим у химиков-махистов метафизическое противопоставление относительной истины абсолютной, с последующим отсюда формально-логическим выводом: раз истина относительна, значит она уже не может быть ни в каком отношении абсолютной (в смысле приближения к объективной действительности, т. е. в смысле содержания в себе частички абсолютной истины). Раз так, то признание относительности, релятивности наших знаний заранее исключает для махиста признание, что наши знания в какой-то мере отражают нечто реальное, объективное и в этом смысле абсолютное, безусловное (независимо от нашего сознания).

Что же получается в итоге? Метафизически мысливший химик-материалист с особенной настойчивостью защищал объективный подход к определению Лавуазье, поскольку это определение ему казалось эмпирической основой положения об абсолютной неизменности и вечности химических элементов, а тем самым и всей материи. Напротив, химик-релятивист, химик-махист с особенной настойчивостью защищал субъективистский момент в определении Лавуазье, а именно указание на то, что элементы не могут быть разложены по нашему желанию, что мы их не в состоянии разложить и т. д., что их действительная природа нам неизвестна. Махистам особенно импонировало определение Горбова, на котором продолжали настаивать и Смит (спустя три года после искусственного разложения азота), и Шарвин (спустя 11 лет после этого открытия). В силу этого отказаться от определения Горбова, т. е. от субъективистской трактовки понятия элемента, они не могли и цеплялись за устаревшее уже определение Горбова, выдвигали аналогичные ему определения (см. главу I, раздел 5, определение Шарвина), чем сильно тормозили развитие подлинно научных взглядов на элементы.

Определение Панета явилось результатом попытки найти своего рода компромисс между обоими философскими направлениями в химии. Не случайно его автор Панет является сторонником «средней» линии в философии, проводимой в духе кантовского агностицизма. С одной стороны, Панет признает, что с физической точки зрения элементы оказываются вдвойне разложимыми (как в смысле их разделения на изотопы, так и в смысле их разложения и превращения); с другой стороны, он упорно защищает положение, что с химической точки зрения элементы абсолютно неразложимы. Таким образом, у Панета выходит, что с физической точки зрения приемлем релятивизм в учении об элементах, а с химической точки зрения — допустимы догматизм и метафизика, хотя и в ограниченном масштабе. Этот познавательный разрыв между физическим и химическим подходами к элементу с наибольшей отчетливостью выявился у Панета в форме внутренней противоречивости его двойного определения элемента, которое было образовано Панетом путем эклектического соединения физико-теоретического определения (*Z*) и химико-эмпирического определения (*P*) (см. главу III, раздел 5).

Под этот разрыв двух подходов к элементу Панет, как это мы увидим далее, подвел гносеологический фундамент в духе кантовского агностицизма.

Таким образом, более подробный анализ различных определений элемента и их теоретико-познавательной подоплеки показывает, что корни путаницы понятий лежат не только и, быть может, не столько в сфере химии, сколько в сфере философии, в сфере борьбы идеализма против материализма, которая развернулась вокруг понятия элемента. Неразбериха с этим понятием, как оказывается, вызвана именно тем, что в конце концов за каждым эмпирико-аналитическим определением элемента скрывалась та или иная ошибочная философская концепция, которая толкала химиков в ложном направлении в смысле неправильной трактовки основного понятия химии. В итоге все подобного рода попытки тянуть мысль химиков в сторону идеализма и агностицизма привели химиков в явный тупик; выбраться оттуда можно теперь только одним единственным путем: нужно вскрыть и коренным образом преодолеть все ошибочные философские установки, которые сбивают химиков с правильного, научного пути и вносят в химические понятия сумбур и сумятицу. Но для этого необходимо прежде всего более подробно и всесторонне раскрыть связь между различными взглядами на элементы и различными течениями враждебной материализму идеалистической философии. Данному вопросу посвящен последний раздел настоящей главы.

### 3. КРИТИКА ИДЕАЛИСТИЧЕСКИХ ТРАКТОВОК ПОНЯТИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА

Мы уже видели, каким образом ложные гносеологические и методологические установки приводили к тому, что химики продолжали отстаивать устарелые стороны понятия элемента и защищали ошибочные определения элемента. Рассмотрим теперь, как решали вопрос о химическом элементе химики, отстаивавшие ту или иную разновидность идеализма в области теории познания, а именно: а) энергетическую философию, которая утверждает, что материя сводится к энергии; б) махистскую философию, которая объявляет общие, абстрактные понятия продуктом ума, а не отражением объективной реальности; в) кантианство, которое считает сущность явлений лежащей в потусторонней, непознаваемой, трансцендентной для нашего сознания области.

**Оствальдовская замена материи и ее видов энергией.** В своем первом публичном выступлении с защитой энергетической философии на научном съезде в Любеке (1895) Оствальд провозгласил, что материя есть нечто производное, зависимое от энергии<sup>1</sup>. Свою «энергетику» Оствальд преподносил именно как философское учение, как мировоззрение, а не просто как физико-химическую теорию. Одним и тем же понятием энергии Оствальд пытался заменить не только материю, как философскую категорию, но и «дух», сознание и тем самым создать видимость монистического решения основного вопроса всякой философии. «Сопоставление понятия «материя» и «дух», — писал Оствальд в 1901 г., — всегда наталкивалось на значительные затруднения. Простое и естественное устранение их подчинением обоих понятий понятию энергии кажется мне великим приобретением»<sup>2</sup>.

Ленин разоблачил полную философскую несостоятельность исходной позиции Оствальда. «Это не выигрыш, а проигрыш, — говорил Ленин, —

<sup>1</sup> См. В. Оствальд, Победа над научным материализмом, «Вестник опытной физики и элементарной математики», Одесса, 1896.

<sup>2</sup> В. Оствальд, Натурфилософия, М., стр. 5.

ибо вопрос о том, вести ли гносеологическое исследование (Оствальд не ясно сознает, что он ставит именно гносеологический, а не химический вопрос!) в материалистическом или идеалистическом направлении, не решается, а запутывается произвольным употреблением слова «энергия». Конечно, если «подвести» под это понятие и материю и дух, тогда *словесное* уничтожение противоположности несомненно, но ведь нелепость учения о леших и домовых не исчезнет от того, что мы назовем его «энергетическим»<sup>1</sup>.

Пытаясь с позиций своей энергетике подняться выше материализма и идеализма, Оствальд безнадежно запутался в вопросах теории познания. В энергетике Оствальда эклектически сочетались отнюдь не преодоленные им, прямо противоположные тенденции материализма и идеализма. Материалистическая тенденция была достаточно сильной, ибо самую энергию Оствальд считал по сути дела материальной, существующей объективно, в качестве чего-то первичного; он считал ее, «принимая во внимание закон ее сохранения, *субстанцией в самом настоящем смысле этого слова*»<sup>2</sup>.

Против признания субстанциональности энергии (в смысле объективной реальности) выступили махисты, ибо они правильно расценили этот тезис Оствальда как теоретико-познавательную уступку ненавистному им материализму. Взгляд Оствальда, что энергию надо принять за «реальную сущность, даже за единственную реальную сущность так называемого внешнего мира»<sup>3</sup>, Шарвин называет «метафизическим»<sup>4</sup>, ибо для махиста всякий намек на материализм уже есть метафизика.

Оствальдовская энергетика пользовалась поддержкой среди некоторой части химиков, которые как раз отстаивали новые, прогрессивные для того времени идеи о связи между химическими и электрическими явлениями и разрабатывали физическую химию, ставшую ведущей областью химической науки. В России к числу таких химиков принадлежали, например, упоминавшиеся уже выше Я. И. Михайленко, Л. В. Писаржевский и др. Среди зарубежных химиков следует отметить, в частности, Рамзая. Однако вместе с прогрессивными взглядами на электронное строение вещества эти химики некритически перенимали и путанные философские воззрения Оствальда. Подобно Оствальду, Писаржевский рассматривает электричество и энергию как нечто объективное, реальное, как некоторую субстанцию и тем самым признает на деле, что и электричество, и энергия есть нечто материальное. Но, путая философское понятие материи, как объективной реальности, с конкретными представлениями о физическом строении материи, Писаржевский, подобно Оствальду, провозгласил крушение материалистического миропонимания и замену его энергетическим. «Электричество — это та реальность, для которой материя является только чувственным выражением, — писал Писаржевский. — Атомы материи состоят из электрических зарядов, — электронов... — *атомов энергии*. Мы переживаем в настоящее время переход от атомно-материалистического мировоззрения к атомно-энергетическому»<sup>5</sup>.

Фокус идеалистов, провозгласивших мнимую замену материи энергией и электричеством, разоблачил Ленин. «Естествознание ведет, следовательно, — писал Ленин, — к *«единству материи»*... — вот действительное содержание той фразы об исчезновении материи, о замене материи элек-

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 258.

<sup>2</sup> В. Оствальд, *Натурфилософия*, стр. 205.

<sup>3</sup> W. Ostwald, *Lehrbuch der allgemeine Chemie*, т. II, 1903, стр. 1016.

<sup>4</sup> См. В. В. Шарвин, *Энергия*, стр. 44.

<sup>5</sup> Л. В. Писаржевский, *Основы неорганической химии*, ч. I, стр. 3.

тричеством и т. д., которая сбивает с толку столь многих. «Материя исчезает» — это значит исчезает тот предел, до которого мы знали материю до сих пор, наше знание идет глубже;... Ибо *единственное* «свойство» материи, с признанием которого связан философский материализм, есть свойство *быть объективной реальностью*, существовать вне нашего сознания»<sup>1</sup>.

Путаница Оствальда в области теории познания, смешение Оствальдом гносеологических вопросов с химическими, попытка Оствальда «свети» материю к энергии,— все это ярко отразилось и в его взглядах на химические элементы. В основу физической химии Оствальд кладет закон сохранения энергии. Если единственной реальностью в мире является энергия, то она должна сохраняться. Материя же, по Оствальду, состоит из энергии. Поэтому и все ее разновидности (элементы) образованы также из энергии. Но если энергия не может быть создана и уничтожена, то и те разновидности материи, которые она образует, также не могут быть созданы и уничтожены. Таков общий ход рассуждений Оствальда. Он подразделяет основные свойства и проявления энергии на два рода факторов: фактор емкости и фактор интенсивности. Оба фактора связаны между собой так, что произведение их численных значений дает величину энергии. В качестве характернейшей особенности всех емкостей Оствальд формулирует закон сохранения, которому они подчиняются. «Закон этот гласит, что в данной системе при всех возможных изменениях сумма факторов емкости не изменяется»<sup>2</sup>.

Рассматривая химическую энергию, Оствальд показывает, что емкостью здесь служит «количество вещества» (понимаемое не только в смысле его веса, его массы, но и в смысле значения его химической энергии). «Таким образом,— заключает Оствальд,— закон сохранения в применении к химической емкости не ограничивается сохранением при химических процессах массы и веса, но вводит дальнейшее ограничение и выражается в форме *сохранения химического вида* (т. е. химических элементов.— Б. К.) при всех химических реакциях»<sup>3</sup>. Этот закон, по Оствальду, гласит: «Элементы не могут превращаться друг в друга»<sup>4</sup>.

Таким образом, метафизический взгляд на вечность и неизменность элементов (их «сохраняемость») прямо вытекал из основных положений оствальдовской энергетике, сводящих материю и вещество к энергии. И хотя далее Оствальд оговаривается, что из факта *неразложности* элементов не следует делать вывода о их *неразложимости* вообще<sup>5</sup>, однако сформулированный им же самим «закон» сохранения элементов, именно как общий закон, препятствует тому, чтобы признавать разложимость элементов; напротив, своим «законом» Оствальд ориентирует мысль химиков на то, чтобы в первую очередь подмечать факты сохраняемости элементов, настаивать на их сохраняемости и тем самым удерживать уже явно устаревшее определение Лавуазье.

В своем «Фарадеевском чтении» (1904) на тему «Элементы и соединения» Оствальд попытался вывести чисто термодинамическим (энергетическим) путем указанный выше «закон». Он определил элементы как «такие вещества, относительно которых еще никогда не наблюдалось таких переходов в область, внутри которой они приобретают свойства растворов»<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> В. И. Лении, Соч., т. 14, стр. 247.

<sup>2</sup> В. Оствальд, Основания теоретической химии, М., 1902, стр. 186.

<sup>3</sup> Там же, стр. 187.

<sup>4</sup> Там же, стр. 6.

<sup>5</sup> Там же, стр. 9.

<sup>6</sup> В. Оствальд, Насущная потребность, М., 1912, стр. 276—277.

Это определение вместе с другим положением, что всякое соединение может быть разложено на элементы только одним способом, является, по Оствальду, «источником закона сохранения элементов,— того факта, что из элемента А никогда не может быть получен элемент В»<sup>1</sup>.

Но в этом же чтении Оствальд развил другую, прямо противоположную точку зрения на элементы, основанную на той же самой энергетике, из которой он выводил свой «закон сохранения элементов». Эта другая точка зрения сводилась к следующему: если в каком-нибудь устойчивом элементе повышается концентрация энергии, то может создаться неустойчивый элемент, существование которого во времени ограничено. Такой неустойчивый элемент может выделить избыток энергии и превратиться обратно в обыкновенный элемент. Таким образом, Оствальд объяснял явление радиоактивности (радий превращается в гелий, выделяя громадное количество энергии). Но это означает, что с помощью одной и той же энергетике Оствальд зачеркивал одной рукой то, что он писал другой, а именно — свой закон сохранения элементов. Выходит, что энергетика Оствальда очень удобное (в махистском смысле) учение; из которого, по желанию, можно вывести прямо противоположные следствия: когда автору удобно, он доказывает сохраняемость элементов; когда же ему это неудобно, а удобно другое, он доказывает взаимопревращаемость элементов. Словом, энергетика в руках Оствальда оказалась отмычкой на все случаи жизни. Но именно это доказывало, что она есть общая фраза, пустой звук, видимость монизма, словесно прикрывающая прямо противоположные позиции в химии так же, как и в теории познания.

Даже в 1912 году, т. е. 16 лет спустя после открытия радиоактивности и 10 лет спустя после установления, что радиоактивность есть спонтанный распад элементов, Оствальд продолжал настаивать на том, что «все названные элементы (включая радий, уран, актиний и др.— Б. К.) подчиняются совершенно общему закону, который можно назвать законом сохранения элементов»<sup>2</sup>.

Правда, в самом конце своей книги Оствальд вынужден признать, что «экспериментально доказано, что закон сохранения элементов не имеет безусловной силы, но что в случаях радиоактивных веществ он подвержен совершенно определенным исключениям. Поэтому явилась необходимость преобразовать понятие о химическом элементе»<sup>3</sup>.

На деле же у Оствальда фактически продолжало уживаться старое определение Лавуазье с новыми данными, которые ему явно противоречили. Эта путаница была следствием принципиальной путаницы понятий, лежавшей в основе всей оствальдовской энергетике, из которой Оствальд выводил свои определения. Источник сумбура во взглядах на элементы, который вызван путаницей основных понятий в головах химиков, был вскрыт и показан Лениным на примере Оствальда; Ленин охарактеризовал влияние Оствальда на одного из его последователей словами: «сбит с толку путаником Оствальдом»<sup>4</sup>.

Оствальдовский «закон сохранения элементов» оказал большое влияние на Панета, для которого он послужил исходным пунктом при выработке эмпирического определения элемента. Панет только внес в этот «закон» ограничивающее его добавление: «при химических процессах». В остальном же этот «закон» полностью был воспринят Панетом и тем самым продолжал давить на сознание химиков и вызывать в их головах все более глубокую и все труднее преодолимую путаницу понятий.

<sup>1</sup> В. Оствальд, *Насущная потребность*, М., 1912, стр. 278.

<sup>2</sup> В. Оствальд, *Основы неорганической химии*, М., 1914, стр. 84.

<sup>3</sup> Там же, стр. 754.

<sup>4</sup> В. И. Ленин, *Соч.*, т. 14, стр. 39.



Эту связь между оствальдовским «законом» и панетовским добавлением к нему выразил Писаржевский, когда он разъяснял, что хотя закон сохранения элементов как будто и не подтверждается, но «в химических процессах элемент является индивидуумом, неразлагаемым, неделимым...»<sup>1</sup>.

Путаница в понятии элемента и явно ошибочная линия в освещении этого понятия со стороны Я. И. Михайленко также оказываются явлением не случайным, а следствием давнишней, так и оставшейся до конца неизжитой его приверженности энергетизму. Характерно, что Михайленко вздумал даже оспаривать приоритет Оствальда в создании энергетизма, ставя, очевидно, себе в заслугу свою борьбу против материализма в химии. Эти споры о приоритете в создании модного реакционного течения в науке весьма напоминают спор между гоголевскими персонажами — Добчинским и Бобчинским — по вопросу о том, кто из них первый сказал «Э!».

Неверная линия Рамзая в этом же вопросе, его попытка представить электричество как обычный химический элемент также связаны с его симпатиями к энергетической философии. Совершенно в духе оствальдовской энергетике Рамзай говорил, что все явления можно объяснить, исходя из трех основных факторов времени, энергии и пространства; в таком случае масса, по Рамзаю, и даже «материя» оказывались производными понятиями. «По моему мнению,— говорил Рамзай,— такой метод рассматривания природы более логичен, потому что все, что мы узнаем непосредственно, при помощи наших чувств, или посредственно, при помощи орудий, действующих на наши чувства, обуславливается переносом энергии к окончаниям наших нервов или от них. Такие ощущения являются для нас реальными; считая их причиной присутствия «материи», мы собственно прибегаем к теории, освященной древностью и всеобщим обычаем»<sup>2</sup>. Отмечая, что неудобство энергетической философии состоит в трудности усвоить ее умом, Рамзай отсылает читателя к произведениям Маха и Оствальда, особенно к «Натурфилософии» последнего.

Итак, оствальдовская энергетика с ее «заменой» материи энергией и ее «законом» сохранения элементов явилась одним из источников того плачевного состояния, в котором оказалось современное понятие элемента.

**Махистское противопоставление абстрактного реальному.** Другим таким источником послужила махистская трактовка свойств элементов. Одной из наиболее распространенных среди химиков ошибок гносеологического и методологического порядка, связанных с понятием элемента, является противопоставление абстрактного характера понятия элемента объективной реальности самих элементов. Ход рассуждения при этом таков: понятие элемента есть абстрактное понятие, образованное путем отбрасывания ряда свойств или признаков у конкретных веществ, простых и сложных. Процесс образования абстракции совершается в нашей голове; следовательно, заключает махист, понятие элемента есть продукт нашего мышления, следовательно, и сам элемент есть абстракция, существующая не реально, а лишь в нашем сознании. Элемент нельзя исследовать непосредственно в противоположность конкретному веществу. Например, простое вещество «медь» мы можем воспринимать непосредственно, при помощи наших чувств; элемент же «медь» мы можем представить себе только мышлением.

<sup>1</sup> Л. В. Писаржевский, Основы неорганической химии, ч. 1, стр. 34.

<sup>2</sup> «Новые идеи в химии», 1914, № 4, стр. 5.



Упомянутый уже махистствующий химик Гольдштейн писал в начале XX в.: «Таким образом простое вещество подлежит непосредственному наблюдению и изучению, как таковое; элемент же есть понятие абстрактное, понятие о том неизвестном состоянии, в каком простое вещество находится, когда уже вступило в соединение...»<sup>1</sup>.

Этот подход Гольдштейн применил и к понятию материи. «...Материя,— писал он,— есть отвлечение; она не представляет объекта наблюдения»<sup>2</sup>.

Подобного рода высказывания повторялись неоднократно многими химиками. Тот же Смит утверждал, что «тела, подвергающиеся наблюдению, конкретны, а классификация результатов подчинена абстрактным понятиям», к числу которых относится и вещество, ибо «вещество есть нечто отвлеченное»<sup>3</sup>.

Так как, по мнению махиста Смита, всякая классификация лишена какого-либо объективного значения, то и общие, отвлеченные понятия точно так же лишены объективного содержания. Они являются результатом деятельности человеческого ума, и ничего реального им не соответствует. «Энергия и материя,— подчеркивает Смит,— суть продукты мышления, а не первичные объективные реальности»<sup>4</sup>.

Такую же точку зрения высказывал А. А. Яковкин: по его мнению, раз понятие элемента есть отвлечение, то и сами элементы суть абстракции, а не реальности. «Элемент не есть реальное вещество, а представляет продукт нашего умозрения»,— подчеркивал Яковкин<sup>5</sup>.

В следующем издании своего учебника (1934) автор отказался от этой ошибочной формулировки и дал философски более правильное определение. Этот факт лишний раз свидетельствует о положительном влиянии, которое оказывает на мышление химиков марксистско-ленинская философия.

Сошлемся также на Урбена. По его мнению, «существование элементов не поддается непосредственной опытной проверке. Таким образом это понятие... носит чисто умозрительный характер». Элемент — это «чистая абстракция, недопускающая экспериментального подтверждения»<sup>6</sup>.

Познавательный источник рассмотренных ошибок заключается в том, что химики понимали процесс образования абстрактного понятия в духе формальной логики как процесс мысленного отбрасывания ряда признаков у конкретных вещей. Образованная таким образом тощая абстракция, например вещество как таковое, химический элемент как таковой и т. д., разумеется, была продуктом нашего ума, ибо нигде в природе таких объектов не существует. Как прекрасно показал Энгельс в «Диалектике природы», когда эмпирик, привыкший иметь дело с чувственно воспринимаемыми вещами, создает абстракцию, то он пытается воспринять ее в чувственной форме, хотя процесс абстракции состоял именно в том, что произошло отвлечение от этой чувственной формы, присущей единичным конкретным вещам. А так как осязать непосредственно вещество как таковое, элемент как таковой нельзя, то некоторые сугубые эмпирики приходят к выводу, будто такие общие понятия лишены вообще объективного, реального содержания.

<sup>1</sup> М. Ю. Гольдштейн, Основы философии химии, СПб., 1902, стр. 76.

<sup>2</sup> Там же, стр. 12.

<sup>3</sup> А. Смит, Введение в неорганическую химию, вып. 1, стр. 40

<sup>4</sup> Там же, стр. 33.

<sup>5</sup> А. А. Яковкин, Учебник общей химии, ч. 1, 1932, стр. 35.

<sup>6</sup> Ж. Урбен, Химический элемент и атом, 1929, стр. 17—18.

Таким образом, в итоге происходит скат в идеализм. Гносеологическим источником этого ската служит в данном случае доведенный до абсурда односторонний формально-логический подход к вопросу о соотношении общего и отдельного, абстрактного и конкретного, метафизический разрыв и абсолютное противопоставление одного другому, неумение диалектически решить вопрос о взаимосвязи реальных сторон самой объективной действительности, отображаемых нашим сознанием в форме общих и частных понятий, в форме понятий абстрактных и конкретных.

В полном соответствии со своей исходной махистской концепцией В. В. Шарвин построил свое определение элемента; в понятии элемента он подчеркивал не материальность элемента, не то, что элемент есть вещество, что как нечто вещественное он является носителем определенных свойств, а то, что элемент сводится к совокупности свойств. Шарвин исходит из того, что в характеристику элемента входят «отнюдь не все свойства а носящих имя этого элемента веществ, а лишь известный характерный комплекс общих их свойств, находящихся между собою в определенной закономерной связи». Отсюда автор делает обобщающий вывод: «Элемент представляет собой совокупность определенных свойств...»<sup>1</sup>.

Это — чисто махистское определение, ибо здесь элемент трактуется только как комплекс свойств, а сами свойства, в свою очередь, поскольку не указан их материальный носитель, оказываются лишь другим названием наших ощущений. Тем самым приведенное определение Шарвина оказывается только немного завуалированным вариантом общего махистского определения вещи, как комплекса ощущений.

Тот же самый взгляд мы обнаруживаем и у Л. В. Писаржевского в тот период, когда он колебался между оствальдовской энергетикой и махизмом. Сводя, подобно Маху, вещи к комплексам ощущений, выступающих в виде отдельных «свойств», Писаржевский определял с этой точки зрения и понятие элемента. Он писал:

«Значит, то, что мы называем железом, есть все его свойства, вместе взятые. Железо для нас — совокупность этих свойств и больше ничего. То же рассуждение можно приложить к любому веществу»<sup>2</sup>. Материя, по Писаржевскому, не объективная реальность, а только «совокупность свойств».

Насколько примитивно, метафизически представляли себе некоторые химики образование общих понятий (в том числе и понятия элемента), показывает следующее рассуждение Писаржевского, относящееся к тому времени, когда он колебался между Махом и Оствальдом. «Мы можем изобразить понятия элемент и простое вещество,— писал Писаржевский,— при помощи формул, подобных тем, какими мы пользовались для изображения веществ.

$M + A + a$   
Элемент

$M + A + b,$   
Простое вещество

где  $M$  — сумма свойств, к совокупности которых сводится для наших внешних чувств понятие материи,  $A$  — сумма свойств, характеризующая собой данное вещество как в состоянии элемента, так и в состоянии простого вещества,  $a$  и  $b$  свойства, отличающие друг от друга оба эти состояния»<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> В. В. Шарвин, Введение в химию, 1931, стр. 347, 350.

<sup>2</sup> Л. В. Писаржевский, Основы неорганической химии, ч. 1, 1922, Харьков — Екатеринослав, стр. 9.

<sup>3</sup> Там же, стр. 31.

Таким образом, по Писаржевскому, материя и ее виды сводятся каждое лишь в сумме свойств — общих ( $M$  и  $A$ ) и частных ( $a$  и  $b$ ). Элемент, по Писаржевскому, не есть материальное начало, существующее в форме различных своих соединений, а в свободном состоянии в форме различных простых веществ; по Писаржевскому, элемент есть лишь совокупность свойств, причем той же общности, как и простое вещество. Все это является логической, познавательной основой для того, чтобы метафизически отрывать общие свойства вещества от их частных свойств и объявлять, что абстрактные понятия, образованные с помощью только общих свойств, не выражают реальности, а суть продукты нашего ума.

Такой чисто махистский подход к понятию элемента, несомненно, способствовал дальнейшему усугублению той путаницы, которая создавалась вокруг этого понятия. Выход же из затруднения махисты видели в том, чтобы попросту отбросить вовсе понятие элемента, ибо махист, не задумываясь, готов выбросить «продукт нашего ума», если справиться с этим «продуктом» становится невозможно тому самому уму, который якобы его породил. Таков результат, явно обскурантистского характера, к которому привел химию махизм в отношении ее основного понятия, отображающего ее важнейший объект — химические элементы.

Следует подчеркнуть, что впоследствии Л. В. Писаржевский отказался от своих прежних энергетико-махистских воззрений и сделал попытку стать на позиции диалектического материализма. Однако непреодоленное до конца влияние старых взглядов мешало ему найти правильное решение вопроса о химическом элементе.

Надо также отметить, что определения элемента махистского характера, сходные с определением Шарвина и Писаржевского, давали и такие химики, которые сами не придерживались махистской или энергетической философии. Так, например, как мы уже видели выше (см. раздел I этой главы), Балезин утверждает, будто «понятие «элемент» выражает общие химические свойства». В точно таком же роде В. Я. Курбатов в предисловии к книге Урбена писал, что «химический элемент есть совокупность химических и физико-химических свойств, переходящая неразрывно из одного соединения в другое»<sup>1</sup>. Но ни тот ни другой не подчеркнули при этом вещественности элемента, его материальности как носителя этих общих свойств. Этим был дан повод заподозрить, что их определения близки к приведенному выше определению махиста Шарвина: «элемент представляет собою совокупность определенных свойств».

Однако, если определение Шарвина было логическим следствием его махистской концепции, то нельзя этого сказать про Курбатова и Балезина: ошибочность их определений явилась, повидимому, результатом недостаточной продуманности вопроса и некритического заимствования у махистствующих химиков даваемых ими модных, псевдонаучных, а в действительности совершенно неверных, идеалистических определений. Это показывает, как серьезно надо продумывать предлагаемые научные определения, особенно, когда автор пытается при этом выступать с позиций диалектического материализма.

Далее мы увидим, что отмеченный отрыв свойств элемента от их материального носителя, а также противопоставление общих признаков элемента его частным признакам в известной мере оказал влияние и на Панета так же, как оказал на него влияние и оствальдовский «закон» сохранения элементов.

<sup>1</sup> Ж. Урбен, Химический элемент и атом, 1929, стр. 8.

Следует отметить, что иногда критика махистских установок в трактовке элемента ведется с неправильных философских позиций. Махист рассуждает так: элемент — понятие абстрактное, значит, элемент не есть нечто объективно-реальное, а есть продукт моей мысли. Критик же, для опровержения этого махистского вывода, вместо того, чтобы показать неправомерность, нелогичность делаемого умозаключения, опровергает исходную посылку («элемент есть понятие абстрактное»); этим критик думает опровергнуть и вывод («элемент не есть объективно-реальное»). Или еще: махист объявляет элемент совокупностью свойств, отвергая этим материальный носитель этих свойств и трактуя свойства как ощущения, т. е. в субъективно-идеалистическом смысле. Критик же усматривает идеализм в признании, что свойства тел есть нечто вторичное по отношению к самому телу как к чему-то объективно реальному; другими словами, критик соглашается с субъективистским пониманием свойств как чего-то чисто субъективного («вторичного») и протестует только против того, что это вторичное, субъективное выдается за определение самого тела. Тем самым вместо критики махизма получается явная гносеологическая уступка ему.

Разберем один пример. Б. Н. Меншуткин совершенно правильно писал, что надо «точно отличать представление о химическом элементе от представления о простом теле; оба эти представления совершенно различны, так как первое — отвлеченное, а второе — конкретное»<sup>1</sup>. Критикуя это положение, Спицын и Флеров заявляют: «Приписывание химическим элементам «отвлеченности», «абстрактности» является не чем иным, как попыткой рассмотреть важнейшее понятие химии с точки зрения идеалистической философии. В этом заключается с методологической точки зрения большой вред»<sup>2</sup>.

Из этих слов ясно видно, что критики объявляют идеализмом само по себе признание научных абстракций химии, а тем самым выступают против абстрактного мышления, против научных абстракций вообще. Выступая от имени философии материализма, они игнорируют прямые указания классиков диалектического материализма по данному вопросу. Известное положение В. И. Ленина гласит:

«Мышление, восходя от конкретного к абстрактному, не отходит — если оно *правильное*... — от истины, а подходит к ней. Абстракция *материи*, закона природы, абстракция *стоимости* и т. д., одним словом *все* научные (правильные, серьезные, не вздорные) абстракции отражают природу глубже, вернее, *полнее*. От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике — таков диалектический путь познания *истины*, познания объективной реальности»<sup>3</sup>.

Это — единственно правильная позиция, с которой и можно критиковать махистов за субъективно-идеалистическое извращение ими роли абстракции в научном познании. Позиция же Спицына и Флерова является неправильной, не диалектико-материалистической, а вульгарно-материалистической. То же можно сказать и относительно их критики махистских установок Шарвина («Элемент есть совокупность свойств»), повторенных Балезиным и Курбатовым. Отвергая эти установки, Спицын и Флеров заявляют: «Свойства элемента являются вторичными по сравнению с объективно-реальным его существованием»<sup>4</sup>. Поставить же на

<sup>1</sup> Б. Н. Меншуткин, Важнейшие этапы в развитии химии за последние полтора десятилетия, 1933, стр. 54.

<sup>2</sup> «Успехи химии», т. VI, вып. 12, 1937, стр. 1724.

<sup>3</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 146—147.

<sup>4</sup> «Успехи химии», вып. 12, т. VI, 1937, стр. 1720.

первое место свойства равносильно, по мнению критиков, тому, чтобы стать на позиции махизма, т. е. идеалистической философии.

Совершенно ясно, что, противопоставляя свойства как вторичное элементу как объективно-реальному, критики придают этому противопоставлению гносеологический смысл, другими словами, трактуют свойства элемента не как присущие ему объективно-реально, но лишь как существующие в нашем сознании, т. е. субъективно. Никакого иного значения указанному противопоставлению дать нельзя, если придерживаться смысла и самой формулировки высказываний, приведенных выше. А это, конечно, сплошное недоразумение.

Кантианский разрыв между общим и отдельным. Нам осталось рассмотреть с той же теоретико-познавательной стороны взгляды Панета, чье определение в качестве последнего эмпирико-аналитического определения элемента особенно прочно сидит еще и теперь в головах многих химиков. На этот раз источник путаницы в понятии элемента связан с кантианскими устремлениями Панета, оказавшими сильнейшее влияние на его взгляды на элементы. Проведенный с этой стороны анализ философских взглядов Панета поможет нам выяснить, откуда возникло у него и чем стимулировалось стремление отстаивать явно устаревшее, ставшее уже явно ошибочным эмпирико-аналитическое определение элемента.

В 1934 г. на Юбилейном Менделеевском съезде Панет сделал доклад на тему «Химические элементы и первичная материя. Взгляды Менделеева и современная точка зрения». Излагая свои прежние работы, Панет стремился, по его словам, «точнее определить положение понятия о химическом элементе в теории познания...»<sup>1</sup>. Таким образом, сам Панет пытался рассмотреть весь вопрос, связанный с понятием элемента, в теоретико-познавательном разрезе. Каков же ход его рассуждений и каковы выводы, к которым он приходит?

Прежде всего напомним, что Панет дал два разных определения элемента, связав, точнее сказать, смешав их между собой, несмотря на их несовместимость: одно — физико-теоретическое ( $Z$ ), другое — химико-эмпирическое ( $P$ ) (см. главу III, раздел 5). Такая двойственность имела у Панета свое философское оправдание. Панет резко противопоставляет физику химии. По его мнению, физика сводит качественно познаваемое к количественным определениям, к первичным качествам (в локковском смысле), но не придает им объективного значения; поэтому современная физика, по Панету, становится царством идеализма; в ней нет места представлениям о веществе, о материи, в ней господствует убеждение, что действительная сущность мира состоит лишь в математических отношениях.

Говоря о физике, Панет открыто пропагандирует взгляды идеалистов Беркли, Юма, Канта и их позднейших эпигонов, вроде Гартмана, Джинса, Шлика.

Напротив, в химии, по мнению Панета, господствует наивно-реалистический взгляд на мир; химия интересуется вторичными качествами (в локковском же смысле), но придает им объективный смысл, ибо «гораздо проще бывает поступать так, как если бы эти вторичные качества были свойствами самой материи...»<sup>2</sup>. С подобным наивным реализмом химиков Панет как философ, сочувствующий идеализму, разумеется, не может согласиться, но он с ним считается для того, чтобы объяснить различие путей развития физики и химии. Образно это различие Панет

<sup>1</sup> Труды Юбилейного Менделеевского съезда, т. I, стр. 136.

<sup>2</sup> Там же, стр. 137.

характеризует словами немецкого идеалиста-физика XIX в. Фехнера; Фехнер называл «дневным взглядом» миропонимание, свойственное наивному человеку (и химику! — добавляет Панет), согласно которому цвет, запах тон и т. д. принимаются объективно существующими; в противоположность этому физик придерживается «ночного взгляда», рассматривая все эти явления как только иллюзию и стремясь их свести к каким-либо математическим отношениям.

Итак, «путь, избранный физикою, приводит к полному превращению реальности внешнего мира в математические формулы»; напротив, «мы считали для химии допустимыми в качестве объясняющих факторов даже чувственно воспринимаемые качества»; поэтому «вполне допустима и каждая промежуточная точка зрения»<sup>1</sup>. «Которая же для химии наиболее целесообразна?» — спрашивает Панет и отвечает, что во всяком случае не точка зрения наивного реализма (читай: материализма). При этом Панет ссылается на «закон о сохранении химических элементов». С точки зрения объективности вторичных качеств химические элементы следовало признавать способными к взаимопревращениям. Но это, по мнению Панета, есть схоластика, которая проникает в головы химиков потому, что «со времени Лавуазье теоретико-познавательный смысл понятия об элементе был позабыт в кругах химиков»<sup>2</sup>. «Очень странно, — говорит далее Панет, — что в философской литературе при рассмотрении первичных свойств никогда, сколько мне известно, не упоминается о химических элементах. Это кажется мне еще новым подтверждением уже констатированного факта, что специалисты-философы крайне мало обращали внимания на основы химии. С философской точки зрения вряд ли можно найти более подходящее выражение для химических элементов, чем «первичные качества»<sup>3</sup>. Панет, в порядке некоторого «новшества», пытается связать кантианство с учением о химических элементах. Этим он оказывает весьма плохую услугу химикам, ибо затемняет и извращает ясный сам по себе химический вопрос представлениями и терминами трансцендентального идеализма, что резко усугубляет путаницу понятий в головах философски неискушенных химиков.

Взгляды Панета на этот счет сводятся к следующему. Химические элементы принадлежат, по мнению Панета, не миру наивного реализма, т. е. не относятся к числу чувственно воспринимаемых вещей (вторичных качеств), а к «трансцендентному» миру, не содержащему чувственных качеств, а содержащему лишь первичные качества. (Термин «трансцендентный» Панет заимствует у идеалиста Э. Гартмана и употребляет его в кантианском смысле как «лежащий вне сферы сознания», т. е. непознаваемый, но вместе с тем объективно реальный.)

Панет решительно возражает против мнения химиков-материалистов, которые считали, что раньше, во времена алхимии, донаучное понятие элемента подразумевало воплощение свойства, а теперь научное понятие, идущее от Бойля и Лавуазье, означает действительно существующие в природе вещества; Панет утверждает, что и «после реформы Лавуазье химический элемент остался трансцендентным началом, совершенно так же, как это понималось и раньше»<sup>4</sup>.

С этой точки зрения Панет проводит резкое гносеологическое различие между более конкретным понятием о «простом теле», которое надделено чувственно воспринимаемыми свойствами, а потому может мыслить-

<sup>1</sup> Труды Юбилейного Менделеевского съезда, т. I, стр. 141.

<sup>2</sup> Там же, стр. 142.

<sup>3</sup> Там же, стр. 146.

<sup>4</sup> Там же, стр. 143.



ся как реальное вещество, и более абстрактным понятием об элементе («первичном веществе»), которое, по Панету, относится к сфере трансцендентной, потусторонней. «Говоря о «простом теле», мы можем пребывать в состоянии наивного реализма,— утверждает Панет,— но говоря о первичном веществе, уже нельзя забывать о принадлежности его к трансцендентному миру, если мы не желаем впасть сейчас же в противоречия»<sup>1</sup>.

Налицо знакомая уже нам аргументация, на этот раз видоизмененная в кантианском духе: раз понятие элемента более абстрактно, чем понятие простого вещества, значит элемент лежит в трансцендентной сфере, отделенной какой-то принципиальной гранью от мира чувственно воспринимаемых явлений, к которому относится простое вещество. Неумение выяснить диалектическое соотношение между общим и отдельным, между химическим элементом, как материальным содержанием простого вещества, и простым веществом, как формой существования химического элемента, приводит Панета в конечном счете к кантовскому идеализму, к резкому теоретико-познавательному делению предмета химии на сферу наивного реализма и на трансцендентную сферу, к резкому гносеологическому разрыву между химическим элементом и простым веществом.

На такой философской, кантианской основе Панет строит свое эмпирическое определение элемента. В этом определении делается переход из «трансцендентной сферы» в сферу наивного реализма, ибо под признаком химически неразложимого вещества Панет подразумевает неспособность химических элементов в свободном состоянии (т. е. в форме простых веществ) химически разлагаться и разделяться на составные части.

Исходя из трансцендентности элементов («первичных веществ»), можно, по мнению Панета, совершенно естественно и логично свести элементы к одной первичной материи, ибо и элементы, и первичная материя в равной мере обречены на «ночной взгляд», т. е. лишены каких-либо чувственных качеств. Такое именно сведение лежит в основе другого (теоретического) определения, данного Панетом. В трансцендентной сфере физики действует теоретическое определение элемента, основанное на признаке заряда ядра  $Z$ ; в трансцендентной сфере химии действует эмпирическое определение элемента, основанное на «законе сохранения элементов»; это второе определение связывает обе теоретико-познавательные сферы химии — трансцендентную и наивно реалистическую, поскольку «критерием понятия «элемент» принимается то, что элементы могут быть получены как «простые вещества», более не разлагаемые»<sup>2</sup>.

В качестве общего вывода Панет формулирует положение, что «принятие 89 трансцендентных первичных веществ оправдывается законом «сохранения элементов при всех химических превращениях»<sup>3</sup>.

Таковы философские взгляды Панета в их связи с понятием элемента и его эмпирико-аналитическим определением. Переходя к их критическому разбору, следует прежде всего отметить, что рассмотренный доклад Панета был единственным философским докладом, прочитанным на последнем Юбилейном Менделеевском съезде. В этом докладе не только не было никакой борьбы за материализм, но, напротив, была откровенная проповедь идеалистического мировоззрения, не получившая, однако, никакого отпора ни на самом съезде, ни после него.

<sup>1</sup> Труды Юбилейного Менделеевского съезда, т. I, стр. 143.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Там же, стр. 147.



В основу своего доклада Панет, как уже было сказано, положил идеи идеалиста Гартмана, который противопоставлял наивно-реалистический и трансцендентный взгляды на вещи, на их свойства и на их отношения. По сути дела, под наивным реализмом Гартман и следующий по его стопам Панет имеют в виду материализм; вводя подобный термин, идеалисты стремились принизить материалистическую теорию отражения. Под трансцендентным подходом подразумевается неокантианская точка зрения, которую защищает и Гартман, и его последователь Панет.

Кто же такой Эдуард фон Гартман, взгляды которого пропагандировались со страниц советского юбилейного издания и с трибуны химического съезда, посвященного 100-летию со дня рождения великого русского химика-материалиста — Д. И. Менделеева? Ленин характеризует Гартмана так: «Последовательный идеалист и последовательный реакционер в философии Эдуард Гартман, сочувствующий махистской борьбе против материализма...»<sup>1</sup>. Далее: Гартман — «немецкий идеалист, гораздо более реакционного, чем Коген, оттенка...»<sup>2</sup> (Герман Коген — известный кантианец-идеалист). И еще далее: ему, Гартману, не нравится то, что противоречит «настоящему идеализму истинно-немецкого черносотенца»<sup>3</sup>.

«Современная физика выросла на реалистической почве, — констатирует Гартман, — и лишь новокантианское и агностическое течение нашей эпохи привели к тому, что конечные результаты физики стали истолковываться в идеалистическом смысле»<sup>4</sup>. Сочувствуя идеализму Маха, Гартман критикует Маха за его философскую непоследовательность, за его уступки естественнонаучному материализму (который Гартман именует презрительно «наивным реализмом»), за то, что у Маха имеется «смещение наивного реализма и абсолютного иллюзионизма»<sup>5</sup>.

«Это правда, — пишет Ленин по этому поводу. — Учение, что тела суть комплексы ощущений и пр., есть абсолютный иллюзионизм, т. е. солипсизм, ибо с этой точки зрения весь мир — не что иное, как моя иллюзия»<sup>6</sup>.

«Наивный реализм», с которым борется Гартман, есть, — как показывает далее Ленин, — «бессознательно, стихийно перенятая у естествоиспытателей материалистическая теория познания»<sup>7</sup>.

Таким образом, попытка Панета конкретизировать гартмановские взгляды применительно к понятию элемента явилась не чем иным, как пропагандой среди химиков «настоящего идеализма истинно-немецкого черносотенца»!

Мы видели также, что если Шарвин призывал химиков в 1922 г. учиться у Маха и Авенариуса тому, как надо проводить определенную философскую линию в химии, то в 1934 г. Панет призывал их учиться тому же у Гартмана. И это не случайно, так как, если Мах и Авенариус показали, как можно эклектически отстаивать идеализм, прикрывая его различными модными словечками и приспособлявая его к естественно-материалистическим взглядам физиков и химиков, то Гартман, напротив, показал, как надо открыто и последовательно проводить линию идеализма в естествознании. «Чрезвычайно поучительно видеть, — писал

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 53.

<sup>2</sup> Там же, стр. 272.

<sup>3</sup> Там же, стр. 273.

<sup>4</sup> E. von Gartmann, Die Weltanschauung der modernen Physik, Leipzig, 1902, стр. 218.

<sup>5</sup> Там же, стр. 219.

<sup>6</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 53.

<sup>7</sup> Там же.

о Гартмане Ленин, — как этот партийно-непримиримый идеалист (беспартийные люди в философии — такие безнадежные тупицы, как и в политике) растолковывает физикам, что это собственно значит идти по той или иной гносеологической линии»<sup>1</sup>. Далее Ленин приводит рассуждение Гартмана о том, что физики, вопреки своему идеализму, держались за *реалистические* основные посылки (трансцендентального значения причинности, времени, пространства), в силу чего можно было говорить о законах природы, в отличие от психологических законов.

Именно в плане дальнейшей разработки гартмановского соотношения реалистического и трансцендентного был построен весь упомянутый выше доклад Панета и вся его попытка дать философское обоснование своему определению элемента в обоих его частях — физико-теоретической (*Z*) и химико-эмпирической (*P*).

Теперь для нас ясен основной источник той невероятной путаницы, которая царит вокруг понятия элемента, и причины, почему эта путаница до сих пор не преодолена не только в зарубежных странах, но и у нас, в СССР.

Главный источник этой путаницы — ошибочные философские установки идеалистического и метафизического характера, которыми руководствовались химики, создававшие «новые» определения элемента и отстаивавшие его старые явно уже отжившие определения.

Основная причина, почему у нас, в СССР, эта путаница до сих пор не была до конца преодолена, состоит в том, что советские химики и философы не боролись как следует с враждебной идеалистической философией, проникавшей в химию, не вскрывали теснейшей связи между ее основными посылками и принципиально ошибочными попытками химиков-идеалистов истолковать понятие элемента в соответствующем их реакционной философии смысле. Те же химики, которые пытались стать на позиции диалектического материализма, делали это крайне не конкретно; они ограничивались общей декларацией и забывали, что сознательное следование принципам диалектического материализма в химии невозможно без последовательного и активного проведения ленинского принципа партийности философии; следовательно, оно невозможно без самой решительной, непримиримой борьбы против идеализма во всех его проявлениях, без самого тщательного разоблачения всех его попыток установить связь с конкретными вопросами естествознания, в данном случае — с учением о химических элементах.

В этом, последнем разделе IV главы мы осветили с философской, гносеологической стороны современное состояние вопроса о понятии элемента в химии. Однако этим нельзя считать анализ вопроса исчерпанным. Ленин требует выяснения *тенденций* развития исследуемого вопроса; в данном случае это составляет задачу логического анализа истории эмпирико-аналитического понятия в химии. Выяснить «все направление постановки вопроса в данное время, при данных конкретных обстоятельствах», применительно к понятию элемента в химии значит — раскрыть характер научного развития в данной области. Только доведя до этой стадии свой анализ вопроса, мы сможем понять, а, значит, и устранить, то вопиющее со всех точек зрения состояние, в котором оказалось в настоящее время основное понятие химии. Вместе с тем только в этом случае нам удастся выяснить до конца познавательные причины и корни тех пороков, которые оказались присущими всем эмпирико-аналитическим определениям элемента. Этому посвящена следующая глава нашей работы.

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 273.

## Глава V

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТРАКТОВОК ЭМПИРИКО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА И ОБЩЕЙ ТЕНДЕНЦИИ ЕГО ЭВОЛЮЦИИ

После того как мы рассмотрели отдельные трактовки эмпирико-аналитического понятия элемента, основанные на признаке неразложимости вещества, выясним некоторые особенности и общую тенденцию эволюции этого понятия. С этой целью сопоставим между собою отдельные его определения в их исторической последовательности.

Эволюция названного понятия рассматривается нами с четырех сторон: во-первых, с точки зрения развития способов разложения вещества, следовательно, проникновения нашего познания вглубь определяемого объекта; во вторых, со стороны изменения объема каждого определения в отдельности, следовательно, эволюции его адекватности; в-третьих, со стороны смены одних признаков другими, следовательно, с точки зрения эволюции содержания понятия элемента; в-четвертых, со стороны взаимной связи объема и содержания понятия элемента, определенного эмпирическим путем. Такое рассмотрение вопроса позволит выявить общую тенденцию эволюции эмпирико-аналитического понятия элемента.

#### 1. ЭВОЛЮЦИЯ СПОСОБОВ РАЗЛОЖЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

Эволюция любого понятия так или иначе отражает процесс развития нашего познания, проникающего вглубь данного объекта. Это касается и понятия элемента.

Причиной, вызываемой постоянное изменение эмпирического понятия элемента в химии, являлось *непрерывное развитие способов разложения вещества*, равно как и способов выявления его сложного или смешанного состава и его превращаемости, осуществляемых без разложения или разделения его на составные части препаративным путем.

Обычно после открытия каждого такого нового способа химикам и физикам удавалось сделать еще один шаг вглубь материи и разложить некоторые из тех веществ, которые до той поры считались неразложимыми вообще или же неразложимыми с помощью известных тогда аналитических приемов. После открытия электрохимического анализа были разложены щелочи и щелочные земли и открыт ряд новых металлов. В спектральном анализе был найден способ доказательства химической чистоты и однородности (несмешанности) вещества. Тем самым сократилось число веществ, дотоле считавшихся простыми и неразложимыми. После открытия радиоактивности число их сократилось еще больше за счет радиоактивных элементов. Однако это сокращение тогда еще не

## Общая эволюция эмпирических определений элемента

Этапы	1 Объект и степень его разложения			2 Адекватность определения (объем понятия)			3 Определяющие признаки (содержание понятия)		№ № рисунков
	Соединения (С) и смеси (М)	Элементы (Е)	Изотопы (I)	-	(E)	(I)	Элемента	Изотопа	
1 XVIII в							Общая неразложимость у Лавуазье (L)	-	1
2 XIX в							„	-	2
3 1903-1913гг							Неразложимость искусственная у Горбова (Г)	-	3
4 1913-1919гг							Неразложимость искусственная химическая у Панета (P)	Неразложимость искусственная у Фаянса (F)	4, 4a
5 1919-1932гг							„	„	5, 5a
6 После 1932г							„	-	6

коснулось веществ, неразложённых искусственным путем. Число последних сократилось после открытия способов разделения изотопов и искусственной трансмутации элементов. На этот раз сокращение затронуло вещества, считавшиеся неразложёнными физическими методами. Число же веществ, неразложённых химическими способами, оставалось пока что неизменным; оно стало сокращаться лишь после открытия химических способов разделения изотопов. Таким образом, если в XVIII—XIX вв. химики ограничивались разложением химических соединений и физических смесей на их составные части, то в XX в. исследователи проникли вглубь самих элементов. Это проникновение шло через разделение элементов на изотопы сначала физическими, затем химическими способами, а также через их разложение физическими средствами.

В схеме I сведены все объемные логические схемы, которые были изображены нами выше на рис. 1—6. В схеме I штриховка внутри круга означает, что данная область веществ поддается разложению: а) химическими способами (штриховка горизонтальная), б) физическими искусственными способами (штриховка наклонная), в) естественным путем в силу радиоактивного распада (штриховка пунктирная). Области веществ, разложенных или физическими, или химическими способами заштрихованы в клетку. Область отдельных изотопов, химически неотделимых друг от друга, обозначена прерывистой наклонной штриховкой. Чистыми оставлены области совершенно неразложенных веществ.

Сравнивая в схеме I столбец 1 со столбцами 2 и 3, мы совершенно ясно обнаруживаем прямую, можно сказать функциональную, зависимость между развитием способов разложения вещества, с одной стороны, и изменением эмпирико-аналитического понятия элемента — с другой. По существу изменение понятия элемента выступает здесь как прямое следствие того, что происходит с самим объектом по мере развития науки. Тот же вывод можно сделать при рассмотрении понятия элемента в его применении к области «элементарных» частиц (см. рис. 8).

## 2. ЭВОЛЮЦИЯ ОБЪЕМА ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА (АДЕКВАТНОСТИ ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЙ)

Так как эмпирико-аналитическое понятие элемента целиком строилось на признаке неразложенности вещества, то эволюция объема указанного понятия элемента во всех подробностях повторяла эволюцию объема понятия неразложенного вещества; открытие новых способов разложения приводило к последующему сокращению круга неразложенных веществ, т. е. числа веществ, определяемых как химические элементы.

Тенденция к сокращению объема указанного понятия элемента была явлением не случайным, а совершенно закономерным следствием самого научного прогресса. Поэтому объем понятия элемента, определенного эмпирико-аналитическим путем, неизбежно должен был сокращаться. Это — первое. Второе — это то, что тенденция к сокращению объема указанного понятия элемента носила не частный, а общий характер; она проявлялась не в одном каком-либо определении элемента, а во всех его определениях вообще, имеющих в качестве общей принципиальной основы признак неразложенности. Третье обстоятельство касается характеристики основных стадий, которые проходит в своей эволюции объем каждого из приведенных выше (см. главу I) определений элемента. Таких стадий в общем случае оказывается три: *ранняя* стадия, когда объем определения элемента шире, чем круг определяемого объекта, т. е. когда определение не адекватно в сторону превышения, т. е. расширения, объема; *средняя* стадия, когда объем определения элемента сузился до совпадения его с кругом самого предмета и определение стало адекватным; *поздняя* стадия, когда объем определения сузился больше, чем круг предмета, и определение снова стало неадекватным, на этот раз в сторону преуменьшения, т. е. сужения, объема. Наконец, определение элемента может исчезнуть полностью, если не будет уже ни одного вещества, которое подходило бы под это определение.

Схематически эту общую тенденцию в эволюции объема рассматриваемых определений элемента можно выразить так:

$$\text{больше } (E) \rightarrow \text{равно } (E) \rightarrow \text{меньше } (E) \rightarrow 0$$

Здесь ( $E$ ) означает объект, т. е. область действительных химических элементов. Стрелки указывают тенденцию эволюции объема определения элемента, который при сокращении от значения, большего, чем круг объекта, до 0, должен так или иначе пройти промежуточную стадию адекватности. Таким образом, у всякого эмпирико-аналитического определения элемента более широкого, чем область реальных химических элементов, должна проявляться тенденция достичь адекватности; для всякого же адекватного определения того же рода — тенденция нарушить эту адекватность путем сужения своего объема; наконец, для всякого более узкого определения того же рода — тенденция сойти полностью на нет. Обратной же тенденции не бывает и быть не может. Ни одно более узкое эмпирико-аналитическое определение не может восстановить вновь своей адекватности, ибо это означало бы, что наука должна пойти вспять, забыть сделанные ею открытия, забыть, что она научилась разлагать те или иные вещества; только в этом случае те вещества, которые ученые сегодня научились разлагать, завтра оказались бы для науки вновь неразложенными с помощью тех же самых способов исследования. Таким образом, тенденция к неуклонному сокращению объема является необратимой для всех эмпирико-аналитических определений элемента вообще.

Четвертое, что нужно подчеркнуть, говоря о тенденции эволюции рассматриваемого понятия элемента, состояло в следующем: в ходе эволюции того или иного определения неразложенного вещества могло случиться, что, кроме химических элементов, неразложимыми на данном этапе оказывались также еще и другие вещества. Среди них могли быть как более сложные вещества — химические соединения и физические смеси элементов, так и более простые вещества — изотопы. Очевидно, сначала нужно было научиться разлагать более сложные вещества на элементы, прежде чем можно было приступить к осуществлению задачи разложения самих элементов на более простые вещества. Так это и было исторически. Раз так, то, очевидно, разложимыми (или разложенными) оказывались сначала более сложные по сравнению с элементами вещества — соединения и смеси, затем сами элементы и, наконец, изотопы. Такая эволюция в разложении объектов, направленная от разложения более сложных объектов к разложению более простых объектов, должна была найти свое отражение и в области понятий; здесь это должно было проявиться в виде тенденции соответствующих определений, сокращая свой объем, «передвигаться» с одного, более сложного объекта на другой, более простой объект; при этом неизбежно должны были обнаруживаться переходные формы, когда данное определение уже начало «сдвигаться» с более сложного объекта, но еще продолжает частично его охватывать, частью же захватило более простой объект. Графически это выглядит так, что данное определение покрывает собой участки двух соприкасающихся кругов ( $C$  и  $E$  или  $E$  и  $I$ ). Впоследствии может наступить такая стадия, когда данное определение полностью передвинется с одного, более сложного объекта на другой, более простой объект и уже не будет захватывать одновременно участков двух различных объектов.

Схематически эту тенденцию можно выразить в виде стрелок, показывающих последовательно «передвижку» любого эмпирико-аналитического определения с более сложного объекта на более простой.

область соединенных и смесей → область химических элементов → область изотопов → область «элементарных» частиц → 0

Знак «0» показывает, что в конечном счете уже не оказывается никакого объекта, которому бы соответствовало данное определение.

Наконец, характеризуя тенденции в эволюции эмпирико-аналитического понятия элемента, нужно отметить пятый момент: чем более специализированные, частные средства анализа имеются в виду, когда идет речь о неразложимости вещества, тем позднее достигается разложимость этими средствами всех веществ, считавшихся ранее элементами. Напротив, чем более общими (любыми) являются способы, которые учитываются при характеристике неразложимости вещества, тем быстрее все вещества, считавшиеся элементарными, окажутся разложимыми, т. е. перестанут быть элементами (в смысле эмпирико-аналитического понятия элемента). Вполне понятно, почему это так происходит; например, число веществ, разложимых любыми (на выбор) способами всегда больше, чем число веществ, разложимых одними химическими способами: в первом случае вещество можно пытаться разложить если не одним, так другим способом; во втором же случае речь идет о разложении только данным, строго определенным способом. Вследствие этого определение Лавуазье раньше других (или по крайней мере одновременно с ними) достигло адекватности, но зато и раньше других ее утратило и сошло на нет (см. схему I). Точно так же именно оно должно было раньше других иметь возможность передвинуться с области элементов на область изотопов. Напротив, определение Панета должно было проделать такую же в общих чертах эволюцию позже остальных. Определение же Горбова как промежуточное должно было совершать свою эволюцию в промежутке между обоими крайними определениями: позже, чем определение Лавуазье, но раньше, чем определение Панета.

Схематически эту последовательность в эволюции трех определений элемента можно выразить так:

определение Лавуазье → определение Горбова → определение Панета → 0

Знак «0» означает здесь, что эмпирико-аналитическое понятие элемента зашло в тупик, утратило способность к развитию, начало отмирать. Стрелки показывают последовательность достижения одних и тех же логических ступеней различными эмпирико-аналитическими определениями элемента, т. е. показывают, которое из них начало эволюционировать раньше, а которое — позже.

Таковы пять особенностей, характеризующие тенденции эволюции эмпирико-аналитического понятия элемента.

Все сказанное полностью подтверждается анализом эволюции трех основных эмпирико-аналитических определений элемента — Лавуазье, Горбова и Панета, а также определения Фаянса, которое, как мы видели, есть простое перенесение определения Горбова с области элементов на область изотопов. В этом легко можно убедиться, если в отдельности проанализировать по этапам эволюцию объема каждого из трех названных определений (см. схему II). Здесь, как и раньше, *C* — область соединений, *M* — область смесей, *E* — область элементов, *I* — область изотопов. Значение штриховки в столбце «Объект» то же, что и в схеме I. При этом все определения рассматриваются так, как если бы все они возникли в XVIII в. Подобная экстраполяция в прошлое, конечно, условна, но она позволяет полнее выявить общую тенденцию эволюции каждого из этих определений. На более ранних этапах, когда определения Горбова и Панета не были еще сформулированы, это отмечается тем, что соответствующие определения изображены на схеме II в виде прерывистых жирных кругов. Точно так же мы позволили себе сделать небольшую экстраполяцию и в будущее (в части определения Панета), исходя из общей направленности развития науки. Рассмотрим теперь изменение объема понятия элемента по этапам его развития (см. схему II).



## Эволюция объема эмпирико-аналитических определений элемента

Этапы	Объект			Определения			№№ ри- сунк- ов в тек- сте
	С, М	Е	И	Лавуазье (L)	Горбова (Г) и Фаянса (Г')	Панета (P)	
1 XVIII в.							1
2 XIX в.							2
3 1903- 1913гг.							3
4 1913- 1919гг.							4, 4а
5 1919- 1932гг.							5, 5а
6 1932- 1956гг.							6, 6а
7 После 1956г.							7

*Первый этап:* все определения, независимо от их содержания, неадекватны по отношению к реальному объекту; они чрезмерно расширяют объем понятия элемента за счет приплюсования к элементам неразложимых химических соединений (незаштрихованная часть области С).

*Второй этап:* два первых определения сужаются, становятся адекватными объекту — элементу; они удерживают адекватность более или менее продолжительное время, поскольку лежащий в их основе определяющий признак является достаточно общим. Определение Панета продолжало бы оставаться неадекватным; его объем попрежнему превышал бы круг реальных элементов за счет «приплюсования» химически неразлагаемых смесей инертных газов, открытых в конце XIX в. (незаштрихованная часть области М).

*Третий этап:* объем понятия элемента по определению Лавуазье снова неадекватен объекту; но на этот раз он уже стал слишком узким, уменьшившись за счет исключения из числа элементов радиоактивных веществ (запунктированная часть области *E*). В то же время определение Горбова продолжает оставаться адекватным объекту, а определение Панета — еще не адекватным, преувеличенным.

*Четвертый этап:* происходит дальнейшее сокращение объема определения Лавуазье за счет исключения из числа элементов смесей изотопов, разделенных физическими методами на отдельные компоненты (изотопы). Одновременно формулировка Лавуазье начинает распространяться на отдельные изотопы, поскольку все они, кроме радиоактивных, подпадают под определение Лавуазье (незапунктированная часть области *I*). В силу этого определение Лавуазье постепенно превращается из определения элемента в определение изотопа. В соответствии с этим на четвертом этапе определение Лавуазье представляет во всех отношениях промежуточную форму, переходную от определения элемента к определению изотопа. Более полную форму перехода от элемента к изотопу представляет в этот момент определение Горбова, которое находится в таком же отношении к области изотопов, в каком оно находилось бы к области элементов вначале первого периода (сравни рис. *Г 4* с рис. *Г 1* в схеме II). В самом деле: тогда к элементам приплюсовывались еще неразложенные химические соединения, теперь к изотопам приплюсовываются еще неразделенные на изотопы химические элементы, представляющие смеси изотопов (незаштрихованная часть области *E*). Определение Горбова становится определением Фаянса, будучи применено к изотопам. Что же касается определения Панета, то как более частное оно все еще по своему объему превышает круг реальных элементов (область *E*).

*Пятый этап:* определение Лавуазье уже перестает охватывать круг реальных элементов, даже в небольшой его части; теперь оно целиком передвинулось на область изотопов; но и здесь оно оказывается по своему объему слишком узким; эта неадекватность может быть большей или меньшей в зависимости от того, насколько общи определяющие признаки (сравни рис. *L 5* и рис. *Г 5* в схеме II). В то же время определение Панета впервые начинает заметно сужаться и становится адекватным объекту — кругу реальных элементов (области *E*).

*Шестой этап:* первые два определения находятся полностью за пределами областей элементов и изотопов, поскольку и элементы, и изотопы оказались разложенными искусственными способами. Следовательно, объем понятия элемента в обоих случаях сжался до нуля. Определение Панета начинает повторять историю определений Лавуазье и Горбова, постепенно передвигаясь с области элементов на область изотопов (сравни рис. *P 6* с рис. *L 4* и *Г 5* в схеме II). Но между двумя этими формами (*P 6* и *L 4*) имеется существенное различие. Передвижка определения Лавуазье с области элементов на область изотопов совершилась не постепенно, не через достижение ее адекватности понятию изотопа, а так, что, продолжая еще приплюсовывать к изотопам часть элементов, определение Лавуазье уже исключало радиоактивные изотопы. Напротив, переход определения Панета от элементов к изотопам совершается до сих пор так, что его предельным случаем служит круг реальных изотопов. Дальнейшее же уменьшение объема определения Панета в его применении к понятию изотопа возможно, например, в том случае, если удастся разделить химическим путем отдельные изотопы на радиоизомеры, что, конечно, сомнительно.

Отсюда можно вывести общее условие, необходимое для достижения адекватности определения элемента: адекватность определения достигает-

ся лишь при том условии, если процесс разложения самих элементов или разделения их на изотопы тем же способом еще не начался.

Для того чтобы адекватность была достаточно ясно выражена, между концом первого процесса и началом второго процесса должен быть заметный и достаточно длинный перерыв, в течение которого объем понятия элемента, соответствующий данному определению, не должен изменяться. Очевидно, что это условие необязательно должно соблюдаться во всех случаях, ибо не исключена возможность, что разложение и разделение элементов данным способом может начаться раньше, нежели закончится разложение этим же способом химически сложных систем — соединений или смесей — на их составные части. В этом случае адекватность не будет достигнута вовсе.

Так, например, для определения Лавуазье условие адекватности соблюдалось в течение целого столетия, точнее сказать, — второй половины XIX в. Для определения Горбова в XX в. — значительно более короткий срок. Для определения Панета, строго говоря, оно соблюдалось в течение только нескольких лет, да и то с натяжкой. Наконец, для определения Фаянса (в области изотопов) оно не соблюдалось вовсе.

Что касается «элементарных» частиц, то в применении к ним объем эмпирико-аналитического определения элемента Лавуазье, принявшего вид определения Рамзая, претерпел также изменения (см. рис. 8): в начале он был адекватным (этап 1), затем он относительно сократился за счет исключения открытых фотонов (этапы 2, 3 и 4). Открытие нейтрона поставило под сомнение прежнее представление об элементарности частиц в смысле их непревращаемости и неразлагаемости (этап 5). Затем объем определения Рамзая неуклонно сокращался за счет отпадения сначала «пары» легких частиц — электрона и позитрона (этап 6), затем — мезона и нейтрино (этап 7) и, наконец, всех остальных частиц (этап 8). В итоге объем определения Рамзая сжался до нуля, подобно определениям Лавуазье, Горбова и Фаянса, которые применялись к химическим элементам и изотопам.

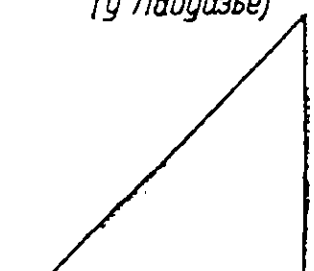
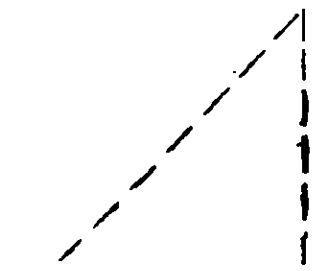
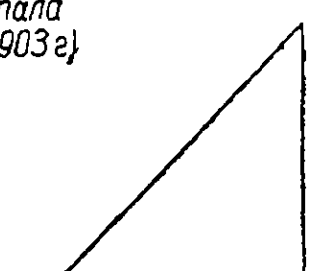
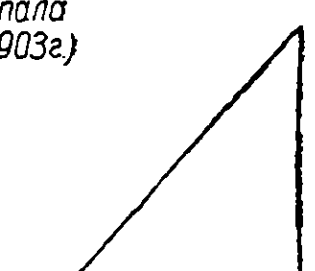
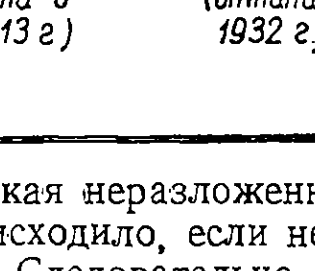
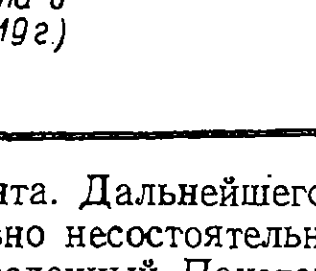
### 3. ЭВОЛЮЦИЯ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПРИЗНАКОВ (СОДЕРЖАНИЯ ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА)

Эволюция эмпирико-аналитического понятия элемента с точки зрения его содержания сводилась к тому, что определяющий признак элемента — неразложённость вещества — последовательно подвергался расщеплению, причем одна часть прежнего признака сохранялась, а другая — отбрасывалась под влиянием открытия новых, более мощных и глубоких способов разложения вещества. В итоге этого эволюция данного понятия элемента с точки зрения его содержания выразилась в последовательном переходе от наиболее общего определения Лавуазье через промежуточное определение Горбова к наиболее частному определению Панета.

В течение XX в. такое расщепление определяющего признака элемента происходило дважды, после чего одна часть прежнего признака отбрасывалась, как противоречащая новым фактам, а другая его часть сохранялась, как удовлетворяющая им (см. схему III).

Так был расщеплен наиболее общий, недетализированный признак полной неразложённости (определение Лавуазье) на неразложённость естественную, отпавшую после открытия радиоактивности, и — искусственную (определение Горбова). Затем точно так же был расщеплен признак искусственной неразложённости на неразложённость физическую, отпавшую после открытия изотопии, и — химическую (определение Панета). Наконец, после открытия дейтерия отпал и этот последний при-

## Эволюция содержания эмпирических определений элемента

Общность признака	Расщепление признака элемента	Расщепление признака изотопа
Наиболее общий	<p>Полная неразложимость (у Лавуазье)</p> 	<p>(Полная неразложимость)</p> 
Промежуточный	<p><u>Естественная</u> (отпала в 1903 г.)</p> <p>Искусственная (у Горбова)</p> 	<p><u>Естественная</u> (отпала в 1903 г.)</p> <p>Искусственная (у Фаянса)</p> 
Наиболее частный	<p><u>Физическая</u> (отпала в 1913 г.)</p> <p>Химическая (у Панета) (отпала в 1932 г.)</p> 	<p><u>Физическая</u> (отпала в 1919 г.)</p> <p>Химическая (?)</p> 

знак, т. е. химическая неразложимость элемента. Дальнейшего расщепления уже не происходило, если не считать явно несостоятельного определения Шарвина. Следовательно, признак, введенный Панетом, явился наиболее частным, наиболее детализированным. (В схеме III отпадающие признаки подчеркнуты, а сохраняющиеся не подчеркнуты).

Точно так же, но менее отчетливо, наметилась параллельная эволюция признака изотопа. Если бы изотопы были известны до открытия радиоактивности, то к ним можно было применять определение, основанное на признаке полной неразложимости. Но явление изотопии было открыто как следствие радиоактивности; поэтому уже с самого начала к изотопам нельзя было применять такого определения; в схеме III соответствующий признак взят поэтому в скобки, а его возможное, но не осуществившееся, расщепление условно показано прерывистыми линиями (см. правый столбец в схеме III). Это должно означать, что расщепление признака неразложимости на естественную, уже заранее отпавшую, и искусственную (определение Фаянса) было фактически сделано одновременно с открытием самих изотопов. Затем признак искусственной неразложимости можно было расщепить дальше на неразложимость физическую, отпавшую после осуществления искусственного превращения элементов, и на неразложимость химическую. По мере того как обнаруживаются химические различия у все большего числа изотопов, признак химической неразложимости все с большим основанием может быть положен в основу эмпирико-аналитического понятия изотопа вместо отпав-

шего определения Фаянса. Хотя и поныне признаком химической неразложности охватывается еще значительная часть элементов, однако *тенденция* развития указывает здесь на все увеличивающийся охват изотопов и все уменьшающийся охват химических элементов определением Панета. Поэтому со временем можно ожидать появления эмпирико-аналитического определения изотопа, соответствующего определению Панета (в схеме III около него поставлен знак вопроса).

Таким образом, ход эволюции признака неразложности состоит в его *постепенной дифференциации с последующим отбрасыванием части прежнего признака*.

Для того чтобы эта эволюция выступила яснее, сопоставим между собой все три определения — Лавуазье, Горбова и Панета; в скобках будем указывать расшифрованное содержание способов разложения, учитываемых соответствующим определением. Отпадающие способы обозначены жирным шрифтом, сохраняющиеся — светлым.

*Определение Лавуазье:* «Элемент есть вещество, неразложное никакими [= естественными или искусственными (= физическими или химическими)] способами».

*Определение Горбова:* «Элемент есть вещество, неразложное никакими [= естественными или искусственными (= физическими или химическими)] способами, т. е.:

элемент есть вещество, неразложное никакими искусственными (= физическими или химическими) способами».

*Определение Панета:* «Элемент есть вещество, неразложное никакими [= естественными или искусственными (= **физическими** или химическими)] способами, т. е.:

элемент есть вещество, неразложное никакими искусственными химическими способами».

Это сопоставление показывает, каким образом из более общего определения образуется более частное.

#### 4. ЭВОЛЮЦИЯ ОБЪЕМА И СОДЕРЖАНИЕ ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА В ИХ ВЗАИМНОЙ СВЯЗИ

Сопоставляя изменение объема понятия элемента, обусловленное развитием способов разложения вещества, с изменением его содержания, в силу его дифференциации и вносимых в него поправок, мы обнаруживаем между обоими рядами изменений логическую связь. Когда после открытия радиоактивности *уменьшился* объем эмпирико-аналитического понятия элемента, определяемый по Лавуазье, то для того, чтобы восстановить адекватность определения и, следовательно, увеличить объем понятия элемента, Горбову потребовалось фактически уменьшить его содержание, т. е. фактически уменьшить число определяющих признаков, отбросив признак «естественный» из характеристики способов разложения. Итак, только для того, чтобы привести определение элемента в соответствие с объектом, химики расчленили общий признак неразложности и пришли к определению Горбова. Точно так же после искусственного превращения элементов объем понятия элемента, установленный уже согласно определению Горбова, снова резко сократился. Химикам пришлось еще дальше расчленить признак неразложности, чтобы добиться прежней адекватности. Так возникло определение Панета.

Следовательно, с определением Горбова произошло то же самое, что и с определением Лавуазье: оно перестало быть адекватным; для того чтобы восстановить адекватность, т. е. увеличить объем понятия элемента до необходимых пределов, Панету фактически пришлось еще

больше уменьшить в формально-логическом смысле его содержание, отбросив признак «физический» из характеристики способов разложения.

Наконец, когда определение Панета также стало неадекватным, то за отсутствием возможности производить дальнейшее мало-мальски разумное расчленение признака неразложённости, эмпирико-аналитическое понятие элемента окончательно утратило способность восстанавливать свою адекватность путем перехода к каким-либо новым, еще более узким определениям.

Такая же эволюция, только в менее отчетливой форме, происходила с определением изотопа.

Все это показывает, что в течение всей эволюции эмпирико-аналитического понятия элемента действовал известный закон формальной логики об обратной зависимости между объемом и содержанием понятий<sup>1</sup>.

По мере все более глубокого разложения реального объекта сокращался объем понятия и нарушалась адекватность определений элемента; последняя достигалась вновь лишь при переходе к новому, более детализированному определению элемента. Иначе говоря, объем и содержание одновременно взятых разных определений элемента находились в обратной зависимости. Чем больше было содержание, тем меньше был объем, и наоборот. Все поправки, вносимые в определение элемента, опирались на этот именно закон: они уменьшали содержание понятия элемента каждый раз с той единственной целью, чтобы расширить до требуемых размеров его объем, который непрерывно сокращался по мере развития способов разложения вещества.













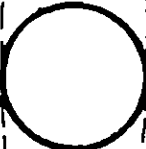
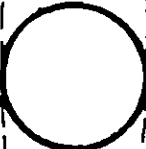






Заметим тут же, что характер взаимной связи объема и содержания понятия элемента существенно меняется при переходе от статического рассмотрения к динамическому, т. е. от сопоставления сосуществующих одновременно определений к анализу их развития во времени.

Проанализируем теперь общую эволюцию определений элемента, состоящую в том, что как только адекватность данного определения нарушается, происходит немедленный переход к другому определению, которое в данный момент является адекватным. Тогда получится цепь различных по своему содержанию определений элемента, которые на разных этапах будут адекватны реальному кругу элементов. Так как все определения элемента проходят одинаковый в общих чертах путь постепенного сужения своего объема от величины, большей чем круг элементов, до нуля и так как этот процесс происходит сравнительно постепенно, то на некоторой определенной стадии своего сужения каждое определение может на время стать адекватным области реальных элементов. До этого момента оно было шире, чем круг реальных элементов; после этого момента оно становится уже его. Следовательно, здесь происходит то же самое, что происходит с непрерывно изменяющейся величиной, когда она, превращаясь из положительной в отрицательную, проходит промежуточное нулевое значение.

В схеме IV в общем виде представлено постепенное сужение объема понятия элемента, находящееся в зависимости от общности определяющих признаков. Здесь, как и в схеме II, определения Горбова и Панета до их возникновения изображены в виде прерывистых кругов. Адекватность определений в схеме IV показана как их равенство области реальных элементов:  $= (E)$ . Нумерация этапов прежняя. Из этой схемы прежде всего видно следующее: *чем более общим по своему содержанию являет-*

<sup>1</sup> В главе VI мы покажем, что этот закон действовал здесь не обычно, а своеобразно логической особенностью эмпирико-аналитического понятия элемента

Эволюция эмпирико-аналитического понятия элемента с точки зрения  
взаимозависимости объема и содержания

Этапы	Наиболее общее определение Лавуазье	Промежуточное определение Горбова и Фаянса	Наиболее частное определение Панета	Ср. рисунки в тексте
1 XVIII в.	Начало развития данного понятия 			1
2 XIX в.	 = (E)			2
3 1903-1913 гг.	 → <i>Переход к новому определению</i> →  = (E)			3
4 1913-1919 гг.		 → <i>Переход к новому определению</i> → 		4, 4а
5 1919-1932 гг.			 = (E)	5, 5а
6 1932-1956 гг.			 <i>Конец развития данного понятия</i>	6
7 После 1956 г.				7

ся определение, тем сравнительно быстрее протекает и заканчивается его эволюция, тем раньше достигается и тем раньше нарушается адекватность определения. Напротив, чем более частным и детализированным является определение, тем медленнее протекает и тем позднее заканчивается его эволюция, тем более длительны «остановки» в его развитии, тем позже достигается и тем позже нарушается адекватность определения. Такова зависимость между содержанием понятия и изменением его объема, которая обнаруживается при историческом подходе к эмпирико-аналитическому понятию элемента.

Изменение содержания понятия (определения) происходит скачкообразно: как только нарушение адекватности первоначально принятого бо-



лее общего определения обнаруживается достаточно резко, мысль химиков как бы совершает «скачок» от этого определения к более частному, соседнему с ним по степени убывающей общности. Вследствие подобных «скачков» развитие содержания понятия элемента протекает не постепенно, как это наблюдается в случае изменения его объема, а *прерывисто*, скачкообразно. В схеме IV соответствующие «скачки» изображены в виде стрелок, которые показывают изменение понятия элемента, основанного на признаке неразложности.

Таким образом, в общем случае ход эволюции эмпирико-аналитического понятия элемента можно выразить следующим образом: при неизменном содержании понятия элемента его объем непрерывно сокращается от размеров, больших, чем круг реальных элементов, через временную адекватность — до размеров, меньших, чем область реальных элементов, и далее до нуля. В процессе своего изменения каждое эмпирико-аналитическое определение элемента, перестав охватывать круг элементов, на время начинает охватывать с большей или меньшей полнотой круг изотопов, причем эволюция определений, отнесенных к изотопу, в общих чертах повторяет их эволюцию, которую они совершили, будучи определениями элемента.

*На известной ступени эволюции постепенное количественное изменение (сужение) объема понятия приводит к качественному изменению понятия.* Это последнее выражается двояко: во-первых, при неизменном содержании оно происходит так, что определение из неадекватного становится сначала адекватным, а затем снова неадекватным, или же так, что совершается переход с одной качественно-определенной области объекта — с элементов — на другую, качественно отличную от нее область объекта — на изотопы. Во-вторых, при сохранении адекватности качественное изменение происходит так, что от одного определения, более общего, мысль химиков переходит к качественно иному определению, более частному.

Отсюда можно сделать общий вывод, что эмпирико-аналитическое понятие элемента, несмотря на его кажущуюся неизменность, *претерпевает изменения количественного и качественного характера* — и по объему, и по содержанию.

Другой вывод состоит в признании, что когда эмпирико-аналитическое понятие элемента рассматривается *исторически*, то между его объемом и содержанием не обнаруживается простой обратной зависимости.

В самом деле: если не менять числа определяющих признаков, то объем понятия элемента будет непрерывно сокращаться; если же добиться, чтобы все время сохранялась адекватность определения, т. е. не менялся его объем, то его содержание будет уменьшаться. В целом же, по мере развития методов разложения вещества, происходит процесс одновременного уменьшения и объема, и содержания понятия. *Следовательно, связь между объемом и содержанием понятия в общем случае оказывается более сложной, нежели это устанавливает обычно формальная логика, рассматривающая понятия в готовом, застывшем виде.*

## 5. ФИЛОСОФСКИЕ ВЫВОДЫ ИЗ ЭВОЛЮЦИИ ЭМПИРИКО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА

Из эволюции эмпирико-аналитического понятия элемента следуют философские выводы в двух основных направлениях: во-первых, опровергается метафизическое положение об абсолютно застывших, неподвижных понятиях и подтверждается идея диалектической логики, что понятия изменчивы, текучи, подвижны. Во-вторых, опровергается идеа-

листическое положение о том, что эволюция понятий происходит в порядке филиации идей и подтверждается положение материалистической теории познания, что движущей силой развития понятий служит материальная человеческая практика, а сами понятия суть отражения объективной реальности.

Таким образом, философские выводы, вытекающие из анализа эволюции эмпирико-аналитического понятия элемента, служат подтверждением марксистской, диалектико-материалистической логики и опровержением метафизических и идеалистических взглядов на научные понятия.

**Признание изменчивости понятий.** Многие химики видели главное достоинство старого определения Лавуазье в том, что оно, по их мнению, было неспособно к развитию и изменению, что оно по самому своему существу было неподвижным. Так могло казаться только до XX в., пока, по словам Фаянса, «старое определение химического элемента, выставленное в середине XVII столетия Робертом Бойлем и строго сформулированное Лавуазье, полностью сохранилось»<sup>1</sup>. Открытия в физике XX в., начиная с радиоактивности, вызвали ломку этого старого понятия, заставили его изменяться, т. е. заставили физиков и химиков уточнять и изменять определение Лавуазье в соответствии с новыми данными науки. Отрицать этот факт было невозможно. Так, например, за два года до открытия искусственной трансмутации элементов, А. Смит писал о возможных последствиях такого открытия: «Если бы это осуществилось, то данное здесь определение элемента пришлось бы подвергнуть коренному пересмотру»<sup>2</sup>.

Правда, Панет сумел несколько отсрочить коренной пересмотр эмпирико-аналитического определения элемента, введя дополнительный признак «химический способ разложения». Но в конце концов это послужило лишь поводом к отсрочке полного крушения данного определения, но не явилось выходом из положения.

Чрезвычайно важно подчеркнуть, что изменение эмпирико-аналитического понятия элемента происходило не случайным, бессвязным образом, а вполне закономерно, проходя определенные последовательные стадии, как это наблюдается при всяком развитии. Оно имело определенное начало, свой исходный пункт, когда было сформулировано первое эмпирико-аналитическое определение элемента, и определенный конец, когда последнее определение элемента этого рода потерпело крах и когда дальнейшее развитие понятия элемента в данной его форме прекратилось (см. схему IV).

На этом основании мы можем заключить, что эмпирико-аналитическое понятие элемента не стояло на месте. Даже в своей узкоэмпирической форме оно не являлось вечным, неизменным, как это полагали некоторые ученые; напротив, оно явилось во всех отношениях изменчивым, подвижным, текущим. Этот вывод подтверждает общее положение диалектической логики, приведенное выше (см. Введение). Подчеркивая изменчивость научных понятий, Ленин писал: «...если *все* развивается, то относится-ли сие к самым общим понятиям и категориям мышления? Если нет, значит, мышление не связано с бытием. Если да, значит есть диалектика понятий и диалектика познания, имеющая объективное значение»<sup>3</sup>. Ту же мысль Ленин высказывает в другом месте:

«Человеческие понятия не неподвижны, а вечно движутся, переходят

<sup>1</sup> К. Фаянс, Радиоактивность..., 1922 г., стр. 9.

<sup>2</sup> А. Смит, Введение в неорганическую химию, т. I, 1931, стр. 23.

<sup>3</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 239.

друг в друга, переливают одно в другое, без этого они не отражают живой жизни»<sup>1</sup>. И далее Ленин подчеркивает, что анализ понятий или, как говорил Энгельс, «искусство оперировать с ними» требует всегда изучения *движения* понятий.

Позиция Ленина, таким образом, в методологическом отношении прямо противоположна позиции химиков-метафизиков, которые рассматривают формально-логический подход к понятиям как нечто абсолютно непреложное.

Здесь столкнулись, говоря словами Энгельса, два философских направления: метафизическое с неподвижными категориями, диалектическое... — с текучими<sup>2</sup>.

Полную победу, как и всегда, одержало диалектическое направление.

**Торжество материалистического взгляда на понятия.** Другим, не менее существенным, философским выводом из эволюции эмпирико-аналитического понятия элемента было неоспоримое признание того факта, что это понятие изменялось под непосредственным воздействием развивающейся экспериментальной техники; эмпирико-аналитическое определение понятия элемента своеобразным образом резюмировало в себе успехи, достигнутые человеческой практикой; это резюмирование носило негативный, «отрицательный» характер; оно состояло в том, что из определения элемента последовательно исключались те эмпирические способы, с помощью которых реальные элементы могли разлагаться.

Но и в этой «отрицательной» форме ясно проступает прямая функциональная зависимость между эволюцией указанного понятия элемента и развитием практических способов разложения вещества. В свою очередь, развитие экспериментальных способов разложения вещества обусловлено производством и зависит от уровня и потребностей техники; более того, сам эксперимент является составной частью того, что мы называем человеческой практикой в широком смысле слова. Отсюда можно сделать вывод, что движущей силой эволюции эмпирико-аналитического понятия элемента является *п р а к т и к а*. Ее успехи обобщаются в форме научных понятий и обуславливают их эволюцию, их ломку, их перестройку, словом — их развитие.

Таким образом, здесь мы отнюдь не имеем дела с движением чистых понятий, понятий самих по себе, которое обусловлено якобы только какими-то имманентными причинами, как это утверждала гегелевская идеалистическая философия, провозгласившая принцип филиации идей. Напротив, разобранный нами пример показывает наглядно, что в движении понятий отражается и обобщается развитие человеческой практики. Этим подтверждаются замечательные положения Ленина, направленные своим острием против гегелевского идеализма:

«Диалектика *вещей* создает диалектику *идей*, а не наоборот», — подчеркивает Ленин. Далее Ленин поясняет, что Гегель не открыл, а только угадал («Именно *у г а д а л* не больше»), «...в *переходах* одного понятия в другое, в вечной смене, движении понятий именно такое отношение вещей, природы»<sup>3</sup>.

Действительно: идеалист, признающий движение понятий, но отрицающий их материальную обусловленность, отрицающий вообще объективную реальность вещей, не в силах открыть, но может максимум толь-

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 237.

<sup>2</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 159.

<sup>3</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, стр. 169.

ко *угадывать* в движении понятий движение отрицаемых им реальных вещей. В таком случае диалектика понятий будет выступать у него в явно изуродованном виде. Примером этого может служить следующее рассуждение сторонника философии Маха — В. В. Шарвина:

«У научных понятий,— писал он,— есть своя особая жизнь: одни нарождаются, растут, порождают другие, стареют и умирают. Какую поразительную эволюцию проделало понятие об атоме от Дальтона до Бора, какие глубокие потрясения испытывает теперь понятие о химическом элементе, стоявшее казалось незыблемо со времен Бойля... Понятия об энергии и массе, конечно, не могут составить исключения, они должны эволюционировать, если хотят жить. Неподвижно лишь то, что окончательно умерло как флогистон Бехера или теплород Блэка»<sup>1</sup>.

Здесь движение понятий дано именно в духе идеалистического принципа филиации идей: понятиям самим по себе приписана способность рождаться, жить, умирать, родить потомство; более того, им приписывается даже *хотение жить*.

Все это провозглашается Шарвиным с позиций субъективного идеализма, поскольку он как открытый махист считает вещи только комплексом ощущений, а понятия сводит к признакам этих комплексов. Тем не менее, даже в столь искаженной форме, Шарвин уловил, несомненно, реальный факт — движение понятий, их развитие («рождение» и «смерть»), их переход в другие понятия («рождение потомства») и т. д.; вместе с тем нельзя отрицать, что Шарвин вносит определенный *историзм* в трактовку понятия элемента; позднее он писал: «Элемент — понятие весьма старое, но содержание этого понятия в разные эпохи химии не всегда совпадало с тем, какое мы приписываем ему в настоящее время»<sup>2</sup>.

Если бы этот историзм не служил Шарвину аргументом в пользу философского релятивизма, то против него нельзя было бы возражать. Однако дело в том, что исторический подход к научным понятиям Шарвин связывает с их субъективно-идеалистической трактовкой, с махистской философией. Задача марксиста состоит здесь в том, чтобы отсечь реакционную тенденцию идеалистов и *сочетать принцип историзма с последовательно-материалистической теорией познания*.

Обращаясь к схеме IV, мы видим, что эмпирико-аналитическое понятие элемента действительно имело начало и конец, действительно в ходе его развития одно, более старое, определение (например, данное Лавуазье), переходило в другие, более «молодые» определения (у Горбова, Фаянса, Рамзая и Панета); оно как бы порождало их, превращалось в них. Но источником и основой этого процесса служила материальная человеческая практика; ибо только она вызвала к жизни определение Лавуазье; ибо только она заставила вносить в это определение изменения, превращая его последовательно в определение Горбова, Фаянса, Рамзая и Панета; ибо только она своими последними открытиями привела весь этот исторически развившийся ряд определений элемента к полному отмиранию.

Таким образом, в данном случае столкнулись два основных философских направления — материализм и идеализм. Махисты в лице Шарвина и некоторых других химиков делали попытку односторонне усвоить в искаженной форме одно из положений диалектики, а именно признание изменчивости наших понятий, признание относительности нашего познания при отрицании объективной реальности, составляющей истинное

<sup>1</sup> В. В. Шарвин, Энергия, ее сохранение и вырождение, М., 1922, стр. 61—62.

<sup>2</sup> В. В. Шарвин, Введение в химию, 1931, стр. 15.

содержание наших понятий, нашего знания. Характерно, что махист Шарвин для своей книжки, в которой он открыто пропагандирует махизм, в качестве эпиграфа выбрал положение Гераклита: «Нельзя два раза вступить в тот же поток»<sup>1</sup>. Заигрывая с диалектикой, махист пытается свести ее к философскому релятивизму и через это идти прямым путем к субъективному идеализму.

Ленин доказал, что именно такой чистый релятивизм, возведенный некоторыми физиками в философский принцип, ведет их к идеализму. Ленин писал:

«Другая причина, породившая «физический» идеализм, это — принцип *релятивизма*, относительности нашего знания, принцип, который с особенной силой навязывается физикам в период крутой ломки старых теорий и который — *при незнании диалектики* — неминуемо ведет к идеализму»<sup>2</sup>.

Ленин подчеркивает далее, что вопрос о соотношении релятивизма и диалектики едва ли не самый важный в объяснении теоретических злоключений махизма. «Все старые истины физики, вплоть до считавшихся бесспорными и незыблемыми, оказываются относительными истинами, — *значит* никакой объективной истины, не зависящей от человечества, быть не может. Так рассуждает не только весь махизм, но весь «физический» идеализм вообще»<sup>3</sup>. Вскрывая абсолютную теоретическую несостоятельность подобного рода вывода, Ленин подчеркивает;

«В действительности, единственная теоретически правильная постановка вопроса о релятивизме дается материалистической диалектикой Маркса и Энгельса, и незнание ее *неминуемо* должно привести от релятивизма к философскому идеализму»<sup>4</sup>.

Эта постановка вопроса состоит в признании, что из суммы относительных истин в их развитии складывается абсолютная истина. Ленин показывает, что Мах на этом именно пункте свихнулся, извратив в идеалистическом духе соотношение между релятивизмом и диалектикой.

Насколько глубоко вскрыл Ленин гносеологические, теоретические корни махизма, показывает рассмотренный нами пример. Шарвин уловил *изменчивость* понятий. Но какой философский вывод он сделал из их изменчивости? Какой причиной он объяснил эту изменчивость? Не зная диалектики, не умея правильно разрешить вопрос о соотношении между абсолютной и относительной истиной, Шарвин встал на путь махизма. Он ссылается, например, на изменчивость понятия массы: для того, кто прежде рассматривал массу как нечто материальное и вместе с тем приписывал ей вечность и неизменность, открытие изменчивости массы явилось сильнейшим ударом по всей прежней концепции массы. Причину, почему это имело место, Шарвин видит в том, что физики трактовали массу материалистически, приписывая ей характер объективного свойства реальной материи.

Напротив, субъективный идеализм сводит вещи к комплексам ощущений; если при этом допустить, что соотношение между нашими ощущениями не есть нечто абсолютно устойчивое, неизменное, то и сами «вещи», и все их свойства могут оказаться изменчивыми. В связи с этим Шарвин заявляет:

«Для тех, однако, кто вместе с Махом видел в массе лишь признак, обуславливающий ускорение тела, и ограничивался констатированием

<sup>1</sup> В. В. Шарвин, Энергия, ее сохранение и вырождение, стр. 3.

<sup>2</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 295.

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> Там же.

этого факта, безусловное и вечное постоянство массы не являлось необходимостью»<sup>1</sup>.

Разумеется, все это сплошной вздор, будто материализм автоматически влечет за собой метафизическую трактовку естественнонаучных понятий и будто для того, чтобы считать понятия изменчивыми, надо быть обязательно идеалистом. Между тем, по Шарвину, дело обстоит именно так. Признание неподвижности понятия элементов он выводит именно из того, что химик-материалист признает объективную реальность элементов и что понятие элемента такой химик считает отражением реальных элементов. В соответствии со своей исходной, махистской установкой Шарвин рекомендует химикам отказаться от материализма: кто не хочет прийти в противоречие с прогрессом науки, тот должен выбросить вместе с метафизикой материалистический взгляд на элементы и на понятие элемента, тот должен перейти на позиции субъективного идеализма. Таков рецепт, рекомендуемый Шарвиным и всеми махистами вообще для преодоления тех трудностей, которые стали на пути развития современной химии и физики.

Подобным философским вывертам Ленин дал самый решительный отпор; Ленин доказал, что единственно правильный путь от старого, метафизического материализма ведет вовсе не к субъективному идеализму, усвоившему в извращенной форме некоторые стороны диалектики (например, признание относительности наших знаний), а к диалектическому материализму. Анализ эволюции понятия элемента даже в несовершенной, эмпирико-аналитической трактовке этого понятия блестяще подтверждает приведенное ленинское положение.

---

<sup>1</sup> В. В. Шарвин, Энергия, ее сохранение и вырождение, стр. 60—61.

## Глава VI

### ОБЩАЯ ЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭМПИРИКО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА И КОРЕННАЯ ГНОСЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИЧИНА ЕГО НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОСТИ

Рассмотрев общую тенденцию эволюции эмпирико-аналитического понятия элемента, поставим вопрос о связи этой тенденции с логическими особенностями понятия элемента как неразложённого или неразложимого вещества. Выяснение этого вопроса позволит установить познавательные причины окончательного крушения эмпирико-аналитического понятия элемента; без установления этих причин наш анализ был бы незавершённым.

Соответственно этому разберем в последней главе части I нашей работы, во-первых, логическую особенность эмпирико-аналитического понятия элемента; во-вторых, генезис его негативного характера; в-третьих, особенность проявления у него закона обратной зависимости между объемом и содержанием; в-четвертых, проведем анализ эволюции этого понятия как искаженного отражения реальности.

#### 1. ЛОГИЧЕСКАЯ ОСОБЕННОСТЬ ЭМПИРИКО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА И ЕГО ОСНОВНОГО ПРИЗНАКА НЕРАЗЛОЖЕННОСТИ ИЛИ НЕРАЗЛОЖИМОСТИ

Марксистская диалектическая логика (в противоположность логике формальной) учит, что в общем случае, в ходе научного прогресса обнаруживается не обратная, а прямая зависимость между изменением объема понятия и изменением его содержания. Действительно, история любой отрасли наук доказывает, что в нашем мышлении происходит постепенное расширение объема предмета познания и одновременно углубление его содержания. Но имеются исключения.

Так, например, исторический подход к эмпирико-аналитическому понятию элемента позволяет вскрыть парадоксальную на первый взгляд особенность этого понятия, резко отличающую его от остальных понятий физики и химии. В самом деле: согласно положению Энгельса: «результаты, в которых обобщаются данные опыта, суть понятия»<sup>1</sup>. Поэтому естественно ожидать, что по мере накопления новых опытных данных соответствующие понятия должны расширяться по своему объему и обогащаться по своему содержанию. Было бы странно,

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс, Соч., т. XIV, стр. 12.



если бы дело обстояло наоборот, т. е. если бы в итоге поступательного развития науки то или другое понятие, резюмирующее достижения научного развития, обеднялось бы по своему содержанию и сжималось бы по своему объему. Между тем, как мы видели, именно такое странное изменение как раз и происходило с эмпирико-аналитическим понятием элемента. Такая парадоксальная аномалия в развитии указанного понятия была вызвана тем, что у Лавуазье и его последователей понятие элемента охватывало собою не ту область вещества, которая была уже завоевана научным анализом, а как раз наоборот, — ту его область, которая еще оставалась незавоеванной. Самый признак «неразложности» был признаком чисто субъективистским: он касался вовсе не химических элементов, а того круга веществ, который был в данный момент еще недоступен для нашего познания в силу именно своей неразложности. Химические элементы могли оказаться либо внутри круга неразложных веществ, либо вне его, либо, наконец, частью — внутри его, а частью — за его пределами. Это их положение было обусловлено не их собственной объективной природой, но лишь их отношением к существующим у нас в данный момент экспериментальным приемам анализа вещества. Не вытекая из внутренней объективной природы элементов, подобное отношение было поэтому временным, преходящим и совершенно случайным для самих элементов.

Признак неразложности, составивший основу определения Лавуазье и всех позднейших аналогичных ему субъективистских эмпирико-аналитических определений элемента, представлял собою на деле только внешнюю границу еще непознанных нами явлений и веществ природы. Эту мысль обосновал еще Д. И. Менделеев; в статье «Вещество» он указывал, что «внутри атомов «не могут еще поныне проникать существующие индуктивные способы исследования и все попытки, сюда направленные, доныне не дали никаких положительных выводов. Таким образом признаваемые ныне атомы химических элементов составляют последние грани анализа, до которого простирается мысль естествоиспытателей...»<sup>1</sup>. То же самое Менделеев подчеркивал в «Основах химии», говоря что «поныне кругозор химиков органичивается понятием об элементах, как о последних гранях научного анализа...»<sup>2</sup>.

Таким образом, эмпирико-аналитическое понятие элемента вовсе не выражает собой того, что уже познано, а напротив, выражает собой то, что еще не познано. Поэтому оно обязательно должно претерпевать изменения по объему и содержанию, как раз противоположные тем, какие претерпевают обычно все научные понятия. Действительно, процесс науки, вызывая расширение (по объему) и углубление (по содержанию) наших знаний об элементах, тем самым приводит к уменьшению области непознанных нами веществ и явлений природы, раздвигая все дальше, вширь и вглубь материи, «последние грани научного анализа». В соответствии с этим область неразложных (и в этом смысле непознанных) веществ должна непрерывно сокращаться по своему объему по мере того, как вещества, обладающие тем или другим отличительным признаком, становятся из непознанных познанными, из неразложных разложенными и выпадают из круга веществ, определяемых в качестве «элементарных» на основе признака неразложности.

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 376.

<sup>2</sup> Там же, стр. 297.

Такова основная причина парадоксального характера развития эмпирико-аналитического понятия элемента.

Между тем даже в рамках непосредственных данных, полученных в результате разложения и разделения химических элементов, понятие элемента вовсе не выглядит таким пустым и бессодержательным, как это получается у современных сторонников Лавуазье. По существу содержание понятия элемента отнюдь не уменьшается, а, напротив, растет по мере детализации и совершенствования способов разложения вещества. Вместе с тем и объем понятия элемента растет по мере открытия новых химических элементов, их новых разновидностей (изотопов), связей и отношений между ними, которые они обнаруживают, в частности, в процессе своего разложения и разделения. То же целиком относится и к познанию «элементарных» частиц.

Чтобы уловить эти действительные изменения, происходящие в эмпирико-аналитическом понятии элемента, необходимо брать определяющий признак элемента не в его отрицательной форме («неразложимость»), а в его положительной форме («разложимость» и «разделимость»). Иначе говоря, если понятие элемента связывать не с областью непознанных веществ, как это делал Лавуазье, а связывать с областью познанных веществ и их свойств, как это делал Менделеев и как это делается обычно при установлении научных понятий, то тогда понятие элемента будет выражать собой положительные признаки, объективно присущие химическим элементам. При таком, единственно правильном, подходе исчезает всякая парадоксальность и аномальность понятия элемента. Со всей резкостью сразу же обнаруживается, что это понятие в своем развитии увеличивается по объему и одновременно обогащается по содержанию.

Так, например, открытие радиоактивных элементов обогатило содержание понятия элемента признаком спонтанного разложения элементов; вместе с тем оно значительно расширило объем этого понятия за счет охвата вновь открытых радиоактивных элементов, существенно отличных от ранее известных.

Точно так же открытие изотопов обогатило содержание понятия элемента, вскрыв новые связи и отношения, существующие внутри самих элементов; одновременно оно вызвало дальнейшее расширение объема понятия за счет включения в число элементов таких веществ, как, например, продукты радиоактивных превращений, которые до открытия изотопии не могли быть охвачены понятием элемента. Открытие физических и химических способов разделения изотопов обогатило содержание понятия элемента новыми признаками делимости и химической различимости изотопов и в то же время способствовало расширению его объема вследствие охвата новых объектов природы.

Таким образом, к понятию элемента, как и ко всем нормально построенным научным понятиям, которые резюмируют собой достигнутые успехи опытного исследования, применим закон диалектической логики о прямой зависимости между ростом объема и углублением содержания понятий в ходе прогресса науки. Эмпирико-аналитическое же понятие элемента относится к особой категории понятий, к которым этот закон неприменим по самому своему существу: это такие понятия, которые построены на субъективистском признаке «незнание» или «неумение».

Так как познание представляет собой движение от незнания к знанию, от неумения к умению, то в ходе познания область незнания данного конкретного объекта, область неумения оперировать с ним должна неуклонно сужаться. Значит, отрицательное понятие «незнание» должно неизбежно иметь тенденцию не расширять, а сужать свой объем, при-

чем сужать его как раз в меру развития науки. Возьмем, например, понятие белого пятна на географической карте. По мере роста географических открытий, сделанных на протяжении последних столетий, это понятие имеет ясно выраженную тенденцию сокращать свой объем: все новые и новые, открытые и познанные человеком области нашей планеты выключаются из числа белых пятен, каковыми они были раньше; вследствие этого неуклонно сужается объем понятия «белое пятно».

К числу такого же рода понятий, охватываемых общим признаком незнания или неумения, относится и понятие «химический элемент» в его субъективистской, эмпирико-аналитической трактовке. В такой трактовке существенным признаком элемента становится наше незнание способов его разложения, наше временное неумение или наша временная неспособность разложить его на составные части. Следовательно, в эмпирико-аналитическое определение элемента органически включается чисто субъективный, преходящий момент: незнание нами способов разложения данного вещества. Образно говоря, элементом оказывается своеобразное «белое пятно» в области физико-химических наук.

Но прогресс науки состоит, в частности, и в том, что человек проникает все глубже и глубже в вещество, применяет все более мощные средства физико-химического воздействия на элементы, на их атомы. В результате этого те вещества, которые еще вчера казались неразложимыми, сегодня оказываются уже разложенными. В силу этого с понятием элемента (в его эмпирико-аналитической трактовке) происходит такой же процесс, как и с понятием белого пятна на географической карте: как то, так и другое понятие в ходе развития науки неизбежно должно сокращать свой объем, ибо прогресс науки в том и состоит, что предметы из непознанной еще человеком области мысленно переводятся в область познанных предметов.

В связи с этим мы предлагаем называть *прогрессивным* или *нормальным* такое развитие понятия, при котором по мере научного прогресса происходит расширение объема понятия и одновременно углубление его содержания, а *регрессивным* или *анормальным* — такое, при котором по мере прогресса науки происходит сокращение объема понятия, причем сам прогресс науки как раз и состоит в том, что объем данного понятия сокращается.

Из отмеченной особенности эмпирико-аналитического понятия элемента, как его основного и общего признака, вытекает шаткость, неустойчивость всех определений этого понятия, их сугубый субъективизм и произвольность, их временный, преходящий характер. Связь этих черт с их общей познавательной основой — «белым пятном» на карте знаний вещества выразил еще *Уильям Крукс* в 1886 г.; он говорил:

«Из всех сделанных попыток определить или объяснить элемент ни одна не удовлетворяет человеческий ум. Учебники говорят нам, что элемент есть «тело, которое неразложено», что это «нечто, к чему мы можем прибавлять, но от чего мы ничего не можем убавить»; или: «тело, которое увеличивается в весе при каждом химическом изменении». Все эти определения, конечно, вдвойне неудовлетворительны; они произвольны и могут завтра же оказаться неприложимыми в некотором частном случае. Они основываются не на каком-либо свойстве определяемой сущности, но на ограниченности человеческих сил; они являются признанием умственного бессилия»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Цит. по Ф. В. Астону, *Изотопы*, Гиз, 1923, стр. 119.

Это замечание, сделанное Круксом в отношении определения Лавуазье (поскольку других в то время еще не существовало), в полной мере относится ко всем позднейшим определениям элемента эмпирико-аналитического характера.

Признак «белого пятна» является краеугольным камнем всех эмпирико-аналитических определений элемента. Несмотря на существенные различия между определениями Лавуазье, Горбова, Фаянса, Рамзая и Панета, все они сводились к различным формулировкам понятия «белого пятна», существовавшего в области физико-химической науки. В связи с этим их логическая основа была принципиально общей: это было или *незнание* никаких вообще способов разложения данных веществ — в определении Лавуазье, или *незнание* искусственных способов их разложения — в определениях Горбова и Фаянса, или *незнание* химических способов их искусственного разложения — в определении Панета. Этим определялась и общая тенденция развития всех этих определений: все они должны были сужать свой объем в конце концов до нуля.

Такой процесс должен был происходить со строгой закономерностью, ибо судьба всех «белых пятен» на карте научных знаний такова, что их объем должен неуклонно сокращаться по мере прогресса науки; в силу этой особенности даже наиболее детализированное определение Панета, будучи построено на одном из таких «белых пятен», не могло уйти от общей судьбы: подобно остальным определениям, основанным на признаке неразложенности вещества, оно должно было рано или поздно утратить достигнутую адекватность, начать стареть, сокращая свой объем за счет выпадения из него элементов, изотопы которых обнаружили химическое различие. Вот почему, зная логическую особенность данного рода определений и зная общую закономерность научного прогресса, направленного к сокращению объема «белых пятен» вплоть до их полной ликвидации, можно было заранее предвидеть, что любое эмпирико-аналитическое определение элемента или изотопа должно будет неизбежно претерпеть ту же судьбу, какую претерпел и его общий прародитель — определение Лавуазье.

Насколько нам известно, эта логическая особенность понятия элемента (в его эмпирико-аналитической трактовке) до сих пор не была отмечена ни химиками, ни логиками. Без этого нельзя было вскрыть и понять вопиющие логические противоречия, существующие в современных эмпирико-аналитических определениях элемента, и тем более найти правильный выход из этих противоречий.

## 2. ГЕНЕЗИС НЕГАТИВНОГО ХАРАКТЕРА ЭМПИРИКО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА

В неразрывной связи с только что рассмотренной логической особенностью всех эмпирико-аналитических определений элемента стоит их отрицательный, негативный характер. Эта черта является их коренным и принципиально неустранимым недостатком; последний целиком вытекает из самого существа субъективистской, эмпирико-аналитической трактовки понятия элемента как своеобразного «белого пятна» на карте познанных веществ. В самом деле: о «белом пятне» мы знаем только то, что оно ограничено некоторой познанной областью явлений, т. е. знаем только его внешнюю границу. О нем же самом мы ничего *не* знаем, и это наше *незнание* есть определяющий признак белого пятна. Перефразируя известное выражение древнегреческого философа, можно сказать, что о белом пятне мы знаем только то, что мы о нем ничего не знаем.

Как только мы устанавливаем какие-либо положительные сведения о его внутренней природе, как только в связи с этим оно из совершенно непознанного становится уже отчасти познанным, так тем самым и как раз в меру достигнутой степени познания оно теряет свой прежний, негативный характер и приобретает новый, позитивный характер, указывающий на вновь познанные его признаки. Отсюда логически следует, что одновременно и в неразрывной связи с утратой своего негативного характера оно перестает быть понятием белого пятна и превращается в некоторое другое, положительное понятие.

Все это доказывает, что отрицательный признак «незнания» составляет органическую часть понятия белого пятна; с утратой данного признака прекращает существование и само это понятие. Поэтому мысль о возможности придать положительную форму понятию белого пятна является беспредметной и логически несостоятельной. При этом совершенно неважно, какую конкретную форму, в случае вещества, принимает отрицательный признак незнания: неспособности или невозможности разложения вещества; незнания тех или иных способов его разложения или деления; непревращаемости его или незнания способов обнаружения его превращаемости и т. д.

Все соответствующие частные признаки являются лишь различными проявлениями общего признака незнания, а потому они ничего принципиально не меняют в постановке всего вопроса.

Неслучайно исходное определение Лавуазье и еще более ранее определение Бойля возникло именно на той стадии развития науки, когда в химии господствовал чисто аналитический подход к веществу. Аналитический же подход в предельном случае по самому своему существу позволяет давать определения лишь негативного характера. Расчленяя какой-либо предмет с помощью данного аналитического приема, мы рано или поздно приходим к такой стадии расчленения, на которой данный прием исчерпывает себя полностью; тем самым достигается относительный предел познания, дальше которого мы не можем двигаться по крайней мере в данный момент, если захотим пользоваться только данным аналитическим приемом. Тогда возникает потребность найти логический эквивалент достигнутой степени познания; с этой целью и вводится особое понятие; очевидно, содержанием такого понятия будет признак, указывающий на существование предела, который можно достичь в данный момент с помощью данного определенного приема аналитического исследования. Ничего положительного о том, что находится по ту сторону достигнутого предела, вновь установленное понятие не говорит и сказать не может. Оно лишь констатирует, что на достигнутом пределе данный прием анализа исчерпан и что дальше с его помощью двигаться сейчас (или вообще) *нельзя*. Отсюда — всякий эмпирико-аналитический подход в конечном счете, когда речь идет о пределе анализа, дает возможность, строго говоря, устанавливать лишь негативные определения. Это обнаружил уже Менделеев. Понятие элемента он рассматривал именно как такое, которое не подлежит познавательному анализу, поскольку оно отражает собой вещества, находящиеся за пределом химического анализа.

«При изучении химии, — писал Менделеев, — понятие об элементах ныне должно признать почти без всякого дальнейшего анализа»<sup>1</sup>. Из этого Менделеев выводил неизбежность негативного характера у эмпирико-аналитического определения элемента. Отмечая отрицательность

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Основы химии, изд. 8, 1906, стр. 405.

определяющих признаков элемента, данных Лавуазье и с тех пор господствующих в науке, Менделеев пояснял:

«На это должно заметить, что простые тела составляют крайнюю грань наших познаний о веществе, а в крайних пределах познаваемое всегда трудно определимо с положительной стороны»<sup>1</sup>.

Итак, признак «белого пятна», начинающегося за крайней гранью познания о веществе, достигнутой нами в данный момент, логически влечет за собой негативность эмпирико-аналитического понятия элемента.

### 3. ОСОБЕННОСТЬ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗАКОНА ОБРАТНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОБЪЕМА И СОДЕРЖАНИЯ У ЭМПИРИКО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА

Согласно тому, что было сказано выше, признак «любой способ разложения» можно представить в развернутом виде, и тогда он будет означать «любой, естественный или искусственный, физический или химический способ разложения». В этом случае отбрасывание признаков «естественный», «физический», т. е. уменьшение содержания понятия элемента, влечет за собой расширение его объема, согласно закона формальной логики. Однако допущенный нами прием сам по себе не согласуется с обычным формально-логическим подходом. Ибо, по существу, переход от признака «любой способ» к признаку «любой искусственный способ» не есть обобщение, а есть ограничение, подобно тому, как это имеет место, когда к признаку «любое дерево» мы добавляем признак «хвойное». Почему же в первом случае, добавляя к «любому способу» признак «искусственный» (т. е. исключая естественные способы), мы получаем *возрастание* объема понятия неразложенные вещества, а во втором случае, добавляя к «любому дереву» признак «хвойное» (т. е. исключая лиственные деревья), мы, напротив, получаем *уменьшение* объема понятия?

Рассмотрим подробнее этот логический парадокс. Как известно, формальная логика утверждает, что при увеличении числа определяющих признаков, следовательно, при увеличении содержания данного понятия, его объем сокращается. С эмпирико-аналитическим понятием элемента на первый взгляд происходит нечто обратное: при переходе от определения Лавуазье («вещество, неразложенное никакими способами») к определению Горбова («вещество, неразложенное никакими искусственными способами») мы вводим дополнительный признак «искусственный» и тем самым как-будто увеличиваем содержание понятия элемента. Между тем объем понятия не только не уменьшается, но, напротив, растет, так как веществ, совершенно неразложенных, существует меньше, чем неразложенных искусственно. Точно так же при переходе к определению Панета мы вводим новый дополнительный признак «химический», и снова объем понятия элемента не сокращается, а растет.

С формально-логической стороны эту кажущуюся парадоксальность можно объяснить так: признаки «любой», «искусственный», «химический» относятся не к самому веществу (элементу), а только к способам его разложения. Число же этих последних, следовательно, объем понятия «способ разложения», уменьшается при переходе от общего признака «любой» к частному признаку «любой искусственный» и к еще более частному признаку «любой искусственный химический».

Что же касается неразложенных веществ, то дело обстоит как раз наоборот: чем меньше различных способов было применено для разло-

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Основы химии, изд. 8, 1906, стр. 411.



жения, тем больше веществ осталось неразложенными. Следовательно, с формально-логической стороны данный парадокс как будто объяснен: когда мы говорим о веществе, неразложенном никакими способами, то подразумеваем, что к данному веществу были последовательно применены все способы разложения — естественные и искусственные, химические и физические. В этом случае один объект оказывается наделенным одновременно всеми возможными признаками, хотя они в явной форме не перечисляются в самом определении элемента. В дальнейшем, при переходе к более частным определениям, происходит фактическое *уменьшение* числа признаков у данного объекта, следовательно, уменьшение его содержания. Это и показано в схеме III.

Напротив, понятие «способ разложения» предполагает не один объект, а целую *совокупность*; часть объектов этой совокупности, т. е. часть способов разложения, обладает одними признаками, другая часть — другими и т. д. В этом случае, при переходе от общего признака к частному, содержание понятия растет, а его объем сокращается, так как, вводя дополнительный признак, мы делим совокупность объектов на части, объем которых будет тем меньше, чем более детализирован признак объекта.

Различие понятий «неразложенное вещество» и «способ разложения» в конечном счете сводится к тому, что в первом понятии парные признаки (химическое и физическое разложения, искусственное и естественное разложения) рассматриваются как *совместные*, присутствующие одновременно у одного и того же предмета (вещества), тогда как во втором понятии подобные пары признаков рассматриваются как *несовместимые*, взаимоисключающие друг друга у одного и того же предмета (способа разложения).

Словом, здесь происходит то же, что и при сопоставлении двух понятий: человек, говорящий на всех языках, и человек, говорящий на всех европейских языках. Дополнительный признак «европейский», увеличивая содержание понятия «язык», в то же время не увеличивает, а уменьшает содержание понятия человека, говорящего на данных языках.

В силу сказанного мы должны считать, что при переходе от определения Лавуазье к определению Горбова и далее — к определению Панета содержание эмпирико-аналитического понятия элемента в действительности уменьшается, хотя в словесной формулировке число явно называемых признаков каждый раз возрастает.

Однако если вместо понятия неразложенного вещества мы возьмем понятие разложенного вещества, то данное выше толкование аномалии в изменении объема и содержания понятия элемента оказывается уже несостоятельным. Объем понятия веществ, разложенных любыми способами (т. е. хотя бы одним из них), больше, чем объем понятия веществ, разложенных любыми химическими способами. Точно так же людей, не говорящих сразу на всех языках, больше, чем людей, не говорящих только на всех европейских языках. Сопоставляя попарно противоречащие друг другу понятия: разложенный — неразложенный, говорящий — неговорящий, мы обнаруживаем следующую зависимость их объемов: если у одного понятия, имеющего сложный признак, объем и содержание находятся в обратном соотношении, то у противоречащего ему понятия соотношение объема и содержания прямое. Например, для понятия «дом, построенный из дерева» объем понятия сужается при увеличении числа определяющих признаков: ибо домов, построенных из *хвойного* дерева, меньше, чем построенных из любого дерева вообще. Следовательно, здесь отношение между объемом и содержанием обратное. Для противоречащего ему понятия «дом, *не* построенный из



дерева», отношение объема и содержания прямое, ибо домов, *не* построенных из хвойного дерева, больше, чем домов вообще не деревянных. То же самое наблюдается и для понятий, основывающихся на признаке белого пятна.

Обозначим кратко понятие вещества буквой *V* и признаки его неразложённости — *H* и разложённости — *P*, а также искусственного — *I* и химического — *X* характера его разложения — начальными буквами соответствующих слов. Тогда получим следующее соотношение для обоих противоречивых понятий, существовавших, например, на 4 этапе эволюции эмпирико-аналитического понятия элемента (см. рис. 9).

Вещества раз-  
ложённые:

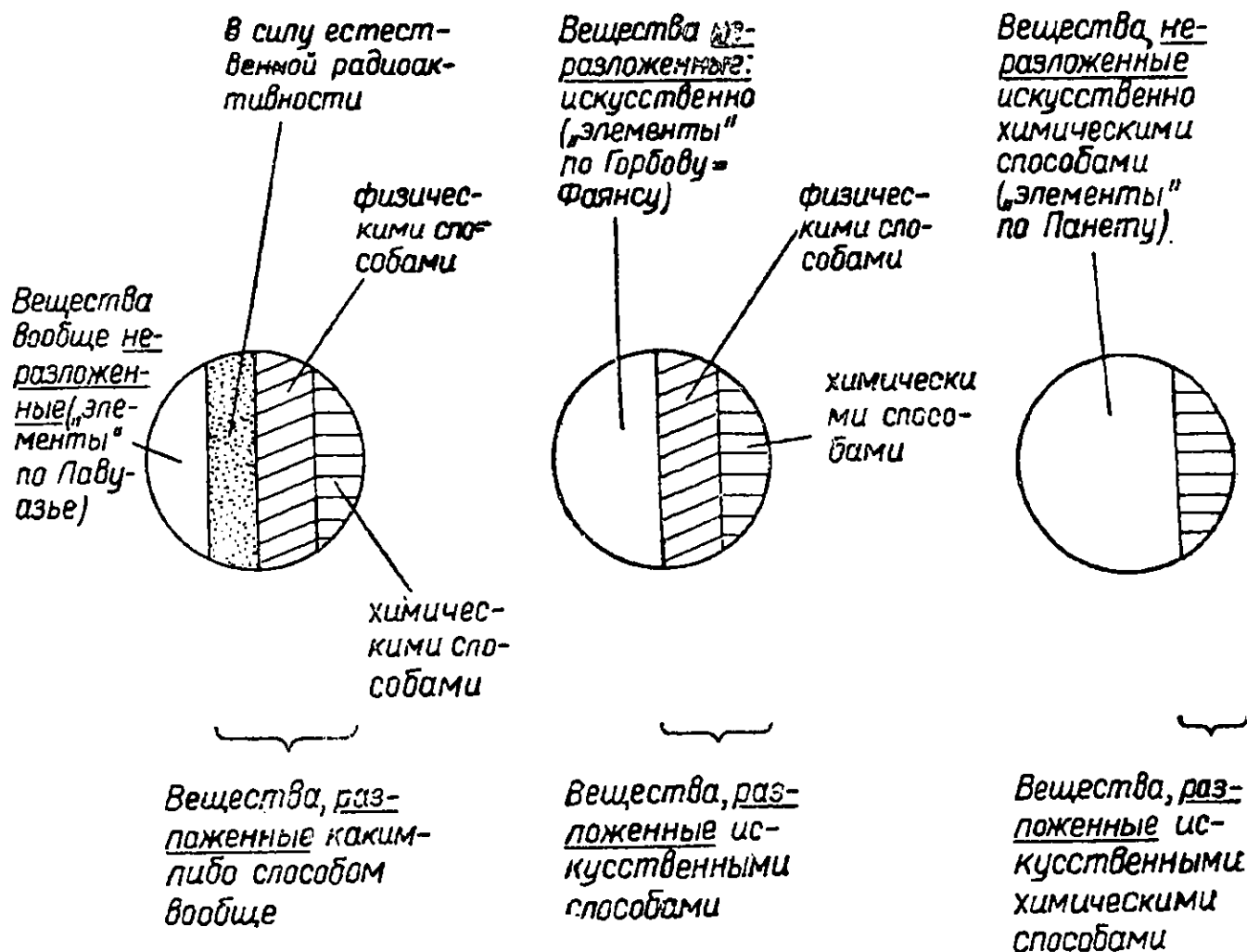


Рис. 9

Следовательно, объем понятия разложённых веществ *сужается* по мере *увеличения* числа определяющих признаков; объем же противоречащего ему понятия «элемента» (как неразложённого вещества) соответственно *расширяется*, причем его расширение происходит по мере того же самого *увеличения* числа определяющих признаков и, следовательно, по мере увеличения содержания понятия. Между изменениями обоого рода имеется зависимость, ибо общий объем двух противоречащих понятий (*a* и не-*a*) остается все время постоянным. Символически это можно выразить так:

$$[H.] + [P.] = [H. I.] + [P. I.] = [H. I. X.] + [P. I. X.] = [V.]$$

(Здесь квадратные скобки указывают, что берется объем соответствующих понятий; буквами *V*. обозначаются все вещества вообще; *H*. или *P*. — вещества, неразложённые или разложённые, *I*. и *X*. — искусственными и химическими способами.) Постоянство суммарного

объема понятия всех веществ вообще (*B.*) объясняет отмеченную выше зависимость между соотношением объема и содержания двух противоречащих понятий: та часть, на которую сократится объем положительного понятия (*a*), автоматически «приплюсовывается» к отрицательному понятию не-*a* (см. рис. 9). Поэтому, если объем положительного понятия, например разложенных веществ, *сокращается* в силу увеличения его содержания, то объем отрицательного понятия (неразложенных веществ) обязательно должен в силу этой же самой причины *возрастать*. Также происходит с любой парой взаимопротиворечащих понятий, суммарный объем которых постоянен.

Нет ли здесь нарушения закона формальной логики об обратной зависимости между объемом и содержанием понятий? Легко показать, что нет, ибо в действительности признаки «искусственными способами» (*И.*) и «химическими способами» (*Х.*) добавляются не к содержанию отрицательного понятия неразложенных веществ, а к содержанию положительного понятия разложенных веществ. Понятие неразложенного вещества (*Н.*) есть не что иное, как простой остаток («белое пятно»), образовавшийся вследствие исключения (вычитания) из общего объема понятия всех веществ вообще (*B.*) той его части, в которую входят разложенные вещества (*P.*). Символически это можно изобразить так:

$$[B.] - [P.] = [H.]$$

Короче говоря, объем «белого пятна», т. е. понятия неразложенного вещества, растет только потому, что сокращается расшифрованная часть общего объема (часть разложенных данным способом, а потому и познанных, веществ).

Таково одно из следствий логической особенности понятия элемента как неразложенного вещества.

#### 4. ЭМПИРИКО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПОНЯТИЕ ЭЛЕМЕНТА КАК СЛУЧАЙНОЕ, ИСКАЖЕННОЕ ОТРАЖЕНИЕ РЕАЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА

Нам еще осталось выяснить следующее: в каком отношении эмпирико-аналитическое понятие элемента находится к реальным химическим элементам и вообще к реальным видам материи.

Из разбора эмпирико-аналитических определений элемента в историческом разрезе естественно возникает вопрос: почему первоначально определения Лавуазье, Горбова, Фаянса и Панета так или иначе отвечали границам реальных элементов и почему в дальнейшем одно за другим они переставали отвечать этим границам? Откуда вообще возникала возможность появления подобного рода временных определений? Чтобы ответить на этот вопрос, сравним эволюцию признака неразложенного вещества с эволюцией понятия реального элемента.

Понятие реального элемента, будучи нормальным, прогрессивным, в ходе развития науки все время развивается: его объем неуклонно расширяется, а его содержание также неуклонно углубляется.

Так, например, в конце XVIII в. понятие реального элемента было еще очень бедно содержанием; к числу его признаков относились лишь некоторые свойства, свидетельствующие о металлическом и неметаллическом характере элементов по их отношению к кислороду; объем понятия реального элемента был тогда довольно узок, поскольку во времена Лавуазье были известны лишь 20 с небольшим элементов. В первое десятилетие XIX в. произошло резкое увеличение объема понятия, поскольку с 1803 по 1808 г. было открыто еще 11 новых элементов, среди них

щелочные и щелочно-земельные металлы, выделенные электрохимическим путем. Тем самым было углублено и содержание понятия реального элемента, поскольку были обнаружены новые свойства и отношения у элементов. Углубление содержания понятия реального элемента было еще большим благодаря дальнейшему развитию в то же самое время (1803—1808) атомно-химического учения, заложенного в середине XVIII в. М. В. Ломоносовым и еще раньше Бойлем. Понятие элемента обогатилось новым определяющим признаком — атомным весом.

В дальнейшем шло одновременно и расширение объема понятия реального элемента за счет открытия новых элементов, и углубление его содержания за счет открытия новых свойств, сторон и отношений у элементов (их новых признаков), среди которых особенно существенным было открытие, во-первых, спектральных свойств элементов и, во-вторых, валентности. В первом случае мы видим яркий пример того, как углубление содержания понятия закономерно влекло за собой расширение его объема: открытие спектральных свойств у элементов и построение на этой основе нового способа анализа вещества в 1860 г. немедленно привели к тому, что тогда же были открыты два новых элемента — цезий и рубидий, а спустя несколько лет были открыты тем же путем еще четыре элемента, среди них гелий, обнаруженный первоначально только на солнце (см. главу VIII).

В еще большей степени прямая зависимость между ростом объема и углублением содержания понятия реального элемента обнаружилась после открытия в 1869 г. периодического закона Менделеевым (см. главу IX) и разработки на основе этого открытия новых физических представлений об атомах в XX в., приведших к открытию и даже к синтезу новых элементов (см. главы X и XI).

Следовательно, рассмотренное в *историческом* разрезе понятие реального химического элемента обнаруживает прямую зависимость между ростом своего объема и ростом своего содержания: и то, и другое растут одновременно: объем расширяется, содержание обогащается — по мере развития науки. В этом обнаруживается закон диалектической логики, который устанавливает прямую зависимость между изменением объема и содержания естественнонаучных понятий в ходе развития науки о природе.

В самом деле: научный прогресс состоит в том, что наше познание идет и вширь, и вглубь: мы открываем все новые и новые объекты, относящиеся к исследуемому классу предметов и тем самым расширяем *объем* данного понятия; вместе с тем, открывая новые объекты, мы открываем все новые и новые стороны (признаки) у изучаемых объектов и тем самым углубляем и обогащаем *содержание* того же самого понятия. В итоге происходит эволюция понятий в сторону расширения их объема и углубления их содержания. Это — две стороны одного и того же поступательного движения нашего познания, резюмируемого в понятиях. Следовательно, здесь мы обнаруживаем более глубокую закономерность, нежели та зависимость, которую устанавливает формальная логика.

Если соответственно сказанному мы сопоставим одни и те же или разные, но связанные между собою понятия, находящиеся в разных стадиях своего развития, то более поздняя и более высокая его стадия будет характеризоваться одновременно и большим объемом, и большим содержанием по сравнению с более ранней и более низкой стадией развития понятия, как это мы показали на приведенных выше примерах. Что же касается эмпирико-аналитического понятия элемента, как неразложенного вещества, то, как мы видели, оно лишь на более или менее короткий промежуток времени делается адекватным тому понятию реального

элемента, определять которое оно призвано. До этого момента оно было шире определяемого понятия элемента, после этого момента оно стало уже его. Таким образом, адекватность эмпирико-аналитических определений элемента носит сугубо временный, условный и по существу чисто случайный характер. Она соблюдается только в одной точке, а в остальных она нарушается, и определение элемента делается то слишком широким, то слишком узким. Чем же это объясняется? Тем, что по сути дела эмпирико-аналитическое определение элемента, выдаваемое за определение химического элемента, в действительности является определением вовсе не понятия реального элемента, а совершенно другого понятия, а именно понятия неразложенного вещества. Между понятием химического элемента и понятием неразложенного вещества в действительности нет ничего общего. Они по существу несравнимы. Первое понятие выражает определенный вид материи, существующий объективно, независимо от нашего сознания; второе понятие носит субъективистский характер; оно выражает не какой-либо объективно существующий вид материи, но лишь степень развития наших экспериментальных приемов разложения вещества или относительный предел нашего проникновения вглубь материи на данный период времени с помощью тех или иных определенных аналитических приемов исследования. Но несравнимость обоих понятий временно может быть замаскирована, скрыта; более того, случайно может оказаться, что в данный момент с помощью данного аналитического приема химические элементы пока еще не могут быть разложены. Тогда они временно подходят под эмпирико-аналитическое определение элемента, но лишь потому, что в данный момент они оказываются в кругу неразложенных веществ. Точно так же случайно может оказаться и обратное, а именно, что в данный момент с помощью данного аналитического приема они уже разложены. Тогда они выпадают из эмпирико-аналитического определения элемента, причем выпадают бесповоротно, окончательно, поскольку оказываются раз и навсегда за пределами области неразложенных веществ или области белого пятна.

Таким образом, эмпирико-аналитические определения элемента являются отражением реальных элементов как бы в кривом зеркале. В определенной точке и на известный момент времени наблюдается относительно правильное отражение. Но в других точках, достигаемых в процессе развития науки, до или после указанного момента, отражение получается искаженным, и тем больше, чем дальше мы отошли от точки временного совпадения, или разнозначности, двух понятий — химического элемента ( $E$ ) и неразложенного вещества ( $x$ ).

(Признак неразложности или непознания вещества и вообще признак «белого пятна» мы будем обозначать буквой  $x$  — символом неизвестного).

Однако, несмотря на то, что в действительности никакой логической связи между тем и другим понятием не имеется, мысль химиков с давних пор связывала их между собой, считая основным признаком химического элемента его неразложность и даже его неразложимость. На аналитической стадии развития химии и ее основного понятия элемента такое связывание было не только вполне уместно, но даже необходимо, ибо иного подхода к элементу установить на той стадии было нельзя. Напротив, позднее, когда учение об элементах переросло рамки односторонне-аналитического подхода, искусственно внесенный в понятие элемента признак неразложности стал задерживать дальнейшее развитие данного понятия. Тем не менее по инерции, в силу раз установившейся и уже устаревшей традиции, позднейшие химики продолжали удерживать придуманную их предшественниками связь между понятием элемента ( $E$ )

и признаком неразложности вещества ( $x$ ), хотя с каждым новым открытием эта связь становилась все более искусственной и все яснее обнаруживалась неправомерность приписывания реальным элементам совершенно несвойственного им субъективистски толкуемого признака неразложности вещества. Итак, определяя элемент как неразложное теми или другими способами вещество, мы на самом деле определяем вовсе не химический элемент, а лишь степень развития экспериментальной техники, помогающей нам проникать вглубь материи. Следовательно, мы определяем не элемент, а совершенно иную вещь.

Схема V

Эволюция отношений между понятиями неразложного вещества и элемента

Последовательно возникавшие отношения между понятиями неразложного вещества ( $x$ ) и элемента ( $E$ )	На каком этапе данное отношение фактически устанавливалось между обоими понятиями		
	У Лавуазье	У Горбова	У Панета
1. <u>Подчинение первое</u> : ( $x$ ) включает ( $E$ ); т.е. $x \supset E$	1	1	1-4
2. <u>Равнозначность</u> : ( $x$ ) и ( $E$ ) совпадают, т.е. $x = E$	2	2-3	5
3. <u>Подчинение второе</u> : ( $x$ ) включается в ( $E$ ), т.е. $x \subset E$	3	-	-
4. <u>Пересечение</u> : область пересечения ( $x$ ) и ( $E$ ) присутствует, т.е. $x \cap E \neq 0$	4	4-5	6
5. <u>Исключение</u> : область пересечения ( $x$ ) и ( $E$ ) отсутствует, т.е. $x \cap E = 0$	5-6	6	?

Возвращаясь к схеме II, можно показать, что в ходе эволюции эмпирико-аналитических определений элемента отношения между обоими понятиями — реального химического элемента ( $E$ ) и неразложного вещества ( $x$ ) — прошли все 5 возможных объемных отношений, какие только могут существовать между двумя понятиями (см. схему V). При этом тенденция была общей: постепенно, со все большей силой обнаруживалась несравнимость обоих понятий; будучи сначала искусственно связаны между собой, они расходились в конце концов как бы «в разные стороны». Особенно наглядно с этой точки зрения протекала эволюция определения Лавуазье, которое на каждом из пяти этапов своего развития

## Эволюция понятий реального элемента и неразложимого вещества

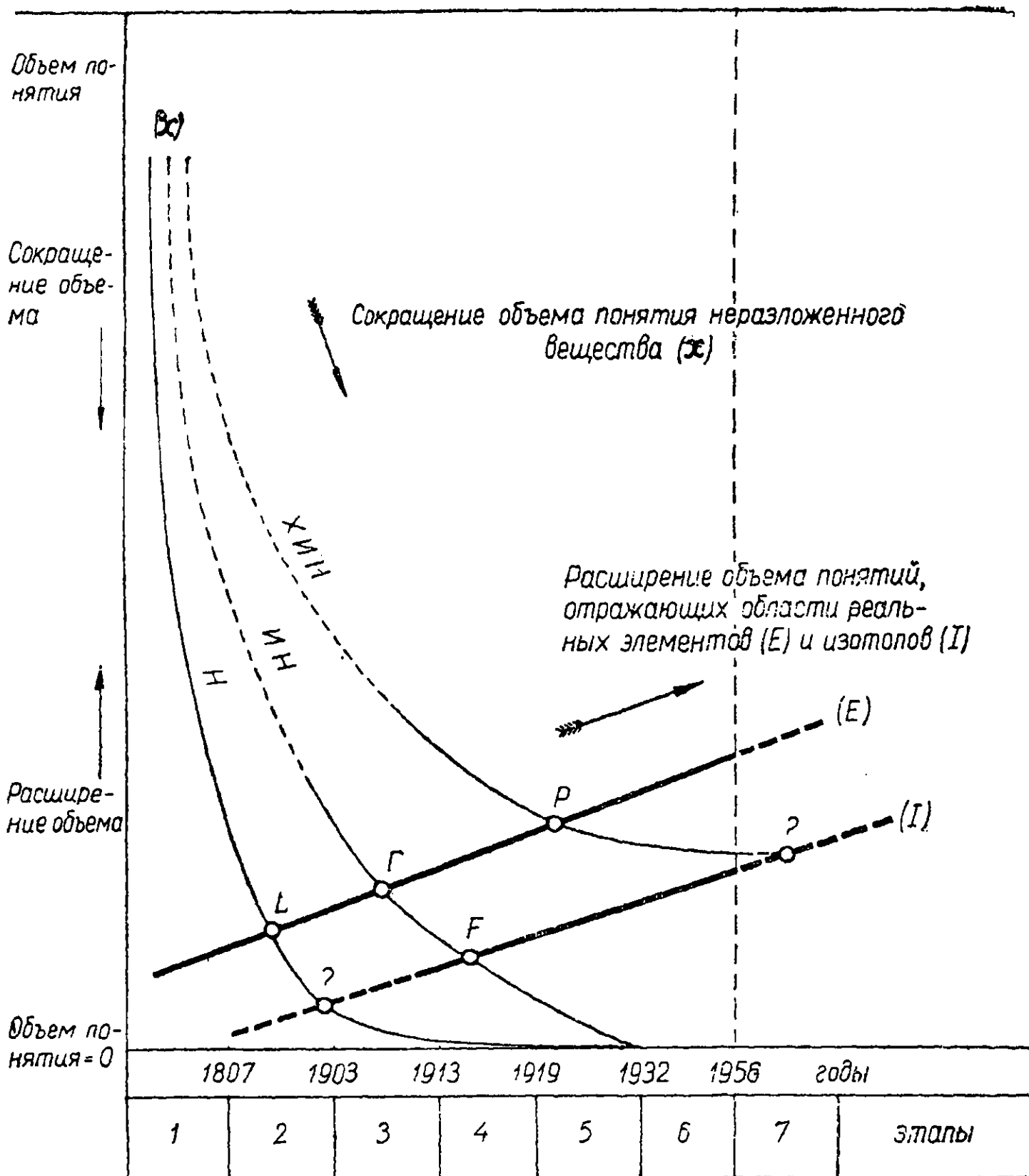


Рис. 10

приводило к установлению нового объемного отношения между двумя понятиями — элемента (E) и неразложимого вещества (x), пока не были исчерпаны все пять возможных случаев объемных отношений двух понятий (см. столбец 1 в схеме V).

Выразим графически (для наглядности) количественную сторону обоих понятий, т. е. объем действительного понятия элемента (E) и объем понятия неразложимого вещества (x); тогда можно составить условный график, показывающий, как постепенно, со временем, изме-

нялся объем обоих понятий. Для этого нанесем на оси абсцисс фактор времени (этапы и годы), а на оси ординат — объем понятий (см. рис. 10).

(Здесь, как и выше, определение Лавуазье обозначается буквой *L*, Горбова — буквой *G*, Панета — буквой *P*, Фаянса — буквой *F*.)

Обе величины — время и объем, разумеется, выражены на рис. 10 очень приближенно, без соблюдения каких-либо масштабов, с единственной целью — показать *тенденцию* в эволюции двух понятий, несвязанных внутренне логически между собой. В результате получаются два независимых ряда изменений: первый ряд — эволюция понятий реального элемента (*E*), второй ряд — эволюция понятия неразложённого вещества (*x*).

На рис. 10 первый ряд изображен двумя жирными линиями, одна из коих обозначена буквой *E* (линия элемента), другая — буквой *I* (линия изотопа); второй ряд изображен тремя тонкими линиями, из коих одна обозначена буквой *H*. (линия неразложённых веществ вообще), другая — буквами *H. И.* (линия веществ, неразложённых искусственно), третья — буквами *H. И. X.* (линия веществ, неразложённых искусственно химически). При этом, как и выше (см. схемы II, III и IV), мы характеризуем признаки, соответствующие определениям Горбова и Панета на более ранних этапах (до их введения), тонкими прерывистыми линиями (см. левые отрезки линий *H. И.* и *H. И. X.* на рис. 10). Точно так же мы обозначили жирной прерывистой линией возможный путь развития понятия изотопа до 1913 г., как если бы изотопы были открыты соответственно раньше, а так же предполагаемое развитие понятий элемента и изотопа в будущем (после 1956 г.) (см. соответствующие отрезки линий *E* и *I* на рис. 10).

Первый ряд на рис. 10 отражает постепенный рост нашего познания элементов. Поэтому соответствующие линии, выражающие тенденцию развития действительных знаний об элементах и изотопах, поднимаются вверх; это означает, что объем понятий элемента и изотопа, по мере развития науки, расширяется.

Второй ряд отражает постепенное сокращение нашего незнания неразложённых веществ. Поэтому пучок соответствующих кривых (*x*), выражающих тенденцию развития признаков неразложённости (*H.*, *H. И.* и *H. И. X.*), имеет резкий наклон вниз. Это означает, что объем понятия неразложённого вещества (*x*), по мере развития науки, резко сужается. Следовательно, оба ряда оказываются не только не совпадающими между собой, но и прямо противоположными по тенденции эволюции соответствующих понятий.

Вследствие своей противоположности оба ряда оказываются расходящимися и пересекающимися друг с другом. Важно при этом отметить, что для первого ряда (линия элементов *E*) никакого предела в увеличении объема понятия реальных элементов не существует, так как самый объект, отражаемый понятием элемента, неисчерпаем и бесконечен. Напротив, для второго ряда (линии неразложённых веществ *x*) пределом уменьшения объема понятия является открытие соответствующего способа разложения веществ. А так как любое вещество рано или поздно удастся разложить, то тем самым объем понятия (*x*), основанного на признаке неразложённости или неразложимости, рано или поздно должен сузиться до нуля, т. е. в пределе достигнет оси абсцисс. Но тогда перестает существовать и самое понятие о неразложённом веществе. На место незнания становится знание.

Сопоставляя оба ряда понятий друг с другом, мы видим, что ни в начале их возникновения, ни в конце второго ряда никакого совпадения между ними нет. Поэтому эмпирико-аналитические определения элемента оказываются в общем случае неадекватными. Лишь в некоторой про-



межуточной точке, в точке случайного пересечения обоих рядов, на один более или менее короткий момент эмпирико-аналитическое определение элемента становится временно адекватным. В этих именно точках пересечения, обозначенных на рис. 10 кружками, возникали временные эмпирико-аналитические определения Лавуазье, Горбова и Панета (для элементов) и Фаянса (для изотопов).

Однако совпадение понятий, т. е. встреча в том или другом месте обоих их рядов, отнюдь не является следствием какой-либо закономерности их собственного развития. Оно является внешним по отношению к каждому ряду и не вытекает с внутренней необходимостью из всего предшествующего его развития. Поэтому оно является совершенно *случайным* по отношению к обоим рядам. Здесь подтверждается известное положение Плеханова, что «случайность есть нечто относительное. Она является лишь в точке пересечения *необходимых* процессов»<sup>1</sup>. Являясь случайным, данное событие могло произойти так, но могло произойти иначе. Например, из развития понятия реального элемента не вытекает с необходимостью, что в данный именно отрезок времени элементы должны оказаться неразложимыми с помощью данных именно способов; поэтому линия *E* могла пересечься с рядом неразложенных веществ (*x*) в другое время и в другом месте, а при известных условиях могла не пересечь его вовсе. Последнее обстоятельство можно показать на примере понятия изотопа (линия *I*). Как уже отмечалось выше, изотопы были открыты после открытия радиоактивности. К изотопам нельзя было поэтому уже с самого начала применять определение Лавуазье, т. е. нельзя было приписать им признак полной неразложенности. Это означает, что линия неразложенных веществ (*H.*) вообще не пересекалась с линией изотопов (*I*). Однако явление изотопии могло быть открыто раньше радиоактивности, если бы, например, работы над неоднородностью неона были сделаны прежде, чем была создана теория радиоактивного распада элементов, или если бы обнаружилось еще раньше различие в атомных весах изотопов свинца. В этом случае линия изотопов (*I*) началась бы несколько раньше (на рис. 10 это показано прерывистой линией); поэтому линия неразложенных веществ (*H.*) успела бы тогда пересечь линию изотопов (*I*).

В этом случае кривая неразложенных искусственным путем веществ (*H. И.*) изменила бы несколько свое направление, сливаясь с кривой неразложенных веществ вообще (*H.*), причем определение Горбова как отличное от определения Лавуазье не возникло бы тогда вовсе.

Точно так же обстоит дело с пересечением кривой неразложенных искусственным путем веществ (*H. И.*) и линии изотопов (*I*); точке этого пересечения отвечает определение Фаянса; так как искусственная разложенность изотопов (1919) была доказана раньше, чем удалось доказать физическую неоднородность всех химических элементов, то кривая неразложенных искусственным путем веществ (*H. И.*) фактически вообще не пересекла, а как бы «перескочила» через линию изотопов (*I*). Поэтому лишь с большой натяжкой можно говорить о применимости определения Фаянса к изотопам.

Наконец, в порядке экстраполяции в будущее можно предвидеть возможность пересечения кривой неразложенных искусственно химическими способами веществ (*H. И. X.*) с линией изотопов (*I*), когда удастся химическим путем разделять любые смеси изотопов. (На рис. 10 это показано прерывистыми линиями.)

Но такое пересечение необязательно вытекает из хода развития по-

<sup>1</sup> Г. В. Плеханов, К вопросу о роли личности в истории, 1941, стр. 27

Эволюция понятия реальных «элементарных» частиц и понятия  
непревращаемого и неразлагаемого вещества

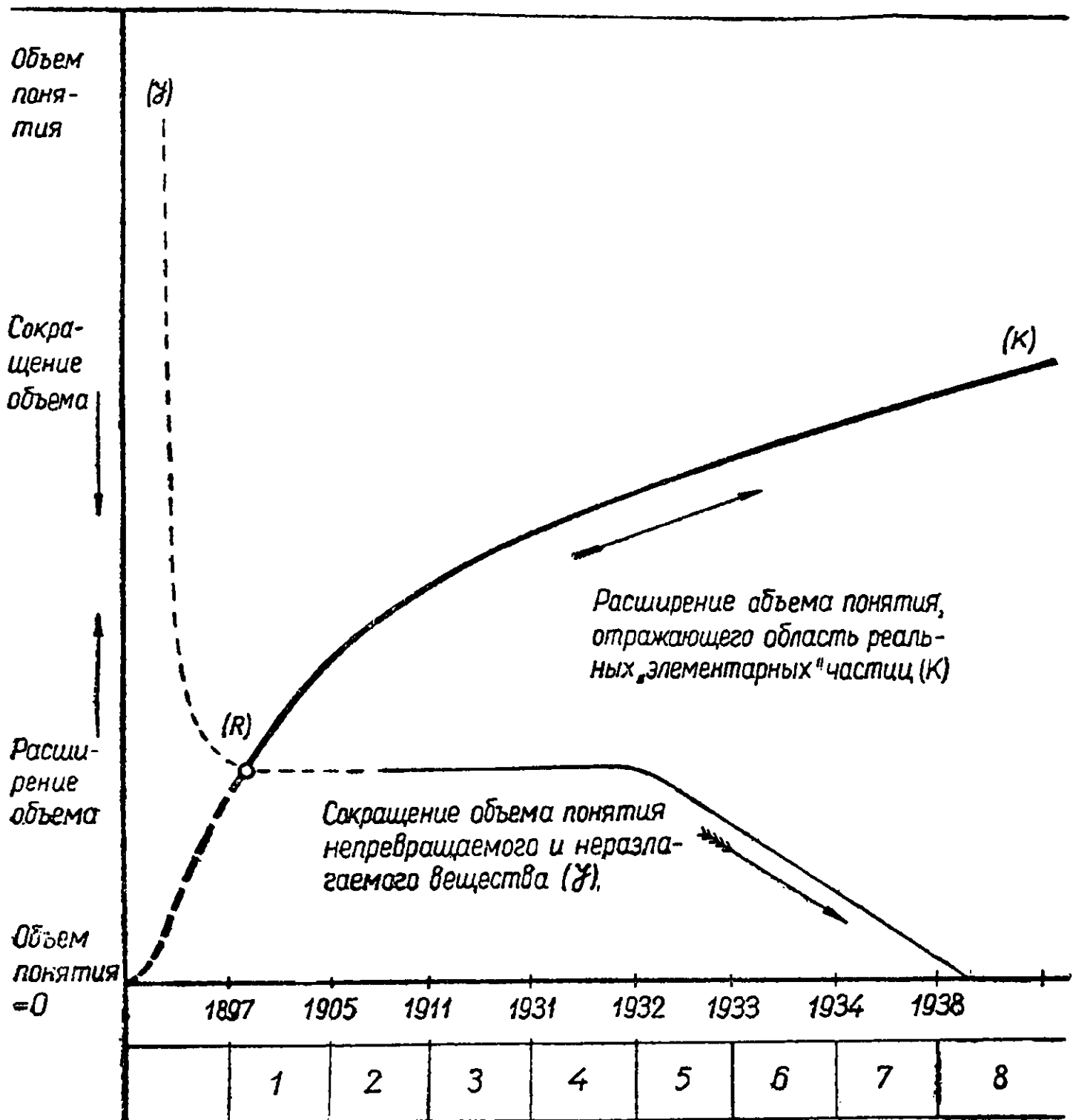


Рис. 11

ния изотопа; его наличие или его отсутствие будет так же случайно, как случайно то, что открытие дейтерия и тяжелой воды произошло после установления Панетом эмпирико-аналитического определения элемента. Не исключена была возможность, что открытие изотопов могло начаться именно с открытия тяжелой воды; тогда определение Панета вообще не могло бы возникнуть. Короче говоря, признак одного ряда понятий, связанных с неразложимостью вещества ( $x$ ), не может служить определяющим признаком для другого ряда понятий, отражающих реальные элементы и изотопы. В качестве определяющего признака понятий этого ряда может служить лишь такой признак, который носит объективный характер, т. е. связан существенно необходимым образом с самим определяемым предметом, и который, соответственно, отражен в его дей-

ствительном понятии. Для того чтобы определить предмет, надо раскрыть внутренне присущую ему необходимость или закономерность. Так именно поступает Менделеев, определяя элемент на основе периодического закона (см. главу VII). Определять же понятие элемента через установление временной точки пересечения двух независимых рядов, как это делают фактически последователи Лавуазье, значит подменять необходимое случайным и тем самым низводить необходимость до уровня чистой случайности. По существу здесь совершается та самая методологическая ошибка, которую вскрыл Энгельс, показав, что у метафизиков «необходимость снижается до уровня случайности»<sup>1</sup>.

Таково соотношение понятия неразложенного вещества ( $x$ ) с понятием реального химического элемента. Вместе с тем здесь мы находим ответ и на вопрос, почему эмпирико-аналитическое определение элемента, будучи в общем случае неверным, все же могло служить хотя бы временным определением действительных элементов.

Сказанное полностью подтверждается историей изучения «элементарных» частиц и попыток распространить на них определение Лавуазье в виде определения Рамзая, согласно которому элемент есть неразлагаемое и непревращаемое вещество; обозначим это последнее понятие через  $y$  ( $y$ , так же как и  $x$ , есть символ неизвестного).

На рис. 11 представлена параллельная эволюция объема действительного понятия «элементарных» частиц (ряд  $K$ , изображаемый жирной линией) и объема понятия непревращаемого и неразлагаемого вещества (ряд  $y$ , изображаемый тонкой линией). Так как первая «элементарная» частица — электрон — была открыта лишь в 1897 г., то на участке, изображающем предшествующее время, оба ряда понятий представлены условно, в виде прерывистых линий. Определение Рамзая ( $R$ ) хотя было выдвинуто позднее, но адекватным было лишь на первом этапе познания «элементарных» частиц. На рис. 11 оно взято поэтому в скобки.

Общая картина эволюции обоих рядов понятий на рис. 11 та же, что и на рис. 10. Поэтому и выводы здесь получаются те же.

## 5. СУБЪЕКТИВИЗМ — КОРЕННОЙ ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПОРОК СТАРОГО, ЭМПИРИКО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА

Итак, мы проанализировали с философской — логической и гносеологической — стороны эволюцию эмпирико-аналитических определений элемента и тем самым в основных чертах проследили судьбу старого понятия элемента от его возникновения до его гибели. Основной вывод, к которому мы пришли, состоит в том, что старое, субъективистское, эмпирико-аналитическое определение элемента в действительности никогда не было подлинным определением элемента, а было определением неразложенного вещества. На практике же в качестве определения элемента оно могло служить лишь постольку, поскольку сами элементы оказались временно в кругу неразложенных веществ.

Коренной порок старого, эмпирико-аналитического понятия элемента, равно как и всех его позднейших вариантов, заключается в его субъективизме: оно связывает *искусственным образом*, т. е. совершенно произвольно, понятие элемента с несвойственным ему признаком неразложенности вещества и полностью игнорирует объективные признаки элементов и прежде всего объективный закон природы, периодический закон вместе с вытекающей из него *естественной* системой элементов.

Субъективизм, присущий определению Лавуазье, был углублен и зна-

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 173.

чительно усилен в определении Горбова — Фаянса. В самом деле: естественный распад радиоактивных элементов, доказывающий, что эти элементы обладают объективным и точно измеримым свойством разлагаться и превращаться в другие элементы, было предложено не принимать во внимание именно в силу его объективного характера, независимого от воли экспериментатора. Определение Горбова — Фаянса рекомендует учитывать лишь такой распад, который может быть вызван нами искусственно, по нашему желанию, и только на такой субъективистской основе строить определение элемента как объекта химии. Следовательно, объект, характеризуемый не по его объективным признакам, а по способу нашего субъективного восприятия этого объекта и по способу нашего обращения с ним, короче говоря, объект без объективной характеристики — такова абсурдная концепция элемента, навязанная химической науке субъективистами-эмпириками.

В этой области науки, как и везде, куда бы ни проникали субъективистские установки, они нанесли огромный вред: они тормозили формирование правильных естественнонаучных представлений и теорий в области физики и химии; они искажали важнейшие пути современного развития этих наук; они вносили в учение о веществе чуждую подлинной, передовой науке антиматериалистическую тенденцию. Из предыдущего ясно, что неразложимость вещества есть синоним его непознания в самой его основе, в его сущности. Ибо нет иного пути познания внутреннего строения вещества, как только через его разложение на более простые виды материи или через превращение так называемых «элементарных» его форм одних в другие. Без этого невозможно было бы проникнуть вглубь самих химических элементов, раскрыть и, следовательно, познать их объективную природу и овладеть закономерностями, которым они подчиняются.

С философской, гносеологической точки зрения различие между веществом неразложимым и разложимым является таким же, как и различие между вещью непознанной и познанной, или, как иногда говорят, между «вещью в себе» (непознанной, но существующей вне и независимо от нашего сознания) и «вещью для нас» (т. е. той же вещью, но только познанной нами). Что же делают субъективисты? Они превращают временную, преходящую, условную границу между «вещью в себе» и «вещью для нас» в постоянный, устойчивый, безусловный признак самого объекта. Тем самым они приписывают объекту, существующему независимо от нашего сознания, то, что относится не к самому по себе объекту, а к нашему практическому умению разлагать и познавать его, к уровню развития нашего знания на сегодняшний день.

Что же получается в результате приписывания объекту наших субъективных возможностей и способностей, существующих на сегодняшний день? Ясно, что в результате этого, — хотят этого сами химики или не хотят, — объект химии ставится в зависимость от субъекта; тем самым объект химии теряет свой основной с точки зрения материалистической гносеологии признак, признак существования вне и независимо от нашего сознания, от наших экспериментальных приемов исследования, в том числе и от наших способов разложения вещества.

Между «вещью в себе» и «вещью для нас» нет никакой принципиальной грани, а есть лишь относительная, временная, преходящая грань, имеющая значение лишь с субъективной точки зрения, грань, отделяющая то, что в данный момент нами уже познано, от того, что еще не познано. «Вещь в себе» не отгорожена от «вещи для нас» ничем, кроме нашего незнания, а потому она может в принципе и должна рано или поздно на практике превратиться в «вещь для нас». В. И. Ленин пишет:

«На деле каждый человек миллионы раз наблюдал простое и очевидное превращение «вещи в себе» в явление, «вещь для нас». Это превращение и есть познание»<sup>1</sup>.

Признание того, что превращение «вещей в себе» в «вещи для нас» и есть познание, выражает не только материалистический, но вместе с тем и диалектический взгляд на само познание. Ибо такое превращение предполагает *развитие человеческого познания*. Обращаясь к читателям, Ленин указывает:

«Раз вы встали на точку зрения развития человеческого познания из незнания, вы увидите, что... миллионы наблюдений не только из истории науки и техники, но из повседневной жизни всех и каждого показывают человеку превращение «вещей в себе» в «вещи для нас...»<sup>2</sup>.

Класть в основу характеристики объекта тот признак, что данный объект пока еще остается для нас «вещью в себе», значит неоправданным образом подменять объективный подход к природе субъективистским. Возводить же этот признак в признак, присущий самому объекту, значит встать на путь явного агностицизма, на путь кантианства. Ибо это означает признать, что наша неспособность проникнуть во внутреннюю природу данного объекта является не временной, не преходящей, а принципиальной. Тем самым между «вещью в себе» и «вещью для нас» возводится искусственная перегородка и утверждается, будто «вещь в себе» в принципе не может превратиться в «вещь для нас». Ленин показывает, что всякая таинственная, мудреная, хитроумная разница между явлением («вещью для нас») и «вещью в себе» есть сплошной философский вздор. Анализируя суть довода против кантианства, Ленин пишет, что «... (1) у Канта познание разгораживает (разделяет) природу и человека; на деле оно соединяет их; (2) у Канта «*п у с т а я а б с т р а к ц и я*» вещи в себе на место живого шествия, движения знания нашего о вещах все глубже и глубже»<sup>3</sup>. В связи с этим Ленин подчеркивает, что соответствие понятий объективной сути вещей означает, материалистически говоря, их соответствие действительному углублению нашего познания мира. Далее, опираясь на известное положение диалектического материализма о превращении вещи в себе в вещь для других, изложенное Энгельсом в книге «Людвиг Фейербах», Ленин замечает:

«Вещь в себе *вообще* есть пустая, безжизненная абстракция. В жизни в движении все и вся *бывает* как «в себе», так и «для других» в отношении к другому, превращаясь из одного состояния в другое»<sup>4</sup>.

Неразлóженность данного вещества означает не только его непознанность нами, но и нашу практическую неспособность вызвать в нем те или иные изменения по нашему желанию. Неразлóженность данного вещества свидетельствует о том, что мы еще не сумели использовать тот закон природы, который управляет превращениями вещества, т. е. что мы еще не познали соответствующую объективную необходимость и не обрели еще свободы воли в этой области природы. Когда химики, придерживавшиеся определения Горбова — Фаянса, подчеркивали, что мы не могли до 1919 г. по нашему желанию вызвать искусственное превращение элементов, то по сути дела речь шла тогда о том, что необходимость природы в области радиоактивных явлений была еще для нас слепой, непознанной. Горбов и Фаянс возвели это обстоятельство в определяющий признак элемента. В итоге получалось, что пока соответ-

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 107.

<sup>2</sup> Там же, стр. 91.

<sup>3</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 65.

<sup>4</sup> Там же, стр. 83.

ствующая необходимость действует слепо, до тех пор кислород, азот и другие химические элементы объективно являются элементами. Когда же мы познаём эту необходимость и научимся вызывать ядерные реакции по нашей воле, то те же самые кислород, азот и прочие химические элементы объективно перестанут быть элементами. Объективное существование элементов оказывалось, таким образом, зависящим от того, имеется ли у нас уже свобода воли, чтобы вызывать ядерные реакции, или у нас еще ее нет. В этом рассуждении все поставлено на голову. Ведь не может же объект, существующий вне и независимо от нашей воли и нашего сознания, перестать существовать объективно только от того, что мы его познали, т. е. отразили его в нашем сознании, и что мы научились воздействовать на него и изменять его по нашему желанию, т. е. обрели в отношении него свободу действий. Утверждать противное равносильно отказу от основной гносеологической посылки материализма — от признания объективной реальности, отражаемой нашим сознанием (но отнюдь не создаваемой им!).

У сторонников определения Лавуазье получается так, что только от нашего умения зависит существование химических элементов. Допустим, что где-нибудь вне нашей планеты (на Солнце или на Марсе) мы обнаружили определенный элемент, например азот. Вплоть до того момента, пока мы не научились искусственно разлагать азот, он существовал там как химический элемент. Но стоило нам на Земле научиться его разлагать, как он перестал быть химическим элементом во всей Вселенной, в том числе на Солнце и на Марсе, хотя химические элементы за пределами нашей Земли вообще находятся вне воздействия на них со стороны человека. Выходит, таким образом, что человек по своей воле может ликвидировать элементы не только на Земле, но и на других небесных телах, не оказывая при этом никакого прямого физического воздействия на эти ликвидируемые им элементы. К такой абсурдной нелепице логически приводит субъективистская трактовка элемента в химии.

Ленин проводил параллель между превращением непознанной «вещи в себе» в познанную «вещь для нас» и превращением слепой, непознанной необходимости, «необходимости в себе», в познанную «необходимость для нас». Ленин писал: «Гносеологически нет решительно никакой разницы между тем и другим превращением, ибо основная точка зрения тут и там одна — именно: материалистическая, признание объективной реальности внешнего мира и законов внешней природы, причем и этот мир, и эти законы вполне познаваемы для человека...». И далее: «пока мы не знаем закона природы, он, существуя и действуя помимо, вне нашего познания, делает нас рабами «слепой необходимости». Раз мы узнали этот закон, действующий (как тысячу раз повторял Маркс) *независимо* от нашей воли и от нашего сознания, — мы господа природы»<sup>1</sup>.

Такова последовательно материалистическая позиция по данному вопросу. Стоя на этой позиции, следует безоговорочно отвергнуть субъективистское, эмпирико-аналитическое понятие элемента именно за его субъективизм, за его попытку поставить объект (химический элемент) в зависимость от субъекта, от воли, умения и сознания экспериментатора.

Единственно верным определением элемента может быть только такое, которое опирается на объективный закон природы, которому подчиняются все элементы и который тем самым реально определяет их объективную природу. Таким законом служит, как известно, прежде всего периодический закон Менделеева.

Итак, можно считать, что теперь полностью выявлена и доказана

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 177.

логическая и гносеологическая несостоятельность любых определений элемента, построенных на чуждом понятию элемента признаке неразложимости вещества; в связи с этим со всей силой возникает потребность в разработке нового понятия элемента и его теоретического определения, свободных от всякого субъективизма и построенных не на случайных, преходящих признаках вещества, не на наших способах его анализа, но на таких объективных существенных признаках элементов, которые вытекают из общего закона, лежащего в самом фундаменте учения об элементах,— из периодического закона Менделеева.

Еще в 1873 г. Менделеев предупреждал, что «ныне не должно и невозможно делать какие-либо точные соображения об элементах, минуя закон периодичности...»<sup>1</sup>. На примере грубых ошибок, которые допустил немецкий химик, сугубый эмпирик Раммельсберг, Менделеев показал, что игнорирование периодического закона не проходит безнаказанно. Теперь, спустя 80 лет, протекших с тех пор, как было сделано это предупреждение, слова Менделеева не только не утратили своего значения, но приобрели еще большую силу. Крушение всех без исключения попыток, направленных к тому, чтобы как-нибудь спасти старое, чуждое периодическому закону, субъективистское определение элемента, явилось ярким подтверждением слов Менделеева; вместе с тем крушение этих попыток служит назидательным уроком для тех химиков, которые думали, что можно, вопреки логике развития самой науки, удержать старые, полностью уже отжившие понятия, тогда как они, эти старые понятия, только мешают развитию новых понятий, вытекающих из менделеевского учения о периодическом законе.

В области мышления все новое, прогрессивное, развивающееся оказывается столь же неодолимым, как в области природы и общества. Как ни цеплялись некоторые метафизически и субъективистски мыслящие химики за старое определение элемента, как ни сопротивлялись они принятию нового взгляда на основной объект их науки, новые представления об элементах, опирающиеся на периодический закон Менделеева, уже прочно вошли в современную химию и физику и привели к установлению нового теоретического определения элемента.

Старое сходит в могилу, и наш логический разбор его истории явился лишь посмертным диагнозом его органических пороков, приведших его к гибели. Установить такой диагноз было необходимо, ибо в современной химии мертвое еще до сих пор держит живое: новое понятие элемента, несмотря на всю свою прогрессивность, не свободно от недостатков, коренными из них являются родимые пятна, унаследованные от старого, отмирающего, субъективистского понятия элемента.

Для того, чтобы освободить новые представления от этих родимых пятен, потребовалось провести детальное исследование эволюции старого понятия элемента от его начала и до его конца. Теперь будет легче очистить новое, объективное по своему содержанию понятие элемента от всех пережитков старого, субъективистского понятия. В этом и была основная цель первой части нашей работы, посвященной эволюции понятия элемента в химии.

---

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 247.



**Часть вторая**

**ЭВОЛЮЦИЯ  
АТОМНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОГО  
ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА  
В ХИМИИ**



## Глава VII

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИАЛЕКТИЧЕСКОЙ ЛОГИКИ В ИХ ПРИМЕНЕНИИ К РАЗВИТИЮ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ

Во второй части нашей работы мы рассматриваем эволюцию объективного по содержанию атомно-теоретического понятия элемента. Такое понятие элемента, в отличие от рассмотренного в первой части работы эмпирико-аналитического понятия, опирается в общем случае не на признак неразложённости или неразложимости вещества, а на представление о его дискретном, атомистическом строении. Однако, как увидим далее, на первых этапах своего развития атомно-теоретическое понятие элемента как совокупности *неделимых* атомов определенного вида могло согласовываться и согласовывалось с его эмпирико-аналитическим определением как *неразложимого* вещества. Но в дальнейшем, по мере развития науки, такая согласованность оказалась кажущейся; она была нарушена, и оба понятия элемента — атомно-теоретическое и эмпирико-аналитическое — не только разошлись, но пришли в непримиримое противоречие друг с другом.

Атомно-теоретическое понятие элемента в химии прошло две основные стадии в своем развитии; этому отвечают два главных периода в его истории — (I) с момента его создания Робертом Бойлем в 1661 г., М. В. Ломоносовым в 1741 г. и Джоном Дальтоном в 1803 г. до открытия периодического закона («доменделеевский» период), и (II) с момента открытия периодического закона Д. И. Менделеевым в 1869 г. до нашего времени («менделеевский» или современный период). Первому периоду отведена VIII глава нашей работы, второму периоду как главному — дальнейшие четыре главы второй части нашей книги.

Сразу же подчеркнем, что в первый период своего развития атомно-теоретическое понятие элемента было связано прежде всего с так называемыми стехиометрическими законами химии; оно являлось их теоретическим предвосхищением (до конца XVIII в.) и их теоретическим обобщением (с начала XIX в.). Во второй, ныне переживаемый период своего развития атомно-теоретическое понятие элемента было связано и остается связанным до сих пор прежде всего с периодическим законом Менделеева, как своей основой. Поэтому мы, как уже говорилось выше, будем именовать современное атомно-теоретическое понятие элемента *менделеевским*.

Чтобы рассмотреть эволюцию атомно-теоретического понятия элемента и прежде всего менделеевского понятия элемента с точки зрения диалектической логики, нам нужно будет для этой цели предварительно

выяснить следующие вопросы (из них третий и четвертый вопросы отчасти были уже рассмотрены в первой части книги):

- 1) в чем сущность определения физико-химического понятия через закон?
- 2) в чем специфика определений весьма широких, соотносительных понятий?
- 3) в чем сущность исследования эволюции физико-химического понятия со стороны его объема и содержания?
- 4) в чем источник развития и критерий правильности физико-химических понятий?
- 5) в чем сущность трактовки физико-химических понятий и всего познания вещества как развивающихся путем противоречий?

## 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ПОНЯТИЯ ЧЕРЕЗ ЗАКОН

Как мы уже отмечали, атомно-теоретическое понятие элемента было связано с объективными физико-химическими законами — со стехиометрическими законами в первый период своего развития, с периодическим законом — во второй период. Более того, как будет показано в следующих главах, самое определение данного понятия давалось не только в связи с упомянутыми законами, но на их основе, с их помощью, через них. Из всего этого возникает общий вопрос: что означает выражение — определить понятие через закон?

Определить какое-либо понятие — это значит раскрыть его содержание путем установления его существенных признаков. Но не всегда можно точно охарактеризовать те признаки, которые являются существенными, а стало быть, могут служить определяющими. Однако обычно, когда определение сводится к подведению данного понятия (видового) под какое-либо более широкое понятие (родовое), эта трудность практически преодолевается тем, что родовое понятие предполагается уже данным и все определение сводится к указанию лишь отличительного, видового признака у определяемого понятия.

Например, определяя щелочные металлы как металлы, обладающие наибольшей химической активностью, мы предполагаем родовое понятие «металл» уже определенным заранее. Точно так же, определяя сильные металлы как химические элементы, атомы которых способны ионизироваться только положительно (т. е. терять валентные электроны), мы предполагаем родовое понятие «химический элемент» заранее уже определенным. Но этот формально-логический прием оказывается неприложимым в случае наиболее широких физико-химических понятий, т. е. наиболее общих категорий естествознания, которые не поддаются простому подведению под какое-либо родовое естественнонаучное понятие вследствие отсутствия такового, по крайней мере в пределах данной отрасли знания. Это наблюдается, например, во всех случаях, когда речь идет об определении понятия, отражающего основной объект той или иной естественной науки. Ведь сама данная наука определяется через ее основной объект.

Каким же образом, в свою очередь, можно определить этот объект? Для этого остается один путь: рассмотреть соответствующее понятие, отражающее основной объект данной науки, в соотношении с какими-то другими, столь же широкими понятиями, т. е. определить его, но не как включенное в более широкое естественнонаучное понятие, а как соотношенное с каким-либо однопорядковым с ним понятием. Тогда границы данного понятия в его связи и соотношении с другим понятием могут служить его определяющим признаком. Здесь могут нам оказать неоценимую услугу замечания В. И. Ленина о сущности и о развитии научных понятий. Отмечая, что определение в широком смысле слова означает

раскрытие отношений между анализируемыми понятиями, Ленин делает такую запись: «Оценка мыслей: богатство определениями и следовательно отношениями»<sup>1</sup>.

Несколько далее Ленин записывает: «Первая отличительная черта понятия — всеобщность...»<sup>2</sup>. Что же может быть признано однопорядковым с понятием объекта данной физико-химической науки в смысле обладания той же его отличительной чертой — всеобщностью? Ответ на это мы находим в диалектической логике. «Форма всеобщности в природе — это закон...»<sup>3</sup>, — пишет Энгельс. Таким образом, возникает вопрос о соотношении между понятием объекта данной науки и понятием закона как возможной основе, на которой можно попытаться построить определение данного понятия. Но для этого необходимо, чтобы знание закона способствовало установлению существенных признаков понятия и, следовательно, помогало раскрытию сущности самого объекта, отражаемого данным понятием.

У Ленина мы находим по этому поводу ряд чрезвычайно глубоких замечаний, в которых дается ответ на интересующий нас вопрос. Прежде всего Ленин записывает:

«Закон есть существенное явление». И далее: «Движение универсума в явлениях..., в сущности этого движения, есть закон». Против этого места Ленин ставит и подчеркивает нота-бене и пишет: «(Закон есть отражение существенного в движении универсума)». Здесь же Ленин делает общий вывод «Еrgo, закон и сущность понятия однородные (однопорядковые) или вернее, одностепенные, выражающие углубление познания человеком явлений, мира etc.»<sup>4</sup>.

В соответствии с этим можно принять, что раскрытие сущности объекта, отражаемого данным понятием и, в частности, установление существенных, в том числе и определяющих, признаков этого понятия может быть достигнуто через исследование соответствующего закона природы, с которым, или точнее сказать — с понятием которого, соотносится данное, определяемое нами понятие.

Итак, если разбираемое понятие резюмирует содержание определенного закона, то это означает, что существенные признаки этого понятия выражают собою в обобщенном виде то существенное, главное, что заключено в данном законе. Собственно говоря, именно поэтому и только поэтому разбираемое понятие и можно определить «через закон», т. е. через выяснение тех основных признаков, которые вытекают из данного закона или которые определяются данным законом.

В другом месте Ленин своими заметками также помогает найти искомое решение вопроса и обосновать его с позиций диалектической логики. Научное познание предполагает: изучение данного конкретного явления с различных его сторон; придание формы абстракции отражению его отдельных сторон; выделение рода или закона. В связи с этим Ленин подчеркивает общность понятий «род» и «закон»: «род = закон!»<sup>5</sup>. Здесь понятие «род» употреблено не в формально-логическом смысле как более общее и широкое понятие, имеющее в качестве подчиненных ему какие-то более частные и узкие, видовые понятия, но несколько в другом смысле, а именно: имеется в виду отношение понятий, отражающее собою подчинение отдельных объектов природы (вещей и явлений данного рода) общему закону. Разумеется, что данное отношение

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 91.

<sup>2</sup> Там же, стр. 151.

<sup>3</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 186.

<sup>4</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, стр. 127.

<sup>5</sup> Там же, стр. 206.

нельзя представить себе наподобие обычного включения объема понятия «металл» в объем понятия «химический элемент». Подчиненность отдельных явлений и вещей природы общему закону дает возможность (не с формально-логической точки зрения, а по существу) говорить о том, что отношение между ними подобно по своему характеру отношению подчинения вида роду или закону. Отсюда следует, что в тех случаях, когда мы имеем дело с таким широким понятием, для которого нельзя подыскать соотносительного ему родового понятия, трудность его определения может быть преодолена путем подведения отражаемого им объекта под общий закон и в этом условном смысле определить его через род, т. е. через закон природы, понимаемый как своеобразный «род» вещей или явлений.

Все такие определения физико-химических понятий мы будем называть «определениями через закон». Примерами подобных определений могут служить следующие: определение понятия энергии в физике через закон сохранения и превращения энергии; понятия фазы в химической термодинамике через закон гетерогенного физико-химического равновесия веществ, обычно именуемый «правилом фаз» Гиббса; понятия дальтонида и бертоллида через законы физико-химического анализа Н. С. Курнакова; понятие иона через законы электролиза; понятие массы в механике через аксиомы Ньютона и его закон всемирного тяготения, а в современной физике — через закон взаимосвязи массы и энергии, открытый Эйнштейном.

Хорошим примером определения физико-химического понятия «через закон» может служить понятие идеального газа. Это понятие целиком вытекло из основных газовых законов — *Бойля-Мариотта, Гей-Люссака и Дальтона*; обычное его определение гласит, что «идеальный газ это такой газ, который в точности подчиняется законам так называемых идеальных газов», т. е. вышеназванным законам. Подобно этому современное понятие элемента может быть определено через общий закон, которому подчинена совокупность всех химических элементов. Таким законом является периодический закон Менделеева. Отсюда задача определения современного понятия элемента сводится к раскрытию соотношения между понятием элемента и конкретным выражением периодического закона, каковым служит периодическая система элементов Менделеева.

Заметим, что до сих пор многие химики так или иначе связывали определение элемента с определенным законом, но не с периодическим законом, а с так называемым законом сохранения элементов. Такова точка зрения Оствальда, Панета и других химиков. Панет, например, говорил в 1934 г., что совершенно так же, как установление понятия об импульсе основано на законах «сохранения энергии» и «сохранения импульса», так и принятие 89 химических элементов оправдывается законом «сохранения элементов при всех химических превращениях»<sup>1</sup>. Все это рассуждение построено на грубой ошибке, так как никакого закона «сохранения элементов» в действительности не существует.

Разумеется, что правильное, научное определение физико-химического понятия должно строиться на основе действительно объективного закона природы, но отнюдь не на основе мнимого, вымышленного, несуществующего «закона».

Такова общая постановка вопроса. Но она нас не может еще вполне удовлетворить, ибо остается невыясненным, что нужно понимать под раскрытием соотношения между определенным физико-химическим по-

<sup>1</sup> Труды Юбилейного Менделеевского съезда, т. I, 1936, стр. 147.

нятием и понятием соотносительного с ним закона, другими словами, каким именно образом закон может послужить основой для установления существенных, в том числе и определяющих, признаков понятия.

Ответ на это дают работы Ф. Энгельса и В. И. Ленина. Закон выражает частицу, или сторону, всеобщей связи явлений природы. Подлежащие определению отдельные объекты, будучи рассмотрены с точки зрения общего закона, которому они подчиняются, могут быть расположены в определенной последовательности, образуя собою некоторый закономерный ряд вещей или явлений. Такой естественный ряд объектов, т. е. их естественная система, служит конкретным выражением данного закона, ибо общее (закон) существует только в отдельном и через отдельное, выражая необходимую связь между отдельными объектами, присущий им внутренний порядок. В свою очередь каждый отдельный объект, заняв отведенное ему «место» в общем ряду всех закономерно связанных объектов, тем самым обнаруживает свою подчиненность общему закону.

Таким образом, с практической точки зрения вопрос о раскрытии существенных отношений у определяемого объекта, соответствующих данному определенному закону, сводится прежде всего к определению «места» объекта в общем естественном ряду объектов, подчиненных этому закону. В таком случае отдельные объекты перестают считаться только отдельными, обособленными друг от друга, а рассматриваются как члены единого, общего ряда. Тогда познание их и, следовательно, их определение в соответствии с данным законом природы сводится к указанию их *места* в общем ряду процессов и предметов природы, составляющем их естественную систему. Энгельс говорит в связи с этим, что заполнение ряда между двумя до крайности различными вещами позволяет нам «указать каждому члену ряда свое место в системе природы и таким образом *познать их*»<sup>1</sup>.

Так, например, в органической химии, как указывает Энгельс, «значение какого-нибудь тела...не зависит уже просто от его состава, а обусловлено скорее его положением в том *ряду*, к которому оно принадлежит»<sup>2</sup>.

По отношению к современному понятию элемента таким соотносительным с ним общим рядом объектов (элементов) служит периодическая система элементов, построенная Менделеевым на основе открытого им периодического закона. В связи с этим познание элементов, раскрытие их сущности, а следовательно, и их определение должны строиться в первую очередь не на указании каких-либо их единичных, специфических для каждого элемента в отдельности, свойств и признаков, а на установлении *места* каждого отдельного элемента в общей системе (ряду), охватывающей закономерно все элементы.

Определение отдельного элемента через то *место*, которое он занимает в общей системе Менделеева, не является простой формально-логической дефиницией; оно имеет глубоко диалектический характер. Такое определение строится на основе диалектической логики, ибо в нем отдельное определяется, исходя из его единства с общим, следовательно, на основе взаимосвязи противоположностей, поскольку общее противоположно отдельному. Определение элемента через *место* элемента в менделеевской периодической системе элементов имеет в качестве своей основы соотношение общего и отдельного, которое было раскрыто В. И. Лениным в его знаменитом фрагменте «К вопросу о диалектике».

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 185.

<sup>2</sup> Там же, стр. 237.



Диалектику соотношения отдельного и общего Ленин характеризует указанием на то, что противоположности (отдельное противоположно общему) взаимосвязаны, более того, что они тождественны:

«Отдельное не существует иначе, как в той связи, которая ведет к общему. Общее существует лишь в отдельном, через отдельное. Всякое отдельное есть (так или иначе) общее. Всякое общее есть (частичка или сторона или сущность) отдельного. Всякое общее лишь приблизительно охватывает все отдельные предметы. Всякое отдельное неполно входит в общее и т. д. и т. д.»<sup>1</sup>.

Определение отдельного (элемента) через общее (через его место в системе элементов, т. е. через общую систему элементов) является конкретизацией только что приведенного положения диалектической логики.

Нам осталось выяснить, какие же признаки у объектов и соответствующих им понятий следует считать определяющими при определении понятия «через закон». Очевидно, что те признаки, которые *однозначно указывают место объекта в общей системе вещей и процессов природы*. Таким образом, применительно к определению элемента, задача сводится к отысканию у отдельных элементов таких свойств и отношений, которые указывали бы однозначно их место в менделеевской периодической системе элементов. Установив такие признаки, мы одновременно находим место данного элемента в системе Менделеева и тем самым определяем его, как элемент, через общий (периодический) закон.

Как же соотносятся между собою обоюродные логические определения, даваемые через род и видовое отличие и даваемые «через закон»? Рассмотрим этот вопрос подробнее.

В основе обычного определения через род и видовое отличие лежит разделение всех свойств определяемых объектов и всех признаков соответствующих им понятий на общие, родовые свойства, присущие всем объектам и отражаемые в признаках всех данных понятий, и частные, видовые свойства, присущие только некоторым (или единичным) объектам и отражаемые в признаках только этих частных (или единичных) понятий. В таком случае можно составить общее, родовое понятие, включив в него совокупность общих, родовых признаков; далее, от этого родового понятия можно переходить к любому соответствующему ему частному, видовому понятию, добавляя к совокупности общих, родовых признаков ту или иную группу частных, видовых признаков.

Так именно поступает формальная логика, когда она определяет: химическое вещество<sup>2</sup> через род («вещество») и видовое отличие («химическое»); химический элемент — через род («химическое вещество») и видовое отличие («химически неразложимое»); металл через род («химический элемент») и соответствующее видовое отличие; щелочные металлы через род («металл») и видовое отличие («химически наиболее активные»); литий через род («щелочной металл») и видовое отличие («самый легкий») и т. д.

В каждом из перечисленных только что случаях родовое понятие образовано совокупностью существенных признаков, общих для всех объектов, входящих в данную группу (веществ, химических веществ, хи-

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, стр. 329.

<sup>2</sup> Под «химическим веществом» обычно понимаются химические простые вещества, образованные одним химическим элементом, и химически сложные вещества, образованные соединением двух или более элементов. Этим химическое вещество отличается от других видов вещества, например, от вещества атомных ядер («ядерного вещества»), электронов и т. д., которое уже не представляет собою «химического вещества».

мических элементов, металлов, щелочных металлов). Добавляя к этой совокупности отличительный признак ближайшего вида (отличающий этот вид от других видов, входящих в тот же род), мы получаем соответствующее видовое понятие, которое оказывается родовым по отношению к следующему, ближайшему к нему видовому понятию. Это хорошо известно из любого курса формальной логики.

Однако такой формально-логический прием допустим лишь в том случае, когда речь идет на самом деле — по существу, а не только по форме — об определении через род и видовое отличие, т. е. в том случае, когда все свойства определяемых предметов и соответствующих им признаков понятий можно мысленно подразделить на общие (родовые) и частные (видовые). В других, более сложных случаях, когда предмет определяется не путем такого мысленного расчленения его свойств на общие и частные, а путем раскрытия его связей и отношений с другими предметами или «через общий закон», охватывающий весь данный круг предметов, основой определения служит уже совершенно иной логический прием; этот прием изучается уже не формальной логикой, которая имеет дело лишь с простейшими отношениями между понятиями, а диалектической логикой.

Возьмем, например, ленинское определение материи как объективной реальности, данной нам в ощущениях. Подходя формально, можно в этом определении найти и «род» («реальность») и «видовое отличие» («объективная, данная нам в ощущениях»). Но такой подход абсолютно ничего не дает в данном случае, ибо для таких предельно широких в области гносеологии понятий, как материя и сознание, общее, родовое понятие, предполагающее существенные свойства, общие у материи и у сознания, отсутствует; если же подойти к вопросу формально и счесть в данном случае за родовое понятие, скажем, понятие «реальность» или «философская категория», то этим самым будет выхолощено самое существо подлинно научного определения материи и сознания, основанного на раскрытии их отношения друг к другу, т. е. на указании, которое из них берется за первичное, которое — за вторичное.

Рассмотрим следующее определение материи: материя есть философская категория для обозначения объективной реальности, данной нам в ощущениях. Но ведь и сознание, дух есть также философская категория, введенная, однако, для обозначения того, что является вторичным, производным от материи. На этом формальном основании можно было бы заключить, что понятие «философская категория» есть понятие родовое по отношению к категориям «материи» и «сознания» и что по этой причине ленинское определение понятия материи есть типичное определение через род и видовое отличие.

На самом же деле, конечно, как это показал сам Ленин, ничего похожего в приведенном выше определении материи на определение через род и видовое отличие нет. Все существенные признаки определяемого понятия (материи) сосредоточены только в его «видовом отличии», вернее — в его противопоставлении другому, связанному с ним понятию (сознания), в его сопоставлении с этим последним.

То же касается и определения понятий «через закон». Рассмотрим в связи с этим определение элемента, данное А. А. Яковкиным: «Элемент представляет собою вещество, которому отвечает определенное место в системе Менделеева»<sup>1</sup>. Как увидим далее, это определение совпадает с приведенным ниже определением (II) (см. главу IX, раздел 2). В. И. Спицын и Н. И. Флеров совершенно неосновательно назвали эту формули-

<sup>1</sup> А. А. Яковкин, Учебник общей химии, т. I, 1934, стр. 43.

ровку «неудачной, основанной на формальном признаке»<sup>1</sup>. В действительности, Яковкин указал в своем определении глубоко содержательный признак элемента, выступающий по-настоящему как определяющий признак элемента.

Сопоставим с только что приведенным определением Яковкина обычное эмпирико-аналитическое определение элемента, гласящее: «элемент представляет собою вещество, которое не разлагается химическими способами». При формальном рассмотрении обоих определений можно прийти к явно ложному выводу, будто основа старого понятия, выраженная в совокупности родовых признаков («элемент представляет собою вещество»), сохраняется полностью в новом понятии и является общей как для старого, неверного понятия элемента, так и для нового, единственного правильного его понятия. Далее можно прийти к выводу, будто различие обоих определений — нового и старого — «только» в частности, в указании на частные признаки, составляющие видовое отличие понятия элемента: вместо «которое не разлагается химическими способами» теперь стоит «которому отвечает определенное место в системе Менделеева». Но в этом «только» и заключена вся суть дела, которая при формальном подходе относится к частностям, к видовым отличиям, а не к самой основе определяемого понятия. Между тем ясно, что по существу эмпирико-аналитическое определение элемента есть типичное определение через род («вещество») и видовое отличие («неразложенное» или «химически неразложенное») и что образуется оно путем чисто эмпирической группировки всех веществ на уже разложенные (значит, сложные) и еще неразложенные (значит, элементарные). Здесь признаки «разложенный» и «неразложенный» являются в подлинном смысле этого слова видовыми отличиями двух групп веществ.

Совершенно иную картину представляет собою определение элемента, данное Яковкиным. Все его содержание, все его существо заключено именно в этом признаке, который формально выглядит как признак видового отличия; этим признаком является утверждение о том, что элементу «отвечает определенное место в системе Менделеева». Основой определения здесь служит не группировка веществ на такие вещества, которым отвечает или не отвечает определенное «место» в системе, а раскрытие отношения между отдельным (элементом) и общим (системой Менделеева и лежащим в ее основе периодическим законом). Указание на «место» в системе и есть логическая форма, при помощи которой раскрывается эта связь между отдельным и общим; другими словами, указание на «место» в системе Менделеева как на определяющий признак элемента есть форма определения понятия элемента «через закон».

Таким образом, оба определения элемента — эмпирико-аналитическое и данное Яковкиным — сходны по своей структуре лишь с формально-логической точки зрения; по своему же существу они оказываются совершенно различными и несравнимыми между собою: первое из них есть типичное определение через род и видовое отличие, второе — столь же типичное определение «через закон».

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСЬМА ШИРОКИХ, СООТНОСИТЕЛЬНЫХ ПОНЯТИЙ И ЕГО ОТЛИЧИЕ ОТ ЛОГИЧЕСКОГО КРУГА

Если рассматривать прием определения понятия через закон с точки зрения одной только формальной логики, то легко можно прийти к выводу, что такой прием основан на логическом круге, т. е. является не-

<sup>1</sup> «Успехи химии», т. VI, 1937, стр. 1719.

состоятельным в принципе с логической стороны. В самом деле: для того чтобы определить, например, понятие энергии через закон сохранения и превращения энергии, казалось бы совершенно необходимо уже заранее знать, что такое энергия, т. е. предполагать определенным то, что еще только предстоит определить. Ведь закон, на основании которого мы собираемся строить свое определение, касается именно энергии, и в его формулировку и даже в самое его название входит понятие и термин «энергия». Следовательно, здесь, несомненно, налицо имеется логический круг, если, повторяем, к этому вопросу подходить исключительно с формально-логической точки зрения.

То же самое в точности получится у нас и в случае любого другого определения понятия через закон: например, определять понятие фазы через правило фаз, значит, казалось бы, определять фазу через фазу, т. е. явно и недвусмысленно впадать в логическую ошибку, именуемую логическим кругом.

Совершенно аналогичное положение создается и в случае определения понятия «химический элемент» через периодический закон химических элементов. Никакими формальными ухищрениями здесь не удалось бы элиминировать понятие элемента из формулировки периодического закона, ибо вся суть определения понятия через закон в том и состоит, что взятый закон есть закон определяемого предмета или понятия, в котором данный предмет отражен. Если бы дело обстояло иначе, то определение данного понятия через соответствующий закон было бы вообще лишено всякого смысла. Ведь вся суть такого рода определений в том и заключается, что при помощи данного логического приема раскрывается содержание закона, касающегося определяемого предмета; затем, когда содержание закона полностью раскрыто, оно резюмируется в форме понятия или в форме логического определения данного понятия. Иначе говоря, содержанию закона придается определенная логическая форма, т. е. форма понятия или его определения. По этой-то именно причине было бы бессмысленно ставить задачу устранить, якобы во избежание логического круга, определяемое понятие из формулировки закона, через который мы предполагаем определять данное понятие. Наличие этого понятия в формулировке закона не есть признак слабости, а тем более логической несостоятельности данного определения, а как раз наоборот — есть признак его силы, его логической строгости.

В приведенном случае со всей ясностью выявляется существенное различие между формально-логическим и диалектико-логическим подходом к определению научных понятий. Для формальной логики достаточным признаком образования логического круга является то, что определяемое понятие фигурирует в том положении, через которое и при помощи которого мы собираемся определять это понятие. Действительно, ведь для того, чтобы сформулировать периодический закон, через который мы затем предполагаем определить понятие элемента, надо уже заранее знать, что такое элемент, поскольку периодический закон есть закон химических элементов, а периодическая система есть опять-таки система химических элементов. Следовательно, определять элемент через периодический закон, это все равно, как если бы мы определили элемент как элемент, например, сказав, что химический элемент есть основа химически элементарного вещества. Именно так получается, если к этому вопросу подойти с формальной точки зрения, свойственной формальной логике.

Совершенно иначе, однако, дело выглядит, если мы подойдем к данному вопросу не формально, не абстрактно, а с позиций диалектической логики, т. е. конкретно, вскрывая *содержание* производимой логической

операции. В связи с этим прежде всего поставим вопрос: в чем порочность определений, приводящих к образованию логического круга? Порочность их состоит в том, что они дают лишь видимость определения, т. е. раскрытия содержания определяемого понятия, а в действительности оставляют мысль вращаться в одной и той же плоскости, не продвигая нас ни на шаг вперед в смысле более точного знания существенных признаков определяемого предмета или понятия о нем.

Например, сказав, что элемент есть основа элементарного вещества, мы не продвинулись вперед ни на одну иоту в смысле выяснения того, что же собой представляет элемент; все, что мы добавили к слову «элемент», уже заключалось в неявном виде в исходном термине «элемент», который нам еще только предстояло определить. В таком случае наше «определение» («элемент есть основа элементарного вещества») свелось на деле лишь к тому, что мы другими словами сказали то же самое, что уже знали с самого начала, не прибавив к нашему знанию ничего нового, существенного.

Напротив, когда мы определяем элемент через периодический закон, то это определение является раскрытием глубочайшего содержания понятия элемент, раскрытием наиболее важных, общих и существенных его признаков, т. е. определением в самом высшем смысле слова. Это и понятно, ибо всякий закон есть выражение существенного в вещах и явлениях, причем такое выражение, которое дается как бы в концентрированном виде, что особенно важно, когда речь идет о научном определении, о чем уже говорилось в предыдущем разделе этой главы. Если так, то связывание определяемого понятия с соответствующим ему законом есть действительно путь к раскрытию наиболее существенных признаков данного понятия, а тем самым и путь к его подлинно научному определению.

Сравнивая два определения — 1) элемент есть основа элементарного вещества и 2) определение элемента через периодический закон, — мы легко обнаружим принципиальное различие между ними. Первое определение ошибочно и содержит логический круг, ибо не дает нам никаких указаний на существенные отличительные признаки элемента. Второе же определение вполне правильно и не содержит по существу никакого логического круга, ибо раскрывает наиболее существенные, а значит и определяющие признаки элемента, ставя его в связь с основным законом, охватывающим все химические элементы. Первое определение порочно потому, что не выводит нашу мысль за пределы данного, уже известного, а заставляет ее скользить по одной и той же поверхности, постоянно возвращаясь к исходному знанию. Ничего похожего нет при втором определении, которое кладет начало проникновению нашей мысли в самую суть элемента, в самое его существо.

Не может быть никакого сомнения в том, что только после открытия периодического закона понятие химического элемента впервые стало на твердую почву; элементы с этих пор стали рассматриваться не как случайное скопление такого-то числа неразложенных пока еще веществ, но как совершенно определенное число основных видов вещества, закономерно связанных между собой и образующих нечто целое, единое, где каждый отдельный элемент во всех своих наиболее существенных свойствах и отношениях определяется необходимым образом через общую закономерную его связь со всеми остальными элементами, т. е. через совокупность всех элементов, охваченных общим законом природы — периодическим законом.

Вот почему нельзя ставить на одну доску пустые «определения», содержащие логический круг и не дающие никакого нового знания с

предмете, и глубоко содержательные, подлинно научные определения, которые лишь с формальной, поверхностной точки зрения кажутся содержащими логический круг. В действительности же они, конечно, никакого круга по существу не содержат, а, напротив, могут служить классическим образцом отрицания и преодоления какого бы то ни было логического круга.

Следует отметить, что кажущееся наличие логического круга в определении понятий через закон проистекает исключительно оттого, что при формулировке соответствующего закона совершенно необходимо бывает указывать на то, что этот закон относится именно к данному, определяемому нами понятию, а не к каким-либо другим понятиям или предметам.

Следовательно, прием определения понятия через закон можно более пространно охарактеризовать так: для того чтобы определить данное понятие или данный предмет, необходимо вывести его наиболее существенные отличительные признаки из содержания того общего закона, который выражает сущность предметов, отражаемых данным понятием. Очевидно, что при таком способе определения понятия через закон отпадает всякая возможность усмотреть здесь даже намек на образование логического круга.

Определение понятий через закон представляет собою частный случай определения соотносительных понятий вообще, в том числе и предельно широких понятий. В самом деле: определение понятия через закон сводится к выяснению отношения между этим понятием и соответствующим законом. При определении же предельно широких, в рамках данной науки, понятий выяснение их отношений между собой является единственно возможным, ибо в таких случаях вообще недопустимо определение через род и видовое отличие. Поскольку этот вопрос имеет самое близкое касательство к разбираемой нами проблеме определения понятий через закон, рассмотрим подробнее, в чем состоит прием определения соотносительных понятий через раскрытие отношения между ними.

Подобно тому, как определение через закон на первый взгляд производит впечатление логического круга, такое же впечатление получается и в случае любого определения соотносительных понятий через раскрытие отношения между ними. Однако, как уже говорилось выше, логический круг в действительности возникает лишь в тех случаях, когда два понятия определяются одно через другое так, что при этом не раскрывается их содержание, их необходимое, внутреннее соотношение, а все дело сводится лишь к тому, что одно неизвестное, неопределенное подменяется другим, столь же неизвестным и неопределенным, и наоборот, — второе первым.

Примером такого рода логического круга может служить определение химии как науки о химических превращениях вещества: для того, чтобы установить, что следует понимать под химическими превращениями вещества, необходимо уже заранее знать, что такое «химический», а значит заранее знать и то, что такое химия. Вот почему приведенное определение химии содержит в себе логический круг, на котором оно целиком и построено. Никакого внутреннего соотношения между обоими понятиями — понятием «химия» и понятием «химические превращения вещества», с помощью которого мы пытаемся определить понятие «химия», в приведенном определении отнюдь не раскрывается. Давая такого рода «определение», мы ни на шаг не продвигаемся вперед в смысле раскрытия содержания определяемого понятия, а вращаемся в одной и той же исходной плоскости.



Другим п. мером логического круга может служить определение жизни, данное Дюрингом, которое Энгельс подверг убийственной критике в своей книге «Анти-Дюринг». На это мы уже указывали в разделе 4 III главы. Разберем теперь подробнее, каким образом возникает в данном случае логический круг.

Как известно, все тела природы, и живые, и неживые, участвуют в обмене веществ. Поэтому признак «обмен веществ» не может служить отличительным признаком живых тел. Для того чтобы отличить живые тела от неживых, надо указать, чем отличается обмен веществ, происходящий в живой природе, от обмена веществ, в котором участвуют одни лишь неживые тела. Вместо этого Дюринг предпочел при помощи чисто словесного приема обойти вставшую перед ним трудность и создать видимость ее преодоления. С этой целью он попросту добавил к словам «обмен веществ» слово «органический». В итоге получилось следующее определение: живые тела суть такие, которые участвуют в органическом обмене веществ. Соответственно этому, неживые тела суть такие, которые участвуют в неорганическом обмене веществ.

Однако добавление слова «органический» ровным счетом ничего не прибавило к нашему знанию того, что такое живые существа. Оно ни на йоту не приблизило нас к раскрытию содержания понятия «живое тело», ибо для того, чтобы в свою очередь определить, что такое «органический обмен веществ», надо предварительно уже знать, что такое жизнь, что такое органическое, т. е. живое, тело.

По сути дела «определение» жизни свелось у Дюринга к пустому, бессодержательному повторению: живые тела суть такие, которые участвуют в обмене веществ, происходящем у живых тел. Ясно, что содержание определяемого понятия при таком «определении» ни в какой мере не раскрывается. Следовательно, здесь нет никакого вообще определения. При этом не указывается никакого действительного соотношения между двумя сопоставляемыми понятиями — понятием «живые тела», которое подлежит определению, и тем понятием, через которое Дюринг пытался его определить, — понятием «органический обмен веществ».

Сказанное позволяет выдвинуть своего рода критерий, дающий возможность обнаруживать наличие логического круга в том или ином определении, причем такой критерий, который дает возможность обнаруживать это по существу, а не только с одной, формально-логической точки зрения. Указанный критерий гласит: во всех случаях, когда имеет место логический круг, при оперировании понятием, подлежащим определению, не раскрывается его действительное содержание, не добавляются новые сведения о нем, не указываются его определяющие признаки.

Совершенно иначе обстоит дело с такими определениями, которые основаны на раскрытии глубокой, существенной и, следовательно, определяющей связи между двумя соотносительными понятиями. Так, например, зная соотношение между двумя понятиями «суша» и «вода», мы можем представить это соотношение в более конкретном виде при определении таких географических понятий, как «озеро» и «остров»: озеро есть водоем, окруженный со всех сторон сушей, а остров есть часть суши, окруженная со всех сторон водой. В обоих случаях определение сводится к указанию на соотношение с другим понятием, т. е. к определению через соотносительное понятие: окружение суши водой или окружение воды сушей. Указание на это соотношение в обоих случаях является раскрытием содержания определяемого понятия.



В еще большей степени это обнаруживается в случае определения предельно широких для данной области знания понятий. «Суша» по отношению к «острову», «вода» по отношению к «озеру» выступают как родовые, более широкие понятия при их сопоставлении с видовыми, более узкими понятиями. Определение же самих понятий «суша» и «вода» (в пределах той же географии) основано на раскрытии их соотношения между собой, на противопоставлении их одному другому.

В такого рода определениях предельно широких (в рамках данной науки) понятий нет никакого логического круга. Напротив, раскрытие содержания обоих определяемых понятий через их взаимное сопоставление друг с другом есть естественный при данных условиях способ их подлинно научного определения.

То же самое полностью касается и определения материи как философской категории. В разделе 1 этой главы мы уже ссылались на ленинское определение материи как объективной реальности, данной нам в ощущениях и отображаемой нашим сознанием. В. И. Ленин писал, что с вопросом «что такое материя?» постоянно пристают идеалисты, агностики, в том числе и махисты, к материалистам. В. И. Ленин указывал, что «...признание той философской линии, которую отрицают идеалисты и агностики, выражается определениями: материя есть то, что, действуя на наши органы чувств, производит ощущение; материя есть объективная реальность, данная нам в ощущении, и т. п.»<sup>1</sup>.

В. И. Ленин писал: «Богданов, делая вид, что он спорит только с Бельтовым, и трусливо обходя Энгельса, возмущается подобными определениями, которые, видите ли, «оказываются простыми повторениями»... той «формулы»..., что для одного направления в философии материя есть первичное, дух — вторичное, для другого направления — наоборот. Все российские махисты в восторге повторяют богдановское «опровержение»! А между тем самое небольшое размышление могло бы показать этим людям, что нельзя, по сути дела нельзя дать иного определения двух последних понятий гносеологии, кроме как указания на то, которое из них берется за первичное. Что значит дать «определение»? Это значит прежде всего подвести данное понятие под другое, более широкое. Например, когда я определяю: осел есть животное, я подвожу понятие «осел» под более широкое понятие. Спрашивается теперь, есть ли более широкие понятия, с которыми могла бы оперировать теория познания, чем понятия: бытие и мышление, материя и ощущение, физическое и психическое? Нет. Это — предельно-широкие, самые широкие понятия, дальше которых по сути дела (если не иметь в виду *всегда* возможных изменений номенклатуры) не пошла до сих пор гносеология. Только шарлатанство или крайнее скудоумие может требовать такого «определения» этих двух «рядов» предельно-широких понятий, которое бы не состояло в «простом повторении»: то или другое берется за первичное»<sup>2</sup>.

Здесь мы видим образец подхода к вопросу об определении понятий с позиций диалектической логики в ее противопоставлении логике формальной. С внешней, поверхностной или формальной стороны, на которую напирал Богданов, а за ним и другие махисты, дело как будто обстояло так, что тут имелось «простое повторение», т. е. логический круг. В действительности же, как это блестяще доказал В. И. Ленин, определение материи в качестве первичного по отношению к духу как

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 133.

<sup>2</sup> Там же.

вторичному явилось при данных условиях не только допустимым, но и единственно возможным определением.

Определение химического элемента через периодический закон можно с полным правом рассматривать как подобное же определение двух предельно широких (для химии) понятий, содержание которых раскрывается лишь при сопоставлении их друг с другом и приведении их во взаимную связь между собой. С формальной точки зрения такое определение кажется несостоятельным, а по существу оно представляет собой глубоко содержательное и подлинно научное определение.

Возражение против определения через закон, как якобы дающего логический круг, совершенно аналогично богдановскому «опровержению» понятия материи и его определения В. И. Лениным. В данном случае перед нами типичный случай попытки оценивать результаты, полученные в диалектической области, с помощью одной лишь формальной логики. Об этом подробно писал Ф. Энгельс в своей книге «*Анти-Дюринг*».

Ф. Энгельс указывал, что элементарная математика, т. е. математика постоянных величин, движется, по крайней мере в общем и целом, в рамках формальной логики. Напротив, математика переменных величин, в том числе исчисление бесконечно малых, есть в сущности не что иное, как приложение диалектики к математическим отношениям. «И почти все доказательства высшей математики, начиная с первых доказательств дифференциального исчисления, — писал Энгельс, — являются, с точки зрения элементарной математики, строго говоря, неверными. Это и не может быть иначе, если добытые в диалектической области данные хотят доказать посредством формальной логики»<sup>1</sup>.

Точно так же поступает тот, кто посредством одной лишь формальной логики пытается оценивать по сути дела глубоко диалектические определения, какими являются определения предельно широких понятий, через их соотношение друг с другом и, в частности, определения понятий «через закон». Противник диалектической логики, признающий одну лишь формальную логику, полагает, что он обнаружил логический круг в такого рода определениях; на самом деле он обнаружил, сам того не замечая, только лишнее доказательство неприменимости приемов формальной логики к оценке результатов, добытых в диалектической области. В связи с этим кажущийся, а в действительности отсутствующий и, значит, мнимый логический круг в определениях понятий «через закон» и вообще широких соотносительных понятий мы можем назвать «псевдологическим кругом» или короче «псевдокругом».

### 3. ЭВОЛЮЦИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ПОНЯТИЯ СО СТОРОНЫ ЕГО ОБЪЕМА И СОДЕРЖАНИЯ

Ни одно научное понятие не остается неизменным. По мере развития науки накапливаются новые факты, требующие своего обобщения, создаются новые теории, открываются новые законы; весь этот материал резюмируется в научных понятиях, существовавших ранее или создаваемых вновь. В результате этого прежние понятия изменяются и уточняются, развиваются и совершенствуются или же создаются новые понятия. Этот процесс эволюции понятий мы рассмотрим здесь только со стороны изменения их объема и содержания.

Под объемом понятия в логике обычно понимается широта познания объекта, число объектов, охватываемых данным понятием. Объем понятия тем шире, чем относительно больше вещей или явлений природы

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс, Соч., т. XIV, стр. 134.

охватывается этим понятием. Под содержанием понятия обычно понимается глубина познания объекта, степень раскрытия его сторон, свойств, связей и отношений с другими вещами, отражаемых в форме существенных признаков понятия. В формальной логике существует закон обратной зависимости между объемом и содержанием понятий; этот закон касается таких понятий, которые находятся в отношении подчинения вида роду; таково, например, отношение между понятиями металл (вид) и химический элемент (род). Объем первого входит целиком в объем второго, ибо металлы составляют часть химических элементов. Содержание же первого с точки зрения его формального определения меньше, нежели содержание второго, так как для определения металла к определяющим признакам элемента (т. е. к родовым признакам) надо добавить видовой признак металла, как об этом говорилось выше.

Зависимость между объемом и содержанием понятий, связанных отношением род — вид, можно считать обратной только в том случае, если понятия берутся статически как данные, готовые, находящиеся в неизменных отношениях друг к другу. В этом случае они как раз и служат предметом рассмотрения формальной логики.

Напротив, если понятия рассматриваются как текущие, изменчивые, развивающиеся, иначе говоря, если мы будем рассматривать не только готовый *результат* познания, но и самый *процесс* познания как движение нашей мысли от незнания к знанию, то отношение между объемом и содержанием понятий выступает в ином, более глубоком и содержательном виде. Этот случай служит предметом рассмотрения со стороны диалектической логики, оперирующей текущими, изменчивыми понятиями, о чем было уже сказано в разделе 3 главы VI.

Конкретно-исторический подход к вопросу об эволюции физико-химических понятий приводит непосредственно к выводу, что в ходе познания природы происходит одновременно и все большее расширение наших знаний, и все большее их углубление и обогащение. Ученые открывают новые объекты природы, увеличивая число различных предметов, охватываемых тем или иным понятием, в результате чего происходит неуклонное расширение его объема; так, например, в течение XIX в. был расширен объем понятия «металл» вследствие открытия, сделанного в 1807—1808 гг. Гэмфри Дэви, двух щелочных металлов (калия и натрия) и четырех щелочно-земельных металлов (магния, кальция, стронция и бария). Позднее, в 60-х годах, Бунзеном и другими учеными были открыты еще четыре металла (цезий и рубидий, индий и талий).

С другой стороны, так же неуклонно в ходе познания природы происходило открытие новых свойств металлов, новых их признаков, отражающих глубже и полнее сущность изучаемого предмета. Соответственно с этим неуклонно происходило углубление содержания понятия металла и обогащение его все новыми и новыми признаками. Таким образом, в ходе познания природы как объем, так и содержание физико-химических понятий изменяются в одну и ту же сторону, т. е. в сторону их роста и обогащения.

С точки зрения истории познания вещества глубже раскрывается и взаимозависимость между объемом и содержанием физико-химических понятий. Зависимость между объемом и содержанием понятий в диалектической логике, в противоположность логике формальной, носит характер прямой зависимости: расширение объема понятий, т. е. открытие новых объектов, влечет за собой углубление их содержания, т. е. установление у вновь открытых объектов новых свойств и соответственно новых существенных признаков; в свою очередь, обнаружение новых

признаков и свойств, т. е. углубление содержания, влечет за собой открытие новых объектов, обладающих этими признаками, т. е. расширение объема. Зависимость здесь не обратная, а прямая. Так, например, открытие в начале XIX в. новых свойств вещества (его способности разлагаться химическим путем электролиза) привело к открытию упомянутых выше шести металлов в 1807—1808 гг. Точно так же открытие спектральных свойств вещества в 1860 г. повлекло за собой открытие четырех других названных выше металлов. Аналогично этому обнаружение французским физиком Анри Беккерелем в известном уже элементе уране радиоактивного излучения в 1896 г. вскоре же повлекло за собой открытие *Марией Склодовской-Кюри* и другими учеными еще четырех новых радиоактивных элементов (полония, радия, радона и актиния). Следовательно, углубление содержания влекло за собою расширение объема.

С другой стороны, открытие в 1895 г. аргона привело к обнаружению нового признака у элементов, ранее неизвестного, — химической инертности. Здесь расширение объема влекло за собой углубление содержания.

Можно сказать так, что наука, научное познание неуклонно движется от менее глубокого содержания к более глубокому содержанию. Это означает, что развитие научного познания с точки зрения диалектической логики выступает как все большее обогащение его по содержанию. По поводу зависимости между объемом (широтой) и содержанием (глубиной) научного познания, резюмированного в понятиях, В. И. Ленин записывает, что «*расширение* требует также *углубления*»<sup>1</sup>. В этих словах по существу сформулирован закон диалектической логики о прямой зависимости между объемом и содержанием развивающихся понятий, т. е. такой зависимости, которая обнаруживается в истории научного познания.

Но как только мы переходим от исторического рассмотрения научного познания в его развитии к статическому его рассмотрению, к выделению того или иного готового результата из общего хода научного прогресса, так немедленно вступает в силу закон формальной логики об обратном соотношении между объемом и содержанием понятий. Так, например, на любом этапе научного развития отношение между формально-логическими определениями понятий «металл» и «элемент» таково, что первое (как видовое) составляет (по объему) часть второго (как родового) и включает в себя (по содержанию) все признаки второго. И как бы ни увеличивался объем, как бы ни углублялось содержание видового понятия «металл» за счет открытия новых металлов и их свойств, соотношение между родовым понятием (элемент) и видовым (металл) останется в каждом случае неизменным; ибо в такой же мере и за счет тех же открытий будет расти объем и будет углубляться содержание родового понятия. Точно так же открытие новых неметаллов с новыми признаками (например, инертных газов) не изменяет указанного соотношения, ибо с точки зрения формальной логики переход от родового понятия (элемент) к видовому понятию (металл) всегда предполагает сужение объема понятия за счет исключения всех неметаллов из числа подлежащих рассмотрению предметов; новые же частные признаки, открытые у неметаллов, вообще никак не отражаются на общих признаках элемента, пока мы остаемся в рамках формальной логики. Поэтому, независимо от того, рассматриваем ли мы отношение между двумя понятиями «элемент» и «металл» примени-

<sup>1</sup> В. И. Ленин, *Философские тетради*, стр. 202.

тельно к уровню развития науки XVIII в., или начала XIX в., или второй половины XIX в., или же XX в., соотношение между объемом и содержанием обоих понятий всегда будет обратным, если соблюдены условия, что оба понятия соотносятся между собой как род и вид, что оба они берутся в один и тот же момент времени и рассматриваются статически, как данные, готовые.

Таким образом, когда в формальной логике объем понятия увеличивается, то это происходит за счет сокращения его содержания, т. е. за счет уменьшения числа определяющих признаков у понятия. Когда же увеличивается содержание понятия, то это связано с сокращением его объема. Так обстоит дело всегда при поверхностном, формальном подходе к анализу понятий.

Напротив, реально в ходе поступательного движения науки круг изучаемых вещей растет отнюдь не за счет уменьшения глубины их познания, а как раз в прямой зависимости от углубления в их сущность. Точно так же углубление познания в сущность изучаемых предметов всегда неразрывно связано с расширением их круга, и происходит оно отнюдь не за счет сокращения широты исследования. Короче говоря, диалектическая логика утверждает, что познание всегда развивается и вширь, и вглубь и никогда не развивается в глубину за счет широты или в широту за счет глубины знания.

Поэтому устанавливаемая формальной логикой обратная зависимость между объемом и содержанием понятий совершенно не подходит к таким случаям, когда с логической стороны рассматривается история научного познания, история науки.

#### 4. ПРАКТИКА КАК ИСТОЧНИК РАЗВИТИЯ И КРИТЕРИИ ПРАВИЛЬНОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ

Ведущая роль практики по отношению к научному познанию подчеркнута в известном положении, что понятия суть результаты, в которых обобщаются данные опыта. Накопление нового естественнонаучного опытного материала, новых экспериментальных открытий, новых фактов, полученных в процессе производственной деятельности, приводит к необходимости изменить ранее установившиеся естественнонаучные понятия, расширять их объем и углублять их содержание или же создавать новые понятия в целях обобщения новых опытных данных. Такое постоянное изменение естественнонаучных понятий и есть их развитие. Совершенно ясно, что источником этого их развития, этой их изменчивости является практика, под которой в данном случае подразумевается промышленность и эксперимент. Именно практика в виде промышленности и эксперимента обуславливает накопление нового опытного материала, охватить который должны научные, в том числе и физико-химические, понятия. Но включая в себя в обобщенном виде результаты новых экспериментальных исследований и промышленного производства, физико-химические понятия неизбежно должны усложняться, углубляться и расширяться в соответствии именно с теми новыми данными, которые доставлены практикой. Тем самым практика оказывается определяющим фактором развития научных, в том числе физико-химических, понятий, двигательным стимулом их развития.

Сказанное полностью относится и к понятию элемента в химии. Практика XVII—XVIII вв. в виде складывавшегося в то время лабораторного химического анализа (качественного и количественного) и в виде развивавшейся тогда промышленности, прежде всего горно-рудной, и металлургического производства давала громадный опытный ма-

териал, содержащий результаты химического анализа различных минералов, руд, солей и т. д. Именно этот, доставленный практикой, опытный материал привел к образованию эмпирико-аналитического понятия элемента как неразложённого вещества, а в XIX и XX вв. — к изменению этого понятия, о чем подробно говорилось в первой части данной работы.

Точно так же именно практика двигала вперед атомно-теоретическое понятие элемента на всех этапах его развития. Само это понятие получило мощный стимул для своего развития в XIX в. именно благодаря практике производства, что находилось в прямой связи с развивавшейся в XIX в. в странах Западной Европы крупной химической промышленностью.

Значительное обогащение этого понятия в 60-х годах XIX в. происходило, в частности, оттого, что был открыт новый способ экспериментального исследования вещества — спектральный анализ, давший громадный опытный материал, касающийся химических элементов; обобщение этого нового опытного материала привело к дальнейшему расширению и углублению понятия элемента, а значит — его развитию.

Позднее, в конце XIX в., открытие аргона английскими учеными Рэлеем и Рамзаем (при экспериментальном исследовании плотности азота, полученного из разных источников) привело к установлению опытного факта — химической инертности некоторых элементов. В связи с этим понятие элемента было изменено, поскольку все известные ранее элементы были химически деятельными.

Точно так же открытие в те же годы радиоактивности (при экспериментальном исследовании лучеиспускательной способности ряда солей) привело к установлению другого опытного факта — способности некоторых элементов к радиоактивному распаду. В связи с этим понятие элемента вновь было изменено, поскольку все ранее известные элементы рассматривались как неразлагаемые и непревращаемые друг в друга.

В XX в. все развитие атомной, в особенности ядерной физики, изучающей внутреннее строение атома, было в значительной степени обусловлено поисками практического способа получения внутриядерной («атомной») энергии; на существование такого мощного источника энергии указывал факт выделения громадных ее количеств при радиоактивном распаде элементов и общее соотношение А. Эйнштейна, связывающее массу тела  $m$  с общим запасом его энергии  $E$ :  $E = mc^2$ , где  $c$  — скорость света. Именно эти практические соображения и потребности стимулировали почти непрерывное накопление нового эмпирического материала, который вызывал перестройку и дальнейшее развитие понятия элемента по мере того, как это последнее впитывало в себя в обобщенной форме новые, доставляемые экспериментом, опытные данные. Эта обусловленность практикой развития ядерной физики и в связи с нею современного понятия элемента обнаружилась особенно наглядно в 40-х годах XX в., когда исследование ядерных процессов вышло из стадии лабораторных опытов и достигло стадии производственных, промышленных масштабов.

Роль практики в отношении естественнонаучных, в том числе физико-химических, понятий не ограничивается тем, что практика доставляет опытные данные, которые затем обобщаются в понятиях, и что при этом обобщении вызываются соответствующие изменения в самих понятиях. Научные понятия не являются чисто условными, грубо эмпирическими обобщениями результатов опыта, но являются такими обобщениями, которые служат образами, отражениями объективной действительности. Именно в меру все более полного и глубокого отражения изучаемого



предмета или явления природы происходит обобщение новых опытных данных естественнонаучными понятиями. Развитие этих понятий совершается от менее глубокого их содержания к более глубокому содержанию; это означает, что их развитие совершается от менее полного и точного отражения объекта к более полному и точному его отражению.

В. И. Ленин подчеркивает, что «в понятиях человека *своеобразно* (это NB: *своеобразно и диалектически!!*) отражается природа»<sup>1</sup>. Критерием же правильности отражения природы в человеческих понятиях служит практика. На практике *проверяется*, насколько верно познан человеком данный объект, насколько точно он отражен в научных понятиях, следовательно, насколько правильно был обобщен накопленный уже ранее и накапливаемый вновь опытный материал. Все, что не соответствует действительности, практика очень быстро обнаруживает в форме расхождения между предположениями, сделанными человеком на основе прежних обобщений, и делом. Для того чтобы таких расхождений не получалось, необходимо уточнять научные понятия, теории, представления, освобождать их от всего неверного, субъективного, произвольного, искусственного, от всего, что не соответствует самому объекту, самой природе. С той же самой целью необходимо все время пополнять, обогащать естественнонаучные понятия, теории, представления за счет учета новых сторон у изучаемого предмета, новых его свойств и проявлений, с тем чтобы эти понятия, теории и представления могли лучше, полнее, успешнее служить человеку в его практической деятельности. Говоря о том, что самое решительное опровержение кантианских вывертов заключается в практике, именно в эксперименте и в промышленности, Энгельс писал:

«Мы можем доказать правильность нашего понимания данного явления природы тем, что мы сами его производим, вызываем его из его условий, заставляем к тому же служить нашим целям...»<sup>2</sup>. Эти слова Энгельса особенно наглядно подтверждаются осуществлением на практике искусственного получения (синтеза) неустойчивых элементов (технеция и др.) и трансурановых элементов (нептуния, плутония и др.), которые в естественных условиях на земле вообще не существуют.

В. И. Ленин подчеркивал, что «*практикой* своей доказывает человек объективную правильность своих идей, понятий, знаний, науки»<sup>3</sup>. Разоблачая и опровергая утверждения реакционной, идеалистической философии, Ленин писал:

«Познание может быть биологически полезным, полезным в практике человека, в сохранении жизни, в сохранении вида, лишь тогда, если оно отражает объективную истину, независящую от человека. Для материалиста «успех» человеческой практики доказывает соответствие наших представлений с объективной природой вещей, которые мы воспринимаем»<sup>4</sup>.

Отсюда следует вывод: «Если включить критерий практики в основу теории познания, то мы неизбежно получаем материализм...»<sup>5</sup>. И далее: «Точка зрения жизни, практики должна быть первой и основной точкой зрения теории познания. И она приводит неизбежно к материализму, отбрасывая с порога бесконечные измышления профессорской схоластики»<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 266.

<sup>2</sup> Ф. Энгельс, Людвиг Фейербах, 1951, стр. 17.

<sup>3</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 164.

<sup>4</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 127.

<sup>5</sup> Там же.

<sup>6</sup> Там же, стр. 130.



Именно так проверялось на практике и приходило через эту проверку ко все более полному и все более точному отражению реального объекта, т. е. химических элементов, атомно-теоретическое понятие элемента.

Излагая требования, которые предъявляет к научному определению марксистская диалектическая логика, Ленин указывал на одно из таких требований, гласящее, что «...вся человеческая практика должна войти в полное «определение» предмета и как критерий истины, и как практический определитель связи предмета с тем, что нужно человеку»<sup>1</sup>.

## 5. РАЗВИТИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ И ПОЗНАНИЯ ВЕЩЕСТВА ПУТЕМ ПРОТИВОРЕЧИЙ

Для нашего исследования исключительно большое значение имеет ленинская постановка вопроса о внутренней противоречивости развития человеческого познания:

«Раздвоение единого и познание противоречивых частей его... есть *суть* (одна из «сущностей», одна из основных, если не основная, особенностей или черт) диалектики»<sup>2</sup>. Та же мысль подчеркнута и Энгельсом:

«Так называемая *объективная* диалектика царит во всей природе, а так называемая *субъективная* диалектика, диалектическое мышление, есть только отражение господствующего во всей природе движения путем противоположностей...»<sup>3</sup>.

Как следует применять это положение к интересующему нас случаю? Прежде всего необходимо подчеркнуть, что всем предметам природы, в том числе и химическим элементам и их мельчайшим частицам — атомам, присущи внутренние противоречия. В. И. Ленин подчеркивает:

«В собственном смысле диалектика есть изучение противоречия *в самой сущности предметов*: не только явления переходящи, подвижны, текучи, отделены лишь условными гранями, но и *сущности* вещей также»<sup>4</sup>. Далее Ленин указывает:

«Тождество противоположностей («единство» их, может быть, вернее сказать? хотя различие терминов тождество и единство здесь не особенно существенно. В известном смысле оба верны) есть признание (открытие) противоречивых, *взаимоисключающих*, противоположных тенденций во *всех* явлениях и процессах природы (духа и общества *в том числе*). Условие познания всех процессов мира в их «*самодвижении*», в их спонтанном развитии, в их живой жизни, есть познание их, как единства противоположностей. «Развитие есть «борьба» противоположностей»<sup>5</sup>.

Каковы же в их конкретном физическом выражении противоположные стороны у химических элементов и их атомов? Каковы конкретные проявления противоположных тенденций в развитии химических элементов, которые подчинены периодическому закону Менделеева и отражаются в менделеевской периодической системе элементов? В. И. Ленин указывал, что конкретным проявлением единства или тождества противоположностей как *закона познания* (и закона объективного мира) служит: в «механике действие и противодействие», в «физике положительное и отрицательное электричество»<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 32, стр. 72.

<sup>2</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 327.

<sup>3</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 166.

<sup>4</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 237.

<sup>5</sup> Там же, стр. 327.

<sup>6</sup> Там же.

Но атомы наделены одновременно и *механическими*, и *физическими* свойствами; эти их свойства выражены прежде всего в их *массе* и в их электрическом *заряде*. Оба рода свойств находятся во внутренней связи между собой, во внутреннем единстве, представляя вместе с тем различные, можно сказать противоположные стороны у атомов. Современная ядерная физика показывает, что устойчивыми могут быть атомы (а значит, и элементы) лишь при определенном соотношении массы и заряда атомного ядра. При увеличении массы устойчивость ядра нарушается, ядро становится радиоактивным, изменяет свой заряд и превращается в ядро нового элемента, расположенного в периодической системе элементов Менделеева по соседству с исходным элементом. Это означает, во-первых, что в атоме существуют противоположные тенденции, направленные одна — к сохранению существующего элемента (подчеркивающая его устойчивость), а другая — к его превращению в новый элемент (выражающая его изменчивость), и что за этими противоположными тенденциями скрывается определенное соотношение между *массой* атомного ядра и его *зарядом*, которое и обуславливает собой как устойчивость, так и изменчивость элементов. Во-вторых, это означает, что периодический закон Менделеева выступает в подлинном смысле слова как закон развития элементов, поскольку количественное изменение массы ядра вызывает на определенной ступени количественное же изменение заряда ядра, а это последнее закономерно влечет за собою качественные изменения самого элемента, превращение одного элемента в другой, образование нового элемента. Система Менделеева обнаруживает себя поэтому как отображение *истории* вещества, истории его *развития*.

Возникает вопрос: как исторически, в ходе познания вещества, раскрывалась противоречивая природа химических элементов и их атомов? Анализируя историю науки о веществе за последние 200 с лишним лет, а в особенности за последние 87 лет, протекшие со времени открытия Менделеевым периодического закона, мы обнаруживаем следующую картину: подобно тому как изучаемый объект — химические элементы и их атомы, будучи едиными, как бы раздваиваются в своем развитии на противоречивые стороны, точно так же в рассматриваемом нами случае раздваивается и отражение этого объекта в нашем сознании, т. е. научное познание природы элементов. Человеческая мысль не смогла сразу, непосредственно проникнуть в сущность изучаемого предмета природы, не смогла сразу с первых же шагов его изучения охватить во всей глубине и полноте его особенности и закономерности. Соответственно с этим мышление химиков не смогло отразить обе стороны внутреннего противоречия у химических элементов в их единстве сразу, как только оно с ними столкнулось.

Чтобы познать элементы как единство противоположностей, химики сначала мысленно расчленили элементы на отдельные их «моменты» или стороны, т. е. нарушили их внутреннюю целостность, и стали познавать каждую из их сторон в отдельности.

Каким же путем совершался в рассматриваемом случае этот процесс? Он совершался диалектически, т. е. противоречиво: начался он с непосредственного созерцания природы элементов как чего-то цельного, единого; затем совершилось мысленное расчленение природы элементов на противоречивые стороны в целях абстрактного познания этих сторон в их изолированности одна от другой и даже в их противопоставлении одна другой; завершается же это ныне обнаружением их внутреннего, диалектического единства, т. е. познанием химических элементов и их атомов в их «самодвижении», в их спонтанном развитии

и следовательно в их первоначальной целостности и конкретности как единства противоположностей.

Выходит так, что для того чтобы познать элементы, как нечто единое, химикам пришлось прежде всего научиться расчленить их мысленно на их противоположные стороны; каждую такую сторону химики должны были рассмотреть в порядке создания научных абстракций, как нечто относительно самостоятельное, с тем чтобы как можно полнее изучить ее как таковую, познать ее самоё по себе. Только после этого химики оказались в состоянии конкретно, научно познать взаимосвязь противоположных сторон элементов, их взаимопроникновение друг в друга, их единство и их «борьбу». Следовательно, в данном конкретном случае человеческое познание шло от непосредственного созерцания предмета через его анализ к синтезу, основанному на его предшествующем анализе. Этим, в частности, подтверждается одно из положений диалектической логики, сформулированное Лениным:

«Соединение анализа и синтеза, — разборка отдельных частей и совокупность, суммирование этих частей вместе»<sup>1</sup>.

То же положение выразил и Энгельс: «Без анализа нет синтеза»<sup>2</sup>.

Кстати в данных положениях мы находим разъяснение того обстоятельства, что в истории химии аналитическая трактовка элемента, возникшая в XVII—XVIII вв., исторически предшествовала его современной трактовке; первая подготовляла вторую тем, что позволяла мысленно выделять отдельные элементы в их изолированном, независимом друг от друга состоянии.

В тех исторических условиях, когда господствующее мировоззрение носит метафизический характер, диалектика может проникать в естествознание лишь стихийно. В химии и физике складывается тогда весьма своеобразное положение, заключающееся в том, что первоначально на стадии анализа явлений природы нередко возникают в химии и физике две односторонние концепции, из которых каждая отражает только одну из противоречивых сторон действительности. При этом если обе концепции складываются одновременно или почти одновременно, то между ними неизбежно возникает весьма острая борьба. Случалось так, что на каком-нибудь этапе этой борьбы кажущуюся победу одерживало одно из двух диаметрально противоположных, но в равной степени односторонних воззрений. Так было в физике XIX в. с победой волновой теории света над корпускулярной; так было в химии XIX в. с победой идеи постоянства состава химических соединений, защищавшейся *Прустом*, над идеей переменности их состава, защищавшейся *Бертолле*.

Однако такие «победы», одержанные с односторонних позиций, оказывались лишь временными. Впоследствии обнаруживались новые факты, доказывавшие, что в воззрениях побежденной стороны имелись свои рациональные моменты. Более того, в ходе борьбы двух, казалось бы, абсолютно несовместимых взглядов или подходов к изучаемому предмету природы сторонники каждого направления стремились как можно лучше защитить свои положения, а для этого полнее и глубже отразить изучаемый объект с той его стороны, которая была положена в основу соответствующих воззрений. Но в действительности всякий предмет, всякий процесс природы являет собой единство противоречивых сторон, т. е. такое единство, при котором каждая сторона существует только в неразрывной связи с другой стороной, при котором, следовательно, имеет

<sup>1</sup> В. И. Ленин, *Философские тетради*, 1947, стр. 193.

<sup>2</sup> Ф. Энгельс, *Анти-Дюринг*, 1950, стр. 40.

место взаимопроникновение и взаимообусловленность противоположностей.

Когда в ходе борьбы со своими противниками сторонники противопоставленных друг другу воззрений старались найти все новые и новые подтверждения своей односторонней концепции, они все глубже начинали проникать в сущность изучаемого ими предмета или процесса природы; в итоге они к своему удивлению обнаруживали, что отстаиваемая ими сторона предмета как бы ускользает от них или, лучше сказать, незаметно превращается в свою противоположность. В истории науки происходило то, о чем писал Энгельс:

«Раскрытие отвлеченных противоречий во всей их несостоятельности, причем, как только собираешься ухватиться крепко за одну сторону (противоречия), так она незаметно превращается в другую»<sup>1</sup>.

Таким образом, в условиях господства метафизики, в условиях, когда диалектика может проникать в науку о природе лишь стихийно, развитие химии и физики нередко (но не всегда!) совершалось так: после того как складывались две противоположные точки зрения на один и тот же предмет природы (вещество или свет) и разворачивалась между ними борьба, создавались затем условия для возникновения в результате этой борьбы более верного, цельного взгляда, который схватывал обе противоположные стороны предмета в их внутреннем единстве. Но это единство носило отнюдь не эклектический, «примирительный» характер; это было не простое сочетание, не простая механическая сумма противоположных взглядов. В новом воззрении, которое стихийно шло на смену прежним односторонним концепциям, каждая сторона на деле учитывалась уже не в отрыве от другой стороны, а так или иначе в диалектическом единстве с нею. Следовательно, новый взгляд на предмет представлял собою внутренне цельное учение, в котором преодолевалась односторонность прежних воззрений.

Эту своеобразную особенность в развитии химии и физики отмечали отдельные выдающиеся естествоиспытатели, стихийно приближавшиеся к диалектическому материализму. Так, например, Менделеев отмечал противоречивость развития химической науки: «Замечательна судьба нашей науки, что важнейшие открытия эпохи ведут в начале к крайним гипотезам»<sup>1</sup>.

Особо следует отметить, что в обществе, состоящем из антагонистических классов, метафизическая односторонность тех или иных концепций в естествознании использовалась и используется господствующими эксплуататорскими классами в интересах псевдонаучной аргументации в пользу своего господствующего мировоззрения, опирающегося на идеализм и метафизику. Так, например, в период, последовавший после победы английской буржуазной революции XVII в., сторонники господствовавшего религиозного мировоззрения английской буржуазии всячески стремились закрепить и раздуть полезные с их точки зрения теологические выводы из метафизической концепции Ньютона о вечности и неизменности солнечной системы. Таким выводом была идея «первоначального божественного толчка».

Позднее, в период после французской буржуазной революции конца XVIII в., французская буржуазия, добившаяся политической победы, стремилась закрепить и оправдать идеологически свое господство при помощи религии, а потому всячески раздувала теологические выводы из метафизической концепции «катастроф» Кювье, согласно которой в исто-

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс, Избранные письма, 1947, стр. 442.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, 1934, стр. 206.

рии земли происходили только одни внезапные скачки-взрывы, и не было никакого постепенного развития. Таким выводом была идея многократных божественных актов творения.

Еще позднее, в эпоху, когда в XX в. империализм принес с собой реакцию по всей линии, чем, в частности, был вызван кризис естествознания, буржуазия в лице своих идеологов в целях своего спасения от наступающей пролетарской революции с особенным усердием ухватилась за религию; она всячески стимулировала развитие всякого рода метафизических и вместе с тем идеалистических односторонних концепций, которые могли служить службу фидеизму («энергетизм», «феноменологизм» и им подобные). К числу таких концепций относилась, например, космогоническая гипотеза английского астрофизика, активного «физического» идеалиста Джинса, которая исключила из астрономии идею развития и строилась, подобно катастрофизму Кювье, на идее внезапного скачка-взрыва, якобы совершившегося некогда на Солнце.

Возможность использования в идеологических интересах реакционными классами односторонних метафизических воззрений подчеркивал В. И. Ленин; он писал, что познание человека не идет по прямой линии, а идет по кривой линии, которая бесконечно приближается к спирали. «Любой отрывок, обломок, кусочек этой кривой линии может быть превращен (односторонне превращен) в самостоятельную, целую, прямую линию, которая (если за деревьями не видеть леса) ведет тогда в болото, в поповщину (где ее *закрепляет* классовый интерес господствующих классов). Прямолинейность и односторонность, деревянность и окостенелость, субъективизм и субъективная слепота, voilà (вот.—*Б. К.*) гносеологические корни идеализма»<sup>1</sup>.

Изложенные выше соображения о внутренней противоречивости химических элементов имеют непосредственное отношение к вопросу о внутренней противоречивости самого понятия элемента, о его развитии путем противоречия. Для этого следует лишь учесть, что познание вещества резюмируется в понятиях химии и физики, а развитие познания вещества отражается в развитии химических и физических понятий.

С указанной точки зрения рассмотрим эволюцию менделеевского понятия элемента за последние 87 с лишним лет. В его развитии отразилось изменение взглядов на природу вещества и, в связи с этим, на систематизацию химических элементов. Согласно современным воззрениям, природа вещества носит как бы двойственный или, точнее сказать, противоречивый характер. С одной стороны, в каждом атоме выступают свойства, связанные с его массой, прежде всего — с массой ядра, а с другой стороны, — свойства, связанные с электрическим зарядом его структурных частей (ядра и электронной оболочки). Как уже говорилось выше, оба рода свойств не оторваны один от другого, а тесно связаны между собой; эта их связь свидетельствует о том, что в основе атома лежит единство двух противоположных моментов: массы и электрического заряда. Соответственно этому возможны два абстрактных противоположных друг другу разреза рассмотрения элементов и атомов: 1) химико-механический, учитывающий одну только массу атома и рассматривающий химизм атома в зависимости только от его массы, и 2) химико-электрический, учитывающий один только электрический заряд структурных частей атома и рассматривающий химизм атома в зависимости только от их заряда.

Первоначально, еще в первой половине XIX в., поскольку единство обоих противоположных моментов не было еще раскрыто, возникли две

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 330.

односторонние трактовки элемента: первая, химико-механическая трактовка, положившая в основу учения об элементах одно лишь свойство массы (атомного веса) при отрицании роли и значения противоположных ей электрических свойств атома; вторая — химико-электрическая трактовка, принявшая за основу одно лишь свойство электрического заряда при умалении, иногда даже при игнорировании роли и значения свойства массы.

Со временем, особенно благодаря развитию в XX в. менделеевского учения о периодическом законе, обе названные трактовки элемента обнаружили свою односторонность и неполноту; в настоящее время они вытесняются третьей трактовкой, которая учитывает обе противоположные стороны атома и его ядра — массу и заряд — в их единстве и взаимобусловленности и основы которой были заложены еще Ломоносовым.

Соответственно этому вторая часть нашего исследования понятия элемента распадается на четыре главы, в которых рассматриваются:

I. Атомистическая трактовка элемента до открытия периодического закона Д. И. Менделеева. Единая физико-химическая трактовка элемента у Ломоносова и ее дальнейшее расчленение у химиков доменделеевского периода (глава VIII).

II. Химико-механическая трактовка элемента в связи с возникновением менделеевского понятия элемента в последней трети XIX в. (глава IX).

III. Химико-электрическая трактовка элемента в связи с развитием менделеевского понятия элемента в первой четверти XX в. (глава X).

IV. Дальнейшее развитие менделеевского понятия элемента в связи с переходом к обоюдосторонней его трактовке во второй четверти XX в. (глава XI).

Таким образом, рассмотрению развития современного менделеевского понятия элемента мы предпосылаем краткое изложение атомистической трактовки элемента до открытия периодического закона с 40-х годов XVIII в. до конца 60-х годов XIX в. В заключение второй части нашей работы мы рассмотрим борьбу между материализмом и идеализмом в современной атомистике (глава XII).

Следует оговориться, что все сказанное выше мы отнюдь не распространяем на все научные понятия вообще или хотя бы на все физико-химические понятия. Мы касаемся истории и логики развития лишь одного из них, а именно понятия элемента, и отнюдь не претендуем на какие-либо выводы общего характера. Для того чтобы такие выводы и обобщения можно было бы сделать, необходимо предварительно проанализировать многие, хотя бы основные понятия, относящиеся к различным областям знания. Такой задачи в данной работе мы не ставим, строго ограничиваясь лишь указанным кругом вопросов, связанных с понятием химического элемента.

## Глава VIII

### АТОМИСТИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА ЭЛЕМЕНТА ДО ОТКРЫТИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА Д. И. МЕНДЕЛЕЕВЫМ

(С начала 40-х годов XVIII в. до конца 60-х годов XIX в.)

Для того, чтобы яснее установить то новое, что было внесено Д. И. Менделеевым в учение об элементах и что составило основу современного понятия элемента, необходимо вкратце проследить предшествующую историю атомистических воззрений, начиная от взглядов Р. Бойля (1661) и М. В. Ломоносова (1741) и кончая взглядами химиков 60-х гг. XIX в. В течение этого периода сложились основы обеих трактовок элемента — химико-механической и химико-электрической — в их применении к старому, доменделеевскому понятию элемента.

#### 1. ОСНОВАНИЕ М. В. ЛОМОНОСОВЫМ ХИМИЧЕСКОЙ АТОМИСТИКИ И ЕДИНОЙ ХИМИКО-ФИЗИЧЕСКОЙ ТРАКТОВКИ ЭЛЕМЕНТА (1741—1765)

Атомистические взгляды на строение вещества возникли, как известно, еще в древности. Античные философы-материалисты — Левкипп и Демокрит, Эпикур и Лукреций учили, что все тела природы построены из мельчайших, неделимых атомов и что истинными элементами мироздания являются атомы. Однако эти взгляды, будучи правильными в общем и целом, не связывали идею об атомистическом строении тел с какими-либо естественнонаучными законами, открытыми и проверенными экспериментально; поэтому атомистические представления в древности носили натурфилософский, сугубо отвлеченный характер.

Позднее атомистические взгляды на строение вещества высказывались физиками XVII в. и начала XVIII в. — Галилеем, Ньютоном, а также философами-материалистами — Гассенки и др. Особо важную роль в подготовке химической атомистики сыграли взгляды Роберта Бойля, изложенные в его книге «Химик-скептик» (1661). Однако эти взгляды не связывались с какими-либо установленными экспериментально химическими законами, а истолковывались лишь с позиций законов механики, которая получила тогда наибольшее развитие среди других отраслей естествознания. Поэтому атомистические представления в XVII — начале XVIII вв. приобрели механический характер, оставаясь абстрактными, оторванными от конкретных химических исследований.

Общие основы химической атомистики как конкретного естественнонаучного учения, приложенного к объяснению химических фактов,



разработал М. В. Ломоносов в своей диссертации «Элементы математической химии» (1741), продолжив идеи Р. Бойля.

Ломоносов называл «элементом» мельчайшую частицу химического элемента, т. е. то, что теперь называют атомом. При этом, в соответствии с воззрениями того времени, он считал, что «элементы» (атомы) не носят составного характера, т. е. что они просты по своей природе. «Элемент, — писал Ломоносов, — есть часть тела, не состоящая из каких-либо других меньших и отличающихся от него тел»<sup>1</sup>. «Элементы» (атомы) могут быть одинаковыми («одними и теми же») и разными. Отсюда вытекают, во-первых, представление о химическом элементе как совокупности одинаковых атомов («элементов») и, во-вторых, представление о числе химических элементов, соответствующем числу различных видов атомов («элементов»). Поэтому, основываясь на высказываниях Ломоносова, можно сказать, что, по Ломоносову, *химический элемент есть определенный вид атомов («элементов»); сколько существует различных видов атомов, столько же существует и химических элементов.*

Приведенное определение элемента является общей основой атомно-теоретической трактовки элемента на всех этапах ее развития — от Ломоносова до Менделеева и от Менделеева до наших дней.

**А. Список 16 элементов, известных в 1741 г.,  
но не считавшихся тогда элементами**

(Объем понятия элемента  $v_0$ )

золото	олово	висмут	сера
серебро	железо	цинк	углерод
медь	ртуть	платина	фосфор
свинец	сурьма	кобальт	мышьяк

В приведенном списке А перечислены химические элементы, которые были известны в 1741 г. Однако следует оговорить, что во времена Ломоносова в качестве химических элементов химики обычно принимали не действительные элементы, а так называемые четыре начала (три «земли» — горючая, или жирная, стеклующая и ртутная и четвертую — воду, или флегму). Иногда же за химические элементы принимались четыре «элемента», или стихии Аристотеля (огонь, воздух, вода и земля). К таким «элементам» приложить ломоносовское определение элемента было, разумеется, невозможно. Только в 1787 г. великий французский химик А. Л. Лавуазье за элементы принял действительные элементы, а не их соединения или смеси, как это делалось раньше; благодаря этому ломоносовское представление о химическом элементе как определенном виде атомов получило прочную опору.

Исключительно большое, принципиальное значение имеет тот факт, что Ломоносов связал представление о химическом элементе как совокупности атомов («элементов») определенного вида с предвиденными им законами химического состава и молекулярного строения тел. Называя молекулы «корпускулами», Ломоносов писал:

«Корпускула есть собрание элементов, образующих одну малую массу»<sup>2</sup>. И далее: «Корпускулы однородны, если состоят из одинакового числа одних и тех же элементов, соединенных одинаковым образом. Что такого рода корпускулы существуют, свидетельствует однородность массы тел, у которых каждая часть подобна целому. В самом деле, если бы их не существовало, не было бы и такой массы, поскольку корпускула была бы различна во всяком данном месте, действовала бы различным

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов, Полное собр. соч., т. I, стр. 79.

<sup>2</sup> Там же.

образом на наши чувства, и, следовательно, любая корпускула была бы непохожа на любую другую, т. е. не существовало бы однородных масс, что противоречит опыту»<sup>1</sup>.

Здесь Ломоносов по сути дела формулирует закон постоянства химического состава веществ и дает этому закону атомистическое истолкование. С принципиальной точки зрения это истолкование полностью совпадает с тем, какое было дано в начале XIX в. великим английским ученым Дж. Дальтоном этому же закону с позиций химической атомистики. Оно сводится к следующему: в природе существуют однородные тела, части которых схожи между собой так же, как две капли чистой воды; поэтому надо допустить, что такие тела образованы из одинаковых частиц, имеющих один и тот же постоянный химический состав. А так как из тех же частиц образованы и другие порции того же вещества, например воды, находящегося в других местах земного шара, то надо допустить, что все они имеют одинаковый химический состав или, другими словами, что состав любого вещества (простого или химически сложного), например воды, постоянен.

Называя простое вещество «началом», Ломоносов пишет: «Начало есть тело, состоящее из однородных корпускул. Смешанное тело есть то, которое состоит из двух или нескольких различных начал, соединенных между собою так, что каждая отдельная его корпускула имеет такое же отношение к частям начал, из которых она состоит, как и все смешанное тело к целым отдельным началам»<sup>2</sup>.

Аргументация Ломоносова опирается на признание единства макро- и микрокосмоса. Именно эта идея лежала в основе всей атомистики Ломоносова. В программе «Микрологии» (т. е. учения о микрокосмосе, об атомах и корпускулах) Ломоносов писал:

«1. Чудеса согласия. 2. Голос природы, всюду себе подобный. 3. Связаны единой силою и согласованностью природы»<sup>3</sup>. Эта идея о единстве («согласованности») природы в макро- и микрокосмосе вела к выводу, что свойства и отношения, обнаруженные экспериментально у макротел (например в ходе их химического анализа), должны быть распространены и на микрочастицы (атомы и корпускулы), из которых состоят эти тела; обратно, из свойств и отношений, приписанных микрочастицам, можно теоретически выводить свойства и отношения макротел, образованных из этих частиц. Таким именно ломоносовским путем пришел к своим открытиям Дальтон спустя 60 лет после Ломоносова.

Идя этим путем, Ломоносов вплотную подходит к предвидению другого закона химического состава тел — закона простых кратных отношений. Он пишет:

«Корпускулы разнородны, когда элементы их различны и соединены различным образом или в различном числе, от этого зависит бесконечное разнообразие тел»<sup>4</sup>. Следовательно, Ломоносов допускает возможность, что две корпускулы могут различаться тем, что в них входит различное число атомов («элементов») данного определенного вида. А так как те же отношения существуют, по Ломоносову, для всего тела в целом, то это есть фактическое признание того, что существуют кратные отношения составных частей у двух химически различных тел, образованных одинаковыми элементами, но в различных количественных пропорциях.

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов, Полное собр. соч., т. I, стр. 79.

<sup>2</sup> Там же, стр. 81.

<sup>3</sup> М. В. Ломоносов, Избр. философ. соч., 1940, стр. 316.

<sup>4</sup> М. В. Ломоносов, Полное собр. соч., т. I, стр. 81.

Во времена Ломоносова количественный анализ в химии только еще зарождался, а потому тогда было еще невозможно экспериментальным путем проверить правильность сделанных Ломоносовым гениальных предвидений, касающихся будущих стехиометрических законов химии. Однако важно то, что свое атомно-теоретическое понятие химического элемента, равно как и понятие атома («элемента»), Ломоносов фактически основывал именно на идее такого рода законов. Вместе с тем именно Ломоносов, будучи сам замечательным экспериментатором, заложил основы количественных исследований в химии, развитие которых привело в последней трети XVIII в. и в начале XIX в. (следовательно, уже после смерти Ломоносова) к открытию новых элементов, к переносу понятия элемента на реальные элементы, к открытию стехиометрических законов в химии и тем самым — к экспериментальному обоснованию химической атомистики с ее центральным понятием атомного веса. Все это говорит о том, что Ломоносов является истинным провозвестником химической атомистики и основателем связанной неразрывно с нею атомно-теоретической трактовки элемента.

Вместе с тем приведенные выше положения содержат в себе зерна будущей теории химического строения вещества, поскольку различие веществ связывается Ломоносовым не только с их составом (сколько и каких «элементов» входит в корпускулу), но и с их строением (когда «элементы» соединены между собою различным образом).

У Ломоносова можно обнаружить далее прямое зарождение идеи атомного веса в качестве отличительного признака у «элементов» разного вида. В 1744 г. он писал:

«Итак, в разнородных, относительно частных качествах, телах нечувствительные физические частицы должны различаться массою, фигурою, движением, силою инерции или расположением»<sup>1</sup>. В «Заметках о тяжести», называя неделимые частицы материи «физическими монадами», Ломоносов указывал: «Тяжесть физических монад пропорциональна плотности их материи»<sup>2</sup>. Но так как различие масс «неделимых частиц» (т. е. атомов) проявляется в различии их весов, то тем самым Ломоносов фактически вводит в химию понятие атомного веса. А так как атомы одного и того же вида, т. е. химического элемента, должны были быть одинаковыми между собою по всем своим свойствам, то они должны были быть одинаковыми и по своей массе. Отсюда вытекало признание, что фактически, по Ломоносову, *химический элемент есть вид атомов, характеризуемый одинаковостью их свойств, в том числе и их массы*. Спустя 60 лет после этого такой именно взгляд на элементы развил Дальтон.

Следует отметить, что Ломоносов заложил основы в широком смысле химико-физической трактовки элемента, включавшей в себя указания и на химико-механические, и на химико-электрические отношения частиц, разумеется, применительно к общему уровню развития физики и химии того времени. Это вытекало из общей концепции Ломоносова, согласно которой химия трактовалась им в нераздельной связи с физикой.

«Моя химия — физическая»<sup>3</sup>, — писал Ломоносов. Он пояснял: «Физическая химия есть наука, объясняющая на основании положений и опытов физики то, что происходит в смешанных телах при химических операциях»<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов, Полное собр. соч., т. I, стр. 217.

<sup>2</sup> Там же, стр. 249.

<sup>3</sup> «Вопросы философии», 1948, № 1, стр. 381. Сообщения и публикации.

<sup>4</sup> М. В. Ломоносов, Полное собр. соч., т. II, стр. 483.

Прежде всего Ломоносов заложил общие основы химико-механической трактовки элементов, опирающейся на учет взаимосвязи между химией и механикой. Однако это не было проявлением господствовавшего в XVII и XVIII вв. грубого механицизма в естествознании и материалистической философии, ибо Ломоносов отнюдь не отрицал качественной специфики химических явлений и не сводил их к простой механике. Он исходил из существования взаимосвязи между химией и физикой, в частности механикой, ища в механике как части физики объяснение химических явлений. Он писал:

«Все изменения тел происходят посредством движения», а потому «изменения смешанного тела (т. е. химические изменения. — Б. К.) происходят также посредством движения»<sup>1</sup>. Но так как «наука о движении есть механика», то «изменения смешанного тела можно отчетливее познать при помощи механики»<sup>2</sup>. Отсюда следовал вывод: «Поэтому, если кто хочет глубже постигнуть химические истины, то ему необходимо изучать механику»<sup>3</sup>. Та же мысль подчеркнута в заключительной фразе «Элементов математической химии»: «Следовательно, для познания и доказательства истин химии необходимо знать механику»<sup>4</sup>.

Говоря о движении атомов и корпускул и о механических законах их движения, Ломоносов не отождествляет механику этих микрообъектов с обычной механикой макротел, как это делали его современники-механисты. Он записывает, что «надо сказать о механике мельчайших частичек и что к ним не везде можно приложить законы чувствительных тел, особенно для жидкостей»<sup>5</sup>.

Развивая таким образом химико-механическую трактовку атомов и элементов, Ломоносов не игнорирует и другой их трактовки, а именно — химико-электрической. Разумеется, в середине XVIII в. знания об электричестве были еще весьма скудны. Были известны лишь электростатические явления и единственным источником электричества служила в то время электризация тел путем их трения. О динамическом электричестве и законах электрического тока не было еще никаких представлений. Тем более замечательным является предвидение Ломоносова, высказанное им в 1756 г. в диссертации на тему «Теория электричества, разработанная математическим способом»:

«Так как главным образом химия выведывает внутреннее строение тел, то без нее труден, даже невозможен доступ во внутренности их, и без химии этот доступ закрыт для (выяснения) истинной причины электричества»<sup>6</sup>. Ломоносову принадлежит идея применения электричества для осуществления химических экспериментов. А так как, по Ломоносову, «для познания смешанных тел надо их разделить»<sup>7</sup>, то, естественно, напрашивался вывод, что прежде всего надо пытаться применить электричество для химического разложения тел в целях познания как «истинной причины электричества», так и «внутреннего строения тел».

В своих программах и лабораторных записях физико-химических опытов Ломоносов непрестанно обращался к выяснению влияния электричества на химические процессы и на состояние тел. «Электрическая сила пособляет ли растворять»<sup>8</sup>, — записывает Ломоносов. По поводу

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов, Полное собр. соч., т. I, стр. 73.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Там же, стр. 75.

<sup>4</sup> Там же, стр. 83.

<sup>5</sup> «Вопросы философии», 1948, № 1, стр. 383. Сообщения и публикации.

<sup>6</sup> Цит. по кн.: Б. Н. Меншуткин, «Труды М. В. Ломоносова по физике и химии», 1937, стр. 204.

<sup>7</sup> М. В. Ломоносов, Полное собр. соч., т. I, стр. 83.

<sup>8</sup> Там же, т. II, стр. 596

кристаллизации (хрусталей) он отмечает: «Электрический огонь какой в них цветом... Кристаллизация скорее или тише в электризованных сальциях бывает»<sup>1</sup>. По поводу плавления тел он записывает: «Трение и электрические явления... Электризация»<sup>2</sup>. «Электричество», «Электризация», «цвет огня эл[ектрического]» и т. п. отмечаются Ломоносовым и при других физико-химических операциях. Все это говорит о том, что Ломоносов не только предвидел химико-электрическую трактовку элементов, но и указывал путь для широкого внедрения электричества в область химического эксперимента.

Особый интерес представляет попытка Ломоносова в том же направлении рассмотреть оптические явления в их связи с вопросом о химическом составе тел. В своих заметках «Теория электричества, разработанная математическим путем», составленных в 1756 г., Ломоносов, например, отмечает: «Во всех системах вселенной элементы и начала — одни и те же, так как лучи сходятся (в смысле «согласуются». — Б. К.) во всех [телах]. И материя пылающего солнца — та же самая, что и внутренняя (материя) в распаленных телах»<sup>3</sup>. Здесь мы видим, во-первых, признание единства химического состава всех космических тел, образованных из одних и тех же «элементов» (атомов) и «начал» (химических элементов), и во-вторых, гениальный намек на то, что это единство доказывается согласованностью лучей, т. е. общностью характера излучений «пылающего солнца» и «распаленных тел».

Так более чем за 100 лет до открытия спектрального анализа Ломоносов предвидит не только химическое единство вещества во Вселенной, но и то, что это единство должно быть доказано при помощи установления тождества оптических явлений. Особенно интересно в истории подготовки идеи спектрального анализа ломоносовское «Слово о происхождении света, новую теорию о цветах представляющее» (1756).

Таким образом, с полным основанием можно утверждать, что Ломоносов был основателем не только атомно-теоретического понятия элемента, но и всесторонней химико-физической его трактовки, как химико-механической, так и химико-электрической (включая в эту последнюю и химическую оптику).

После Ломоносова, особенно в начале XIX в., произошло как бы расчленение этой единой химико-физической трактовки элемента на его химико-механическую трактовку, с одной стороны, и на его химико-электрическую трактовку — с другой. Такое расчленение произошло в связи с тем, что одни химики искали ответа на вопрос о причине химических явлений в механических свойствах атомов и прежде всего в их массе (атомном весе), рассматривая химическое действие наподобие специфического гравитационного притяжения частиц, действующего на очень малых расстояниях; другие же химики видели эту причину в электрических свойствах атомов и прежде всего — в электрическом заряде их частей, рассматривая химическое действие наподобие электростатического взаимодействия между разноименными зарядами (притяжения) и между одноименными зарядами (отталкивания). При этом вплоть до второй четверти XX в. обе противоположные трактовки элемента, как правило, только противопоставлялись друг другу, но не брались в их взаимосвязи одна с другой, исходя из признания внутреннего единства всех свойств и проявлений элементов. И только во второй четверти XX в. постепенно стал выработываться, наконец, обоюдосторонний взгляд на элементы,

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов, Полное собр. соч., т. I, стр. 597.

<sup>2</sup> Там же, стр. 598.

<sup>3</sup> «Вопросы философии», 1948, № 1, стр. 383.

исходящий из учета как той, так и другой связи химизма с массой, так и связи его с электрическим зарядом. Тем самым начался известный возврат в этом вопросе к первоначальной трактовке элемента.

Условимся: объем понятия «элемент», выражающий число открытых химических элементов, изображать буквой  $v$ , а содержание этого понятия, выражающее существенные свойства или признаки химических элементов, — буквой  $s$ . Пока речь будет идти о доменделеевских представлениях об элементах, объем и содержание понятия элемента мы изображаем строчными (маленькими) буквами, а в случае менделеевского понятия элемента — прописными (большими) буквами. Условимся также в случае химико-механической трактовки элемента ставить черточку над буквой, т. е. писать  $\overline{v}$  и  $\overline{s}$ , а в случае химико-электрической трактовки ставить черточку под буквой, т. е. писать  $\underline{v}$  и  $\underline{s}$ ; в случае же обоюдосторонней его трактовки ставить две черточки, сверху и снизу, т. е. писать  $\overline{\underline{v}}$  и  $\overline{\underline{s}}$ .

Обозначим содержание понятия элемента, существовавшего в химии до Ломоносова, через  $s_0$ . Содержание же атомно-теоретического понятия элемента, введенного Ломоносовым, обозначим через  $\overline{s}_1$ . Очевидно, что оно будет значительно более глубоким, чем то, какое существовало до этого момента. Мы можем кратко записать по поводу начавшейся эволюции понятия элемента в связи с возникновением его атомно-теоретической трактовки:

$$s_0 \text{ превратилось в } \overline{s}_1.$$

Рассмотрим далее, как эволюционировало после Ломоносова введенное им в химию атомно-теоретическое понятие элемента со стороны его содержания и его объема.

## 2. ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА ЭЛЕМЕНТА ПОСЛЕ ЛОМОНОСОВА (ПОСЛЕДНЯЯ ТРЕТЬ XVIII в.— НАЧАЛО XIX в.)

В последней трети XVIII в., под влиянием растущей практики производства, исследования руд и минералов на предмет обнаружения известных и новых металлов, их очистки, их выплавки, быстро прогрессирует количественный анализ в химии, заложенный еще раньше. Этот анализ принимает прежде всего форму весового анализа. По примеру Ломоносова химики обзаводятся весами; весы становятся необходимой принадлежностью химических лабораторий и начинают систематически применяться в химических исследованиях. В результате этого было открыто много новых металлов сначала спутников железа и их аналогов (в XVIII в.), затем — спутников платины (начало XIX в.). Это привело к расширению объема понятия элемента и вместе с тем к углублению его содержания, поскольку устанавливались первые семейства металлов, т. е. группы химически сходных между собою элементов и, как оказалось впоследствии, обладающих близкими атомными весами.

Наряду с весовым способом количественного анализа в химии в XVIII в. стал разрабатываться и другой его способ — объемный, специфический для анализа «флюидов» — газов и жидкостей. В результате его развития в последней трети XVIII в. (в течение 1766—1774 гг.) были открыты четыре газа — водород (Кавендишем), азот (Резерфордом), кислород (Пристли и Шееле) и хлор (Шееле), которые впоследствии были признаны за самостоятельные химические элементы. Обозначим через  $v_0$  — объем понятия элемента, существовавший до 1741 г. (т. е. до



создания химической атомистики Ломоносова), а через  $v_1$  — его объем, расширившийся в результате открытия упомянутых четырех газов (а также никеля, открытого в 1751 г.); в таком случае происшедшую за это время эволюцию понятия элемента можно кратко представить так:

$$v_0 \text{ превратилось в } \bar{v}_1.$$

Открытие четырех упомянутых выше газов и, в особенности, кислорода имело громадное значение для всей химии, для всего учения о химических элементах. Именно благодаря открытию кислорода было установлено, что те вещества, которые раньше считались элементами (вода и зѣмли), в действительности являются химическими соединениями, а те, которые считались соединениями (металлы и неметаллы), — суть настоящие химические элементы. Тем самым понятие элемента было приведено в соответствие с действительными элементами. Вместе с тем было обнаружено следующее, очень важное обстоятельство: раньше химики имели дело с такими химическими реакциями, в которых участвовали вещества, находившиеся в твердом или жидком состоянии. Теперь же было доказано, что компонентом химических реакций может быть химически индивидуальный газ, который ведет себя во всем, как обычное вещество, но только находящееся в газообразном состоянии. В результате этого в один ряд с твердыми веществами — металлами, серой, углеродом, фосфором и прочими элементами — и жидкой ртутью были поставлены и вновь открытые газы. Таким образом, у элементов были обнаружены новые, весьма существенные признаки, так что содержание этого понятия значительно углубилось.

Следует отметить, что углубление содержания понятия произошло здесь под влиянием предшествовавшего расширения его объема: сначала были открыты новые элементы (газы), а затем под влиянием этого открытия были установлены новые признаки у элементов (существование некоторых из них в газообразном виде), и само понятие элемента было правильно перенесено с химически сложных веществ на действительные элементы.

Однако, в отличие от единой химико-физической трактовки элемента, какую мы видели у Ломоносова, опирающейся на атомно-теоретические представления, у последующего поколения химиков XVIII в. и прежде всего у Лавуазье понятие элемента, во-первых, приняло узкоэмпирический характер, чуждый атомистике, а во-вторых, стало сугубо односторонним, связанным лишь с химико-механической, а нередко и просто механистической трактовкой элемента. Это было следствием одностороннего развития количественного метода в химии и подчинения ему общехимических воззрений. Химикам стало казаться, что вся сущность химических явлений исчерпывается установлением таких механических свойств веществ, как их масса и объем, и изменений этих свойств в ходе химического взаимодействия веществ. Поэтому новые представления об элементах, сложившиеся в последней четверти XVIII в. (после открытия кислорода и других газов), вначале еще не связывались с атомно-теоретическим понятием элемента, а развивались особняком от него.

Обозначив через  $\bar{v}_2$  содержание понятия элемента, сложившееся в химии в последней четверти XVIII в., мы можем представить вкратце эволюцию понятия элемента после Ломоносова следующим образом:

$$\bar{s}_1 v_0 \text{ превратились в } \bar{s}_1 \bar{v}_1, \text{ а затем в } \bar{s}_2 \bar{v}_1.$$



Следовательно, расширение объема от  $v_0$  до  $\bar{v}_1$  повлекло за собой углубление содержания от  $\bar{s}_1$  до  $\bar{s}_2$ . Далее, благодаря открытию новых элементов, которое было сделано в последней четверти XVIII в., произошло дальнейшее расширение объема понятия элемента от  $v_1$  до  $v_2$ . В списке В перечислены элементы, известные к концу XVIII в. (Элементы, открытые после 1741 г., обозначены жирным шрифтом.)

### В. Список 25 элементов, известных в 1787 г.

(Объем понятия элемента  $v_2$ )

<i>Неметаллы</i>	<i>Металлы</i>		
кислород	сурьма	медь	никель
азот	серебро	олово	золото
водород	мышьяк	железо	платина
сера	висмут	<b>марганец</b>	свинец
фосфор	кобальт	ртуть	<b>вольфрам</b>
углерод	<b>хром</b>	<b>молибден</b>	цинк
хлор			

На рубеже XIX и XX вв. произошла дальнейшая эволюция понятия элемента как в части его содержания, так и в части его объема. В период с 1792 г. по 1803 г. были открыты три основных стехиометрических закона в химии, т. е. те законы, которым подчиняется химический состав веществ. Это были: закон павв, или эквивалентов, открытый в Германии (Рихтером), закон постоянства состава, открытый французским химиком Прустом, и закон простых кратных отношений, открытый в Англии (Дальтоном). Как уже говорилось выше, эти законы были предвидены Ломоносовым, и только отсутствие необходимого экспериментального материала не давало возможности в середине XVIII в. проверить и подтвердить эти предвидения на практике, т. е. открыть эти законы экспериментально.

В законах химической стехиометрии обобщался громадный опытный материал, касавшийся химического состава различных веществ и накопленный химиками в результате бесчисленного множества проведенных ими химических анализов.

С открытием законов химической стехиометрии химическая атомистика и связанное с нею атомно-теоретическое понятие элемента получили прочную экспериментальную основу. Эта основа состояла в том, что те признаки, которыми теоретически наделялись атомы (химическая неделимость атомов, их способность соединяться между собой лишь целыми атомами), нашли прямое экспериментальное подтверждение в том, что и макроскопические количества веществ, обнаруживаемые в лабораторном химическом анализе, соединяются между собою как целые порции, т. е. как одна, две, три и т. д. порции одного вещества с одной, двумя, тремя и т. д. порциями другого вещества.

Идя тем же путем, что и Ломоносов, т. е. признавая единство макро- и микрокосмоса в области химических отношений и свойств, Джон Дальтон в 1803 г. развил дальше основы химической атомистики, заложенные еще в XVIII в. Комментатор работ Дальтона А. Смитс характеризует методологический подход Дальтона, приведший его к экспериментальному открытию закона простых кратных отношений и атомных весов у элементов, следующим образом:

*«Если мельчайшая часть имеет определенный состав, то то же самое имеет место в самой большой части. Это основной закон определенного состава соединений... Раз большие куски построены так же, как*

*и малые*, кратные отношения становятся законом строения всех тел.. Когда мы получаем относительные веса составных частей тел, то одновременно мы получаем относительные веса атомов, так как *мельчайшие части должны быть построены так же, как и самые большие*»<sup>1</sup>. При этом не только общий путь, каким шел Дальтон к своим открытиям, повторяет тот самый путь, который был намечен Ломоносовым, но даже аргументация в отдельных случаях у Дальтона совпадает с ломоносовской, хотя, повидимому, Дальтону остались неизвестными труды Ломоносова.

Так, например, в связи с установлением постоянства и определенности отношений составных частей в химическом соединении (закона постоянства состава), Дальтон ставит вопрос: можно ли допустить различие у атомов данного химического однородного вещества или все его атомы следует считать одинаковыми по форме, весу и т. д.?

«Едва ли можно себе представить, — пишет Дальтон, — каким образом совокупность неодинаковых частиц может быть повсюду столь однородной. Если бы некоторые частицы воды были тяжелее других и если бы часть жидкости по какому-либо случаю состояла главным образом из этих более тяжелых частиц, то следовало предположить, что это повлияло бы на удельный вес всей массы; но такого случая до сих пор неизвестно. Подобные же замечания можно сделать относительно других веществ. Поэтому мы можем заключить, что *первичные частицы всех однородных тел совершенно одинаковы по весу, форме и т. п.* Другими словами, каждая частица воды подобна любой другой частице воды...»<sup>2</sup>.

Экспериментальное открытие атомных весов у элементов и установление, что все элементы обладают различными атомными весами, привело к опытному подтверждению и дальнейшему развитию возникшего атомно-теоретического понятия элемента. Под элементом стали понимать определенный вид атомов, отвечающий реально установленным химическим элементам, например вид атомов кислорода, вид атомов железа и т. д. Каждый элемент характеризовался определенным, только ему присущим значением атомного веса. Элементов по их числу признавалось столько, сколько было открыто различных видов атомов.

Основным свойством атомов была признана их масса, выраженная в их атомном весе. Главной задачей химиков, прежде всего химиков-аналитиков, стало определение как можно более точных значений атомных весов и их экспериментальная проверка. Для этого имелись глубокие причины, коренившиеся в практике, заинтересованной в выработке приемов рациональной химической технологии, в применении на производстве количественно точных расчетов, согласных с уравнениями химических реакций. Такие отрасли промышленности, как металлургия, основная химическая промышленность, красильное производство и другие, требовали создания для себя такой теоретической и экспериментальной основы, которая давала бы возможность точно определять, сколько и какого вещества надо вводить в реакцию, предугадывать и регулировать выходы получаемого продукта, налаживать строгий количественный контроль производства. Все это могло быть решено лишь с помощью атомных формул химического состава веществ и представления об атомном весе элементов. Зная атомные формулы участвующих в реакции веществ, зная уравнения соответствующих реакций, лежащих

<sup>1</sup> Д. Ж. Дальтон, Сборник избранных работ по атомистике, 1940, стр. 170. Приложение.

<sup>2</sup> Там же, стр. 43.

в основе того или иного производственного процесса, зная, наконец, атомные веса элементов, можно было теоретически делать необходимые для практиков количественные расчеты, находить оптимальные условия для производственного процесса и прежде всего определять весовые отношения исходных веществ в целях более эффективного ведения производства.

Таким образом, атомно-теоретическое понятие элемента с атомным весом как основным признаком элемента было вызвано к жизни, в конечном счете, потребностями практики, и его конечной целью было — служить интересам практики, интересам химического эксперимента и химической промышленности. Поэтому можно сказать, что названное понятие элемента уже в начале XIX в. включило в свое определение человеческую практику, говоря словами Ленина, и как критерий истины, и как практический определитель связи предмета с тем, что нужно человеку.

Определение элемента, как вида атомов, обладающих определенным атомным весом, было развитием химико-механической трактовки элемента. По сути дела здесь имело место определение элемента «через закон» (через стехиометрические законы химического состава, из которых вытекал определяющий признак элемента — его атомный вес). Атомный вес как определяющий признак элемента сделался фундаментом химико-механической трактовки элемента в XIX в. Благодаря открытию и экспериментальному обоснованию этого признака опытный материал химических анализов, обобщенный в виде эмпирических законов химической стехиометрии, органически вошел в атомно-теоретическое понятие элемента.

Обозначим через  $\bar{s}_3$  содержание понятия элемента, углубившееся на рубеже XVIII и XIX вв. вследствие открытия стехиометрических законов, а через  $\bar{s}_4$  — его еще более глубокое содержание, отвечающее экспериментальному открытию атомных весов, предвиденных ранее того (см. список D). Тогда эволюция содержания понятия элемента после открытия кислорода и до атомистики Дальтона включительно может быть кратко представлена так:

$\bar{s}_2$  превратилось в  $\bar{s}_3$ , а затем в  $\bar{s}_4$ .

За это же время объем понятия элемента возрос от  $\bar{v}_2$  до  $\bar{v}_3$  вследствие открытия ряда новых металлов: родия, палладия и др. (см. список С, в котором жирным шрифтом обозначены элементы, открытые после 1787 г., а знак вопроса стоит у элементов, которые не были еще первоначально получены в чистом виде).

### С. Список 36 элементов, известных в 1803 г.

(Объем понятия элемента  $v_3$ )

#### Неметаллы

кислород

азот

водород

сера

фосфор

углерод

хлор

фтор?

#### Металлы

олово

железо

марганец

ртуть

молибден

никель

золото

платина

свинец

вольфрам

цинк

уран?

титан?

иттрий?

тантал?

ванадий?

церий?

родий

палладий

осмий

иридий

В дальнейшем такая же эволюция произошла и с законом объемов реагирующих газов (1807): сначала этот закон был открыт как чисто эмпирическое правило, не связанное с атомными представлениями. Но в 1811 г. итальянский физик А. Авогадро и в 1814 г. французский физик А. Ампер показали, что свое теоретическое объяснение этот закон находит в молекулярной гипотезе. Тем самым атомно-теоретическое понятие элемента получило дальнейшее развитие, а молекулярная (корпускулярная) гипотеза получила прямое экспериментальное подтверждение и дальнейшее развитие.

Если обозначить через  $\bar{s}'_4$  содержание понятия, отвечающее открытию закона объемов, а через  $s''_4$  — отвечающее развитию молекулярной гипотезы Авогадро и Ампером, то кратко дальнейшую эволюцию понятия элемента в период с 1807 г. по 1811 г. можно представить так:

$\bar{s}_4$  превратилось в  $\bar{s}'_4$ , а затем в  $s''_4$ .

В 1815—1816 гг. химико-механическая трактовка элемента претерпела дальнейшую эволюцию благодаря выдвиганию английским врачом У. Праутом гипотезы о целочисленности атомных весов всех элементов и о их кратности атомному весу водорода. Отсюда Праут сделал вывод, что все элементы суть различные уплотнения водорода. Такой вывод свидетельствовал о крайней механистичности гипотезы Праута, согласно которой оказывалось, что качественное различие элементов сводится к чисто количественным различиям в их атомных весах, а следовательно, в числе механически соединенных атомов водорода, образующих атомы всех остальных элементов. Это означает, что в гипотезе Праута нашел свое резкое выражение второй пункт старого, метафизического понятия элемента как об этом говорится немного ниже. Поскольку гипотеза Праута возникла как прямое развитие химико-механической трактовки элемента, постольку новое, связанное с нею углубление содержания понятия элемента можно было бы обозначить через  $s'''_4$ .

Трактовка элементов химиками начала XIX в. носила механистический и метафизический характер. Механистическая трактовка материи как безжизненной массы, лишенной внутренней активности, была широко распространена в науке XVII—XVIII вв., когда более или менее полное развитие получила только одна отрасль естествознания — механика макротел. Естественно, что механика накладывала свою печать на остальные науки и прежде всего на физику и химию; обе последние испытывали на себе в то время сильное влияние механистических представлений о материи и движении, заимствовали из механики основные понятия и стремились повсюду применять мерилу механики. Позднее на этой именно почве у химиков возникли представления, так или иначе связывающие химические явления с механическими; при этом одни химики, исходившие из механики контакта, связывали причину химических процессов («химическое сродство») с геометрической формой атомов; другие, исходившие из механики сил (из ньютоновской динамики), связывали ее прежде всего с массой или весом действующих веществ; третьи пытались сочетать вместе те и другие представления. Именно на почве ограниченных идей ньютоновской механики возникла атомистика Дальтона. В атомистике Дальтона, выражавшей основу химико-механической трактовки элемента начала XIX в., метафизический подход к элементам выразился в четырех пунктах:

- 1) все элементы абсолютно независимы между собой;
- 2) качественные различия элементов сводятся к количественным различиям в их свойствах;
- 3) все элементы абсолютно неизменны, непревращаемы друг в друга, а их атомы неделимы;
- 4) все атомы каждого элемента абсолютно тождественны.

На основе этих положений строилось старое, метафизическое понятие элемента. Центральным из этих пунктов был второй, ибо он являлся краеугольным камнем и составной частью общего метафизического взгляда на природу. Характеризуя метафизический период в естествознании, Энгельс писал о выработке в этот период «своеобразного общего мировоззрения, центром которого является представление об *абсолютной неизменности природы*»<sup>1</sup>.

Такой взгляд на элементы хотя и был атомно-теоретическим, однако в силу своей метафизичности вполне согласовывался с эмпирико-аналитической трактовкой элемента как неразложённого, а тем более как неразложимого вещества. В самом деле: абсолютная независимость элементов между собой, включенная в качестве первого признака в атомно-теоретическое понятие элемента начала XIX в., органически согласовывалась с представлением об элементе как пределе химического анализа веществ, устанавливаемом совершенно независимо от других такого же рода пределов того же химического анализа. По этой причине понятие элемента, вытекавшее из атомистики Дальтона, было по сути дела, теоретико-аналитическим; поэтому оно вполне согласовывалось с отвечающим ему эмпирико-аналитическим понятием элемента.

Далее. Абсолютная неизменность и непревращаемость элементов и, соответственно, неделимость их атомов, включенная в качестве второго признака в атомно-теоретическое понятие элемента начала XIX в., так же органически согласовывалась с представлением об элементе, как о пределе химического, а значит, для того времени, всякого анализа веществ. Практическая неразложённость, а тем более неразложимость вещества как раз и находила свое теоретическое обобщение и выражение в признании неизменности элементов и неделимости их атомов. Следовательно, и в этом отношении теоретико-аналитическое понятие элемента вполне соответствовало его эмпирико-аналитическому понятию и опиралось на это последнее.

Наконец, абсолютная тождественность атомов одного и того же элемента, включенная в качестве последнего признака в атомно-теоретическое понятие элемента, была теоретическим обобщением и выражением того факта, что любая порция железа, кислорода или другого какого-либо элемента, достигаемая в пределе химического анализа, оказывалась совершенно тождественной с любой другой процией того же элемента. Значит, и в этом отношении теоретико-аналитическое понятие элемента оказывалось в теснейшей связи с его эмпирико-аналитическим понятием, как неразложённого или неразложимого вещества.

Хотя, как мы видели выше, уже в начале XIX в. понятие химического элемента фактически определялось «через закон» (через стехиометрические законы и вытекающий из них признак атомного веса), однако до открытия периодического закона Менделеевым каждый элемент в химии рассматривался только как нечто отдельное и *единичное*. До Менделеева химические элементы еще не связывались воедино *общим* законом и не рассматривались с точки зрения этого *общего* закона. Таким образом, глубочайшее принципиальное различие между домен-

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 6.

делеевской и менделеевской трактовками элемента состояло в том, что, согласно первой, элементы рассматривались только как *отдельные* виды атомов, вне их связи между собой, следовательно, вне связи и единства отдельного и общего; согласно же второй трактовке, элементы рассматривались прежде всего в их взаимной закономерной связи, как *отдельные* виды атомов, охватываемые *общим* периодическим законом, следовательно, с точки зрения связи и единства отдельного и общего.

Ниже мы приводим список D элементов с первыми атомными весами, которые вычислял в различное время с 1803 г. по 1810 г. Дальтон. Этот список показывает, как постепенно уточнялись значения атомных весов у различных элементов и как постепенно для все большего и большего числа элементов они определялись. Жирным шрифтом обозначены впервые вводимые или исправленные значения атомных весов; под знаком вопроса стоят окислы элементов, принимавшиеся в то время за элементы, и сомнительные значения атомных весов.

#### D. Список элементов с первыми атомными весами 1803—1810 гг.

(Содержание понятия элемента  $\bar{s}_4$ )

	1803 г.	1808 г.	1810 г.
водород	1	1	1
азот	4	5	5
углерод	4,4	5	5,4
кислород	5,66	7	7
фосфор	7,2	9	9
сера	14,4	13	13
магнезия?		20	17
известь?		23	24
натр?		28	28
кали?		42	42
стронцит?		46	46
барит?		68	68
железо		38	50
цинк		56	56
медь		56	56
свинец		95	95
серебро		100	100
платина		100	100?
золото		140	140?
ртуть		167	167
никель			25? 50?
олово			50
висмут			68?
сурьма			40
мышьяк			42
кобальт			55?
марганец			40?
уран?			60?
вольфрам?			56?
титан?			40?
церий?			45?
глинозем?			15?
кремнезем?			45?
иттрий?			53
глюциний?			30
цирконий?			43

### 3. ХИМИКО-ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА ЭЛЕМЕНТА ПОСЛЕ ЛОМОНОСОВА (ПЕРВАЯ ПОЛОВИНА XIX в.)

В 1800 г. был создан вольтов столб как источник динамического («гальванического») электричества. Вслед за тем выдающийся русский физик В. В. Петров применил данный новый «вид» электричества к химическому исследованию и прежде всего к химическому анализу. Так было открыто явление электролиза. В 1803 г. Петров опубликовал свое открытие. Этим было выполнено намерение Ломоносова — применить электричество экспериментально для химических целей, для выведывания внутреннего строения тел. Открытие Петрова явилось краеугольным камнем экспериментального обоснования будущей химико-электрической трактовки элемента, которая не связывалась пока еще с атомно-теоретическим понятием элемента. Тем не менее открытие Петрова явилось громадным углублением понятия элемента, обогащением его таким существенным признаком, как наличие у элемента определенных электрических свойств (зарядов), нейтрализация которых обуславливает распад даже самых прочных и стойких соединений на свободные элементы. Тем самым была подведена экспериментальная основа под новый взгляд на химическое сродство между элементами; согласно этому взгляду, элементы соединяются (притягиваются) не своими массами (т. е. не механически), а своими зарядами (т. е. электростатически).

В 1807 г. английский физико-химик Г. Дэви применил способ электролиза к разложению щелочей и впервые получил металлические натрий и калий. В следующем году он разложил тем же путем щелочные земли и получил в свободном виде металлические кальций, стронций, барий и магний.

Обозначим через  $s_5$  содержание понятия элемента, углубленное благодаря открытию электролиза, а через  $v_4$  его объем, расширившийся благодаря открытию новых металлов электролитическим путем (см. список Е, в котором обозначения те же, что и в списке С. Жирным шрифтом выделены элементы, открытые после 1803 г.).

#### Е. Список 42 элементов, известных в 1808 г.

(Объем понятия элемента  $v_4$ )

<i>Неметаллы</i>		<i>Металлы</i>		
кислород	сурьма	железо	вольфрам	палладий
азот	серебро	марганец	цинк	осмий
водород	мышьяк	ртуть	уран?	иридий
сера	висмут	молибден	титан?	калий
фосфор	кобальт	никель	иттрий?	натрий
углерод	хром	золото	тантал?	барий
хлор	медь	платина	ванадий?	стронций
фтор?	олово	свинец	церий	кальций
			родий	магний

Напомним, что объем понятия элемента, имевшийся к 1803 г., мы ранее обозначили через  $v_3$ , а его содержание через  $s_3$ . Соответственно этому эволюцию понятия элемента в период с 1803 г. по 1808 г., связанную с открытиями Петрова и Дэви, можно кратко представить так:

$s_3v_3$  превратились в  $s_5v_3$ , а затем в  $s_5v_4$ .



Следовательно, в данном случае сначала произошло углубление содержания понятия элемента от  $\underline{s}_3$  до  $\underline{s}_5$  (благодаря открытию Петровым электролиза), а углубление содержания закономерно повлекло за собой расширение объема (выделение новых металлов при помощи способа электролиза).

Но как открытие Петрова, так и открытие Дэви не были первоначально приведены в связь с атомно-теоретическим понятием элемента, тем более, что сам Дэви был противником атомизма. Однако вскоре после этих открытий, опираясь на них и обобщая их теоретически, выдающийся шведский химик И. Я. Берцелиус создал систему химии, основанную на атомистической и вместе с тем химико-электрической трактовке элементов. Экспериментальные данные Петрова, Дэви и других электрохимиков начала XIX в. Берцелиус перенес на атомы, приписав каждому атому два электрических полюса или заряда — положительный и отрицательный. Оба полюса, по своей величине, т. е. по величине электрического заряда, неодинаковы: у металлов преобладает положительный полюс, причем тем больше, чем более сильным в химическом отношении является данный металл; у неметаллов («металлоидов») преобладает отрицательный полюс. Электростатическим притяжением и отталкиванием различных атомов своими полюсами Берцелиус объяснял химическое взаимодействие веществ. Так возникла химико-электрическая трактовка элементов, которая стала господствующей в химии первой половины XIX в.

Следует учесть, что Берцелиус не отвергал экспериментальных данных химии, служивших опорой для химико-механической трактовки элементов в начале XIX в. (атомные веса, закон объемов); однако эти данные он подчинял своей основной химико-электрической трактовке элемента.

В 30-х годах XIX в. химико-электрическая трактовка элемента обогатилась познанием законов электролиза, открытых великим английским физико-химиком-материалистом М. Фарадеем. Теоретическое обобщение этих законов привело Фарадея к образованию понятия *иона* (осколка молекулы, несущего электрический заряд того или иного знака). Через понятие иона новые электрохимические опытные данные, обобщенные в законах электролиза, вошли в атомно-теоретическое понятие элемента в его химико-электрической трактовке. Вместе с тем открытие Фарадея, а в еще большей степени открытие закона сохранения и превращения энергии, который явился физической конкретизацией ломоносовского универсального закона сохранения материи и движения, подрывали электро-химическую теорию Берцелиуса; эта последняя исходила из признания количественного неравенства величины электрического заряда на полюсах у различных атомов, тогда как Фарадей показал, что величина заряда у эквивалентных количеств элементов должна быть одинаковой, поскольку одно и то же количество протекшего электричества выделяет на электродах эквивалентные количества элементов.

Обозначим содержание атомно-теоретического понятия элемента в его химико-электрической трактовке, данной Берцелиусом, через  $\underline{s}_5$ , а углубление его содержания в связи с открытиями Фарадея и введением понятия иона — через  $\underline{s}_8$ . Тогда эволюция понятия элемента в соответствующем направлении кратко выразится так:

$\underline{s}_5$  превратилось в  $\underline{s}_6$ , а затем в  $\underline{s}_8$ .

Основным приемом классификации элементов с точки зрения их химико-электрической трактовки служило расположение их в общий ряд по их электролитическим свойствам, начиная от самого сильного электроотрицательного элемента, каковым Берцелиус считал кислород, через электронейтральный водород, занимающий срединное положение в этом ряду, и кончая самым сильным электроположительным элементом, калием. Концы этого ряда являлись как бы двумя электрическими полюсами, которые обозначались как  $-E$  и  $+E$  (см. список F. Курсивом выделены элементы, открытые после 1808 г.).

F. Список 56 элементов, известных в 1842 г. и расположенных в «ряд напряжения»

(Объем понятия элемента  $v_3$ )

<i>Электроотрицательные</i>				<i>Электроположительные</i>		
( $-E$ )	O	V	H	Au	Pb	Al
	S	Mo		Os	Cd	Di
	<i>Se</i>	W		Ir	Co	<i>La</i>
	N	B		Pt	Ni	Yt
	F	C		Rh	Fe	<i>Be</i>
	Cl	Sb		Pd	Zn	Mg
	<i>Br</i>	Te		Hg	Mn	Ca
	<i>J</i>	Ta		Ag	Ur	Sr
	P	Ti		Cu	Ce	Ba
	As	Si		Bi	Th	Li
	Cr			Sn	Zr	Na
						K (+E)

Дальнейшая эволюция химико-электрической трактовки элемента связана с созданием в 1885—1887 гг. теории электролитической диссоциации, а затем — с открытием электрона в 1897 г. и открытиями XX в.

Следует отметить, что все отмеченные в предыдущем разделе признаки метафизического понятия элемента целиком присущи и понятию элемента в теории Берцелиуса. У Берцелиуса это понятие, как и вся электрохимическая теория, являлось метафизичным, а потому неизбежно должно было рухнуть под ударами последующих открытий в химии и физике, что и произошло к исходу первой половины XIX в.

Наряду с тем, что в первой половине XIX в. господствующее положение заняла электрохимическая теория Берцелиуса и связанная с нею химико-электрическая трактовка элемента, параллельно ей развивалась и прежняя химико-механическая трактовка элемента.

Между обеими трактовками элемента в 30-х и 40-х годах XIX в. происходила острая борьба. Противники электрохимизма Берцелиуса во главе с французским химиком Жераром доказали, опираясь на новые факты, обнаруженные в органической химии, что химико-электрическая трактовка элемента в том виде, в каком ее защищал Берцелиус, совершенно несостоятельна. Электрополярной теории Берцелиуса была противопоставлена «унитарная» теория Жерара, отрицавшая наличие у атомов электрических полюсов и признавшая, что частица (молекула) является внутренне цельной, единой системой. К середине XIX в. теория Берцелиуса и его химико-электрическая трактовка элемента оказались почти окончательно вытесненными из химии.

За 20 лет, с 1808 по 1829 г., были открыты новые элементы и среди них неметаллы; бор, йод, селен, кремний и бром. Из металлов за это же время были открыты: кадмий, литий, цирконий, алюминий, бериллий, торий и др. Эти открытия вместе с открытием щелочных и щелочноземельных металлов привели к образованию так называемых «естествен-

ных групп» элементов, в которых объединялись химически сходные элементы (полные аналоги). Еще в 1817 г. немецкий химик Деберейнер заметил, что частичный вес окиси стронция представляет арифметическое среднее из частичных весов окисей кальция и бария. В дальнейшем оказалось, что можно составить триады химически сходных элементов так, что атомный вес среднего члена в каждой триаде равнялся полусумме атомных весов обоих крайних членов триады. Особенно ясно это подтвердилось на примере брома, открытого в 1826 г. В 1929 г. Деберейнер опубликовал свою работу «Попытка группировки элементарных веществ по их аналогии». Он составил несколько триад, таких, например, как Cl — Br — J; Li — Na — K; Ca — Sr — Ba; S — Se — Te; Pt — Jr — Os; Fe — Cr — Mn; Ni — Cu — Zn и др. Установление «естественных групп» означало, во-первых, обнаружение близкого химического свойства (аналогий) у отдельных элементов и, во-вторых, раскрытие закономерной изменчивости атомных весов (т. е. основы химико-механической трактовки элемента) в пределах каждой естественной группы. Продолжая эту идею, другой немецкий химик Петтенкофер опубликовал в 1850 г. свою статью на тему «О правильных расстояниях между эквивалентными числами так называемых простых радикалов». В этой статье он показывает, что разности между эквивалентными весами химически сходных элементов, составляющих одну естественную группу (элементы он называет «простыми радикалами»), часто являются кратными одного и того же числа.

В списке G сопоставлены триады Деберейнера с группами Петтенкофера, причем третий столбец указывает эквивалентные веса 1850 г., четвертый — их разности, а пятый — приближенные значения этих разностей, представленные как кратные числа.

### G. Список естественных групп 1829 и 1850 гг.

(Содержание понятия элемента  $\bar{s}_7$ )

Триады Деберейнера			Группы Петтенкофера	
Ca	Sr	Ba	Mg 12,07 Ca 12,00 Sr 43,92 Ba 68,54	$\begin{matrix} > 7,93 = 1 \times 8 \\ > 23,92 = 3 \times 8 \\ > 24,62 = 3 \times 8 \end{matrix}$
Li	Na	K	Li 6,51 Na 22,97 K 39,11	$\begin{matrix} > 16,46 = 2 \times 8 \\ > 16,14 = 2 \times 8 \end{matrix}$
S	Se	Te	O 8 S 16 Se 39,62 Te 64,14	$\begin{matrix} > 8 = 1 \times 8 \\ > 23,62 = 3 \times 8 \\ > 24,52 = 3 \times 8 \end{matrix}$
P	?	As	N 14 P 32 As 75	$\begin{matrix} > 18 = 1 \times 8 \\ > 43 = - \\ > 54 = 3 \times 18 \end{matrix}$
Sb	?	Bi	Sb 129	
			C 6 B 11 Si 21,34	$\begin{matrix} > 5 = 1 \times 5 \\ > 10,24 = 2 \times 5 \end{matrix}$

Триады Деберейнера			Группы Петтенкофера		
Cl	Br	J			
Pt	Ir	Os			
Fe	Cr	Mn			
Ni	Cu	Zn			
Sn	?	Cd			

Все это означало дальнейшее развитие понятия элемента и углубление его содержания в химико-механической трактовке. Обозначим через  $\bar{v}_5$  возросший объем понятия элемента в результате открытия новых элементов за время с 1808 г. по 1829 г., точнее, — по 1839 г., когда был открыт лантан (см. список F), а через  $\bar{s}_7$  содержание понятия элемента после открытия естественных групп. В таком случае эволюцию понятия элемента в указанном направлении после открытия щелочных и щелочноземельных металлов можно кратко изобразить так:  $\bar{s}_4 \bar{v}_4$  превратились в  $\bar{s}_4 \bar{v}_5$ , а затем в  $\bar{s}_7 \bar{v}_5$ . Здесь происшедшее в начале расширение объема понятия элемента от  $\bar{v}_3$  до  $\bar{v}_4$  (вследствие открытий новых металлов Дэви) и далее от  $\bar{v}_4$  до  $\bar{v}_5$  (вследствие позднейшего открытия йода и других элементов) привело к углублению содержания понятия элемента в смысле установления нового признака у элементов, связанного с открытием естественных групп (от  $\bar{s}_4$  до  $\bar{s}_7$ ). К концу 50-х годов XIX в. объем понятия элемента расширился еще больше (до  $\bar{v}_6$ ) вследствие открытия рутения и других элементов.

Ниже приводится список элементов (с их атомными весами), известных в 1859 г. Элементы, открытые после 1842 г., обозначены жирным шрифтом.

**Н. Список 59 элементов с их атомными весами, известных 1859 г.**

(Объем понятия элемента  $\bar{v}_6$ )

Al	13,6	F	19,0	Ni	29,0	Sr	43,8
Sb	120,3	Au	196,0	<b>Nb</b>	<b>48,9</b>	Ta	68,8
As	75,0	J	127,0	Os	100,0	Te	64,0
Ba	68,6	Ir	98,6	Pd	59,0	Th	59,5
Be	7,0	Cd	56,0	P	31,0	Ti	25
Pb	103,0	K	39,0	Pt	99,0	Ur	60
B	11,0	Co	30,0	Hg	100,0	V	68,5
Br	80,0	C	6,0	Rh	52	H	1,0
Ca	20,0	Cu	31,7	<b>Ru</b>	<b>52</b>	Bi	104,0
Ce	46	La	46	O	8,0	W	92
Cl	35,5	Li	6,5	S	16,0	Yt	35
Cr	26,2	Mg	12,0	Se	39,5	Zn	32,5
Di	48	Mn	27,6	Ag	108,0	Sn	58,0
Fe	28	Mo	46	Si	21,3	Zr	33,5
Fr	—	Na	23,0	N	14,0		

**4. ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ АТОМНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ТРАКТОВКИ ЭЛЕМЕНТА (50-е и 60-е ГОДЫ XIX в.)**

Начиная с 20-х годов XIX в., происходило все убыстряющееся развитие органической химии, обусловленное быстрым развитием химической промышленности, основанной на органическом синтезе. Это каса-

лось в первую очередь таких отраслей промышленности, как текстильная (в части окрашивания тканей), химико-фармацевтическая и парфюмерная. Ограниченность природных источников сырья для них заставляла химиков-органиков уже в первой половине XIX в. искать путей к замене естественных источников сырья искусственными, синтетическими. В случае положительного решения этой задачи упомянутые отрасли промышленности не только получили бы новую расширенную базу исходных продуктов, но перестали бы находиться в зависимости от сезонных условий. Чтобы практически выполнить такую задачу, химия должна была найти теоретические и экспериментальные подходы к познанию строения тех веществ, в синтезе которых была кровно заинтересована промышленность. Зная строение веществ, химики-органики могли, во-первых, объяснить свойства веществ, исходя из их строения, в том числе и тех веществ, которые представляли особый интерес с производственной точки зрения, и на этой основе предсказывать новые вещества с уже заранее предвиденными свойствами; во-вторых, химики-органики на основе выяснения строения веществ могли предвидеть и отыскивать пригодные для лабораторных и промышленных условий практические способы синтеза веществ, строение которых было выяснено.

Но строение веществ означает, как это показал великий русский химик А. М. Бутлеров, определенную *связь* между атомами, их взаимное химическое влияние друг на друга. Таким образом, изучение связи между атомами служило необходимой предпосылкой для выяснения строения сложного органического вещества, а значит и для его синтетического получения.

Энгельс указывал, что в настоящее время химия «в состоянии изготовить всякое органическое вещество, состав которого она точно знает»<sup>1</sup>. (Здесь вместо «состав» правильнее было бы сказать «строение», что и подразумевал Энгельс.) Осуществление ряда простейших органических синтезов заложило основу промышленности синтетических органических веществ. Так, например, синтез анилина, осуществленный в 1842 г. русским химиком Н. Н. Зининым, явился исходным пунктом в развитии всей анилино-красочной промышленности.

Вместе с тем именно практика химико-органической промышленности явилась критерием для проверки правильности атомно-теоретических представлений об элементах, обогащенных раскрытием химического строения органических веществ. Энгельс писал по поводу несостоятельности кантовской неуловимой «вещи в себе»:

«Химические вещества, образующиеся в телах животных и растений, оставались подобными «вещами в себе», пока органическая химия не стала готовить их одно за другим; тем самым «вещь в себе» превращалась в вещь для нас, как, например, ализарин, красящее вещество марены, которое мы теперь получаем не из корней марены, выращиваемой в поле, а гораздо дешевле и проще из каменноугольного дегтя»<sup>2</sup>.

Таким образом, и в данном случае атомно-теоретическое понятие элемента, охватившее собою в обобщенном виде результаты исследования химического строения органических веществ, включило в свое определение человеческую практику и как критерий истины, и как практический определитель связи предмета с тем, что нужно человеку.

Решение проблемы химического строения вещества зависело от выяснения вопроса о взаимной *связи* атомов, о способе их *соединения* между собой внутри молекулы. В общем виде такие идеи высказывал еще Ло-

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 156.

<sup>2</sup> Ф. Энгельс, Людвиг Фейербах, 1951, стр. 18.

моносов, как об этом говорилось в первом разделе данной главы. В свою очередь, вопрос о соединении атомов в молекуле требовал установления ясных понятий атома и молекулы. По такому пути и пошло развитие всей химии, и в особенности органической химии в 50-х и 60-х годах XIX в. Соответственно этому обогащалось и углублялось по своему содержанию атомно-теоретическое понятие элемента. В 1852 г. английским химиком Франкландом в химию было введено понятие валентности («атомности»), означавшее способность атома данного элемента соединяться с определенным числом других атомов. Валентность сразу же стала играть весьма существенную роль в химии и, в частности, в атомно-теоретическом понятии элемента. Возникла задача определить валентность у разных элементов. В 1857 г. была установлена четырехвалентность углерода, что явилось весьма существенной подготовкой к созданию общей теории химического строения органических веществ. Однако в 50-х годах XIX в. учение о валентности элементов не выходило еще за рамки чисто эмпирических правил и охватывало собой почти исключительно количественную сторону взаимоотношений элементов внутри молекулы. К тому же многие зарубежные химики-органики, в том числе и немецкий химик А. Кекуле, были сторонниками агностической теории типов и не признавали возможности познания истинного строения органических веществ. Поэтому все сделанные к концу 50-х годов открытия в этой области не были еще по-настоящему обобщены теоретически и не были еще по-настоящему охвачены атомно-теоретическим понятием элемента.

В 1860 г. на Первом международном съезде химиков (в Карлсруэ), в работе которого участвовал и молодой Менделеев, была единодушно одобрена молекулярная теория, заложенная Ломоносовым и развитая дальше Авогадро и Жераром. Благодаря этому, во-первых, прочно установилось понятие о молекуле (частице), вследствие чего можно было с полной ясностью ставить вопрос о соединении атомов в молекуле; во-вторых, была ликвидирована существовавшая до тех пор в химии страшная путаница в атомных и эквивалентных весах элементов, и химики единодушно признали истинные атомные веса. Это еще больше обогатило атомно-теоретическое понятие элемента и расчистило путь для его дальнейшего успешного и быстрого развития. В результате химико-механическая трактовка элемента укрепилась в химии именно в это время.

В 1861 г. Бутлеров создал свою знаменитую теорию химического строения органических веществ. Эта теория, будучи материалистической и диалектической по своему содержанию, полностью вытеснила ограниченную агностическую теорию типов; новая теория отразила собой все-сторонне качественную и количественную стороны отношений атомов в молекуле, т. е. тех отношений, которые составляют содержание понятия «химическое строение». Называя атомы «элементарными паями», Бутлеров писал:

«Этот порядок взаимодействия — способ взаимной химической связи элементарных паяв в частице — можно назвать химическим строением частиц...»<sup>1</sup>.

Теория строения, созданная Бутлеровым, впервые позволила охватить единым теоретическим взором все необъятное множество фактов, относящихся к области изучения строения органических веществ; вместе с тем она впервые позволила органически включить результаты этого теоретического обобщения в атомно-теоретическое понятие элемента.

По своим воззрениям на атомы и элементы Бутлеров придерживался

<sup>1</sup> А. М. Бутлеров, Введение к полному изучению органической химии, СПб., 1887, стр. 34.

скорее химико-механической, чем химико-электрической их трактовки; во всяком случае, он был решительным противником метафизической электрохимической системы Берцелиуса. Например, он ожидал, что наступит время, «когда мы будем знать ближе натуру химической энергии, самый род атомного движения,— когда законы механики получат и здесь приложение...»<sup>1</sup>.

Обозначим через  $\bar{s}_9$  содержание понятия элемента после введения в химию понятия валентности («атомности»), через  $\bar{s}'_{10}$  — после принятия молекулярной теории и истинных атомных весов и через  $\bar{s}_{10}$  — после создания Бутлеровым теории химического строения. Вкратце эволюцию понятия элемента, происшедшую в течение 50-х годов XIX в. и в начале 60-х годов можно представить так:

$\bar{s}_8$  превратилось в  $\bar{s}_9$ , далее в  $\bar{s}'_{10}$  и, наконец, в  $\bar{s}_{10}$ .

Таким образом, к началу 60-х годов XIX в. у атомов было установлено два фундаментальных признака — атомный вес и валентность, которые отныне стали двумя краеугольными камнями химико-механической трактовки элемента. Однако в начале 60-х годов оба главных признака элемента рассматривали еще не связанными между собой. Впервые необходимая связь между обоими главными признаками элемента была раскрыта Менделеевым в 1869 г.; эта их необходимая связь составила основу открытого Менделеевым периодического закона и созданной им периодической системы элементов.

Параллельно тому, как в начале 60-х годов XIX в. шло развитие химико-механической трактовки элемента, так в это же время эволюционировала и его химико-электрическая трактовка. Обособленно от этих трактовок стояло открытие в 1860 г. спектрального анализа немецкими учеными — химиком Р. Бунзеном и физиком Кирхгофом. Это открытие показало, что каждый химический элемент обладает определенным, лишь ему одному присущим, оптическим спектром. Тем самым было обогащено дальше и углублено еще больше понятие элемента, ибо к таким его признакам, как атомный вес и валентность, был добавлен новый, весьма специфический и своеобразный признак — оптический спектр. Однако, в отличие от первых двух признаков, которые прямо и непосредственно приписываются атомам в качестве их свойств оптический спектр долгое время оставался лишь на положении экспериментально наблюдаемого, но теоретически (с атомистической точки зрения) необъяснимого пока что свойства. Лишь в XX в. в связи с созданием квантовой теории света (излучения) и электронной теории строения атома этот признак атомов органически вошел в атомно-теоретическое понятие элемента.

Открытие нового признака элементов, наблюдаемого непосредственно экспериментально с помощью физического прибора (спектроскопа), давало возможность химикам открывать новые, ранее неизвестные еще элементы. К этому вело обнаружение новых спектральных линий, которые не принадлежали ни одному из известных до тех пор элементов. Таким именно способом Бунзен открыл в 1860 г. цезий, а в 1861 г. — рубидий, английский физико-химик У. Крукс открыл в том же 1861 г. таллий, а немецкие химики Рейх и Рихтер открыли в 1863 г. индий.

Позднее, в 1868 г., английский физик Локиер обнаружил на Солнце спектральные линии, принадлежавшие гелию. В списке I перечислены элементы (с их атомным весом), известные в 1868 г.; элементы, откры-

<sup>1</sup> А. М. Б у т л е р о в, Избранные работы по органической химии, 1951, стр. 431—432.



Ж. Список 63 элементов известных в 1868 г. с их атомными весами  
(Объем понятия элемента  $v_8$ )

Серебро	Ag	108	Молибден	Mo	48
Алюминий	Al	13,5	Азот	N	14
Мышьяк	As	75	Натрий	Na	23
Золото	Au	197	Ниобий	Nb	97,8
Бор	B	10,9	Никель	Ni	58,8
Барий	Ba	137	Кислород	O	16
Бериллий	Be	4,7	Осмий	Os	99,6
Висмут	Bi	220	Фосфор	P	7
Бром	Br	80	Свинец	Pb	207
Углерод	C	12	Палладий	Pd	53,3
Кальций	Ca	20	Платина	Pt	188,4
Церий	Ce	46	<i>Рубидий</i>	<i>Rb</i>	85,4
Кадмий	Cd	56	Родий	Rh	52,2
Хлор	Cl	35,5	Рутений	Ru	52,2
Кобальт	Co	58,8	Сера	Se	32
Хром	Cr	52,8	Сурьма	Sb	124
<i>Цезий</i>	<i>Cs</i>	133	Селен	Sl	79,4
Медь	Cu	63,4	Кремний	Si	28
Дидим	Di	47,5	Олово	Sn	118
Эрбий	Er	47,5	Стронций	Sr	87,6
Фтор	F	19	Тантал	Ta	103,3
Железо	Fe	56	Теллур	Te	128
Водород	H	1	Титан	Ti	50
Ртуть	Hg	200	Торий	Th	59,6
Йод	J	127	<i>Таллий</i>	<i>Tl</i>	204
<i>Индий</i>	<i>In</i>	37	Уран	Ur	60
Иридий	Ir	99	Ванадий	V	68,7
Калий	K	39	Вольфрам	W	92
Лантан	La	46,4	Иттрий	Yt	92
Литий	Li	7,4	Цинк	Zn	65,2
Магний	Mg	24	Цирконий	Zr	89,6
Марганец	Mn	55	(Гелий)	(He?)	

тые после 1859 г., обозначены курсивом; атомные веса, уточненные или найденные после 1860 г., обозначены жирным шрифтом.

Рассмотрим эволюцию понятия элемента, совершившуюся в 60-х годах XIX в. благодаря спектроскопическим открытиям. Заметим, что объем понятия элемента к началу 60-х годов XIX в. возрос вследствие открытия в 1839 г. лантана, в 1845 г. — рутения русским химиком К. К. Клаусом (названного так в честь России), а также других элементов. Обозначим через  $v_6$  объем понятия элемента, каким он стал к 1860 г., через  $v_7$  — каким он стал после открытия новых элементов в 1861—1863 гг., и через  $v_8$  — каким он стал в 1868 г., после наблюдения Локиером линий гелия на Солнце. Содержание же понятия элемента, каким оно стало после установления оптических спектров, как нового признака элементов, обозначим через  $s_{11}$ , а через  $s_8$  — каким оно было до этого. В таком случае соответствующую эволюцию понятия элемента кратко можно изобразить так:

$s_8 v_6$  превратились в  $s_{11} v_6$ , затем в  $s_{11} v_7$  и, далее, в  $s_{11} v_8$ .

Здесь со всей очевидностью обнаруживается, что сначала изменилось содержание понятия (от  $s_8$  до  $s_{11}$ ), и это изменение содержания понятия повлекло за собой вполне закономерно изменение его объема (от  $v_6$  до  $v_7$  и затем до  $v_8$ ).

Теперь, когда мы рассмотрели такие признаки элементов, как их атомный вес, валентность, электрические и спектральные свойства, можно поставить вопрос о том, какова была действительная экспериментальная основа доменделеевского атомно-теоретического понятия элемента. Мы видели, что в своей метафизической трактовке теоретико-аналитическое

понятие элемента прямо опиралось как на свою опытную основу — на эмпирико-аналитическое понятие элемента, т. е. на эмпирически устанавливаемый факт неразложённости того или иного вещества. Но если освободить доменделеевское атомно-теоретическое понятие элемента от его метафизической ограниченности, как к этому стремился, в частности, Бутлеров, то сейчас же обнаружится, что его подлинной эмпирической основой служили прежде всего данные лабораторных химических анализов, из которых выводились (в порядке теоретических расчетов и обобщений) значения атомных весов различных элементов и значения их валентности, а также данные органических синтезов, которые служили практической проверкой найденных значений атомных весов и валентности и, разумеется, теоретических представлений о строении синтезируемых веществ. Далее, опытной основой атомно-теоретического понятия элемента служили экспериментальные данные, с помощью которых устанавливались физические признаки элементов — их электрические, оптические и другие свойства и отношения. Совокупность всех этих экспериментальных данных, но отнюдь не эмпирически наблюдаемый факт практической неразложённости вещества, служила действительной опытной основой доменделеевского атомно-теоретического понятия элемента.

Резюмируя всю историю развития доменделеевского понятия элемента с момента его возникновения в 1741 г. до момента его коренного преобразования в новое менделеевское понятие в 1869 г., попытаемся представить всю его эволюцию в графическом виде. Воспользуемся с этой целью, как это мы делали в первой части книги, эйлеровскими кругами для обозначения объема понятия элемента на том или ином этапе его развития. Открытие новых элементов, приводящее к расширению объема понятия элемента, мы будем изображать увеличением кружка, изображающего объем данного понятия.

Содержание понятия элемента мы будем изображать концентрическими кругами, заполняющими внутреннюю площадь круга и как бы показывающими этим, что идет проникновение познания вглубь изучаемого объекта (элементов). Если вновь найденный признак элемента не получил еще атомно-теоретического истолкования, т. е. если он не может быть еще представлен в виде определенного свойства атомов, то мы будем изображать его в виде внутреннего концентрического кружка, не сливающегося с внешним ободком основного круга. Если же такое атомно-теоретическое объяснение новому признаку элемента дано, так что данный признак в его обобщенном виде органически вошел в атомно-теоретическое понятие элемента, то мы будем изображать это в виде зачерненного ободка, распространяющегося вглубь площади круга.

В результате такого способа изображения изменений, происходящих в объеме и содержании понятия элемента, эволюция этого понятия, происшедшая на протяжении почти 130 лет (с 1741 г. по 1868 г.), представится в виде неуклонно растущего объема понятия элемента (размер кружка все время увеличивается) и столь же неуклонно углубляющегося содержания понятия элемента (зачерненная область круга все время увеличивается, распространяясь к центру круга, т. е. «вглубь»; см. схему I).

Поскольку на различных этапах истории химии до известной степени обособлялась и как бы поляризовалась эволюция понятия элемента в сторону развития его химико-механической трактовки и (параллельно) в сторону развития его химико-электрической трактовки, соответствующее раздвоение эволюции рассматриваемого понятия мы выражаем двумя параллельно идущими рядами изменений его объема и его содержания. Стрелки указывают направление, в котором совершалась эволюция понятия элемента в части его объема или его содержания или же того

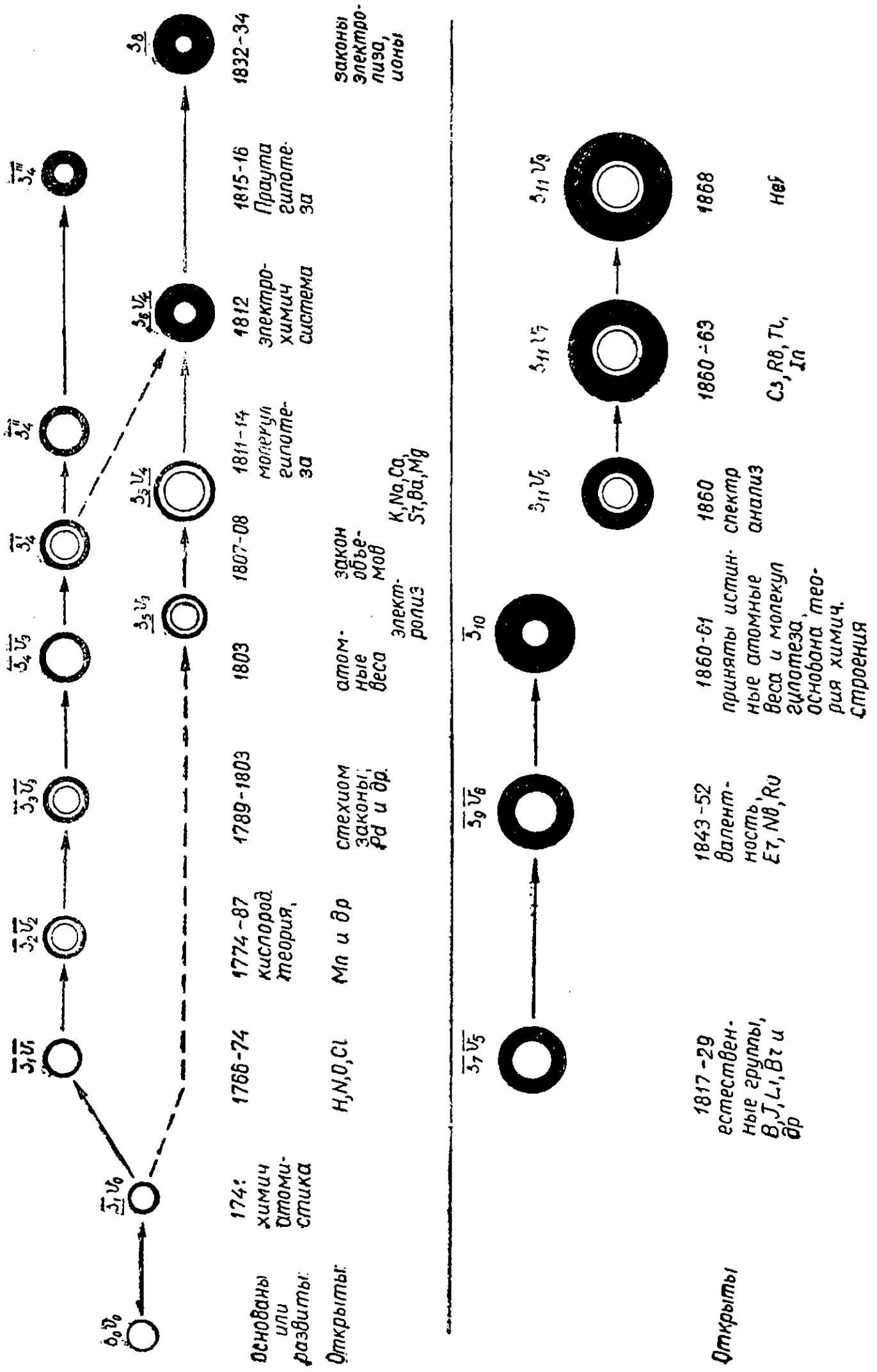


Схема I. (—) Изменение содержания (s) и объема (v) доменделеевского понятия элемента с 1741 г. до 1868 г.

и другого вместе. Остальные обозначения были оговорены в тексте этой главы.

Надо, конечно, иметь в виду, что в схеме I, равно как в тексте самой этой главы, рассмотрены далеко не все этапы развития атомно-теоретического понятия элемента за отмеченное выше время, а только некоторые, интересные для целей показа взаимосвязи между объемом и содержанием развивающегося понятия.

Охватывая общим взором всю эволюцию атомно-теоретического понятия элемента, совершившуюся до открытия периодического закона Менделеевым, мы наглядно обнаруживаем ту громадную роль, которую сыграли в этой эволюции выдающиеся химики и физики всех стран мира. Их труды и открытия явились крупнейшими вехами в развитии понятия элемента в его атомно-теоретической трактовке.

Развитие понятия элемента после 1869 г. совершалось полностью под знаком великого открытия, сделанного Менделеевым,— открытия периодического закона элементов.

В 1868 г. был достигнут высший пункт эволюции доменделеевского понятия элемента. В начале следующего, 1869 г., доменделеевское понятие элемента прекратило свою эволюцию; в этом году Менделеев произвел революционный переворот в химии, открыв периодический закон и создав на его основе систему элементов.

С этого момента начинается свою эволюцию менделеевское, т. е. современное, понятие элемента.

---

## Глава IX

### ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА ЭЛЕМЕНТА В СВЯЗИ С ВОЗНИКНОВЕНИЕМ МЕНДЕЛЕЕВСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА

(Последняя треть XIX в.)

Генезис современного понятия элемента мы можем проследить в открытии и дальнейшей разработке Менделеевым периодического закона химических элементов. Это открытие явилось коренным, в подлинном смысле слова революционным переворотом в развитии учения об элементах и вообще всего учения о веществе. В трудах Менделеева впервые было сформулировано современное понятие элемента в его первоначальной, химико-механической трактовке.

В течение всей последней четверти XIX в. это понятие элемента, которое мы называем менделеевским, неуклонно развивалось и обогащалось как по своему содержанию, так и по объему, отражая и обобщая развитие всего учения об элементах и их периодическом законе.

#### 1. ОТКРЫТИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА МЕНДЕЛЕЕВЫМ — КОРЕННОЙ ПЕРЕВОРОТ ВО ВЗГЛЯДАХ НА ЭЛЕМЕНТЫ

17 февраля (1 марта) 1869 г. было сделано величайшее открытие в истории химии и всего учения о веществе: в этот день Дмитрий Иванович Менделеев открыл периодический закон химических элементов. Это открытие состояло в том, что Менделеев написал и сопоставил все естественные группы элементов, одну рядом с другой, в порядке последовательного изменения атомных весов их членов, и обнаружил, что при таком расположении элементов их химические свойства периодически повторяются<sup>1</sup>. В результате этого был открыт периодический закон, который гласил:

«Элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную *периодичность* свойств»<sup>2</sup>.

До Менделеева химики обычно располагали элементы по возрастанию их атомных весов только *внутри* отдельных естественных групп; но сами группы рассматривались при этом как совершенно обособленные одна от другой. Отдельные попытки сблизить их между собой с целью построить общую систему элементов делались и до Менделеева, но не приводили к желаемому результату. Менделееву впервые удалось сбли-

<sup>1</sup> См. Д. И. Менделеев, Новые материалы по истории открытия периодического закона, 1950. Фотокопии 1 и 2 и их расшифровки.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 15.

зить и сопоставить элементы из разных естественных групп по их атомному весу так, что общая закономерная связь всех элементов раскрылась в полной мере. Тем самым Менделеев впервые связал распределение химически *сходных* элементов по группам с распределением *несходных* элементов по величине их атомных весов. В итоге были сближены между собой не только  $Cl = 35$  и  $F = 19$  внутри одной и той же группы галоидов, но и галоид  $Cl = 35$  был сближен со щелочным металлом  $K = 39$ .

В 1871 г. Менделеев писал: «Периодическая зависимость свойств *несходных* элементов и их соединений от атомного веса элемента могла быть установлена лишь после того, как она доказана для *сходных* элементов. В сопоставлении *несходных* элементов заключается по-моему основной признак, отличающий мою систему от систем моих предшественников. За немногими исключениями я принял те же группы аналогичных элементов, что и мои предшественники, но поставил целью изучить зако-

## H I

Li 7	Be 9	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19			
Na 23	Mg 24	Al 27	Si 28	P 31	S 32	Cl 35			
K 39	Ca 40	? 45	Ti 50	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe	Ni	Co
Cu 63	Zn 65	—	—	As 75	Se 79	Br 80			
Rb 85	Sr 87	—	Zr 90	Nb 94	Mo 96	Rh 104	Ru		Pd
Ag 108	Cd 112	Ur 116	Sn 118	Sb 122	Te 125	J 127			
Cs 133	Ba 137	—	—	—	—	—			
—	—	—	—	Ta 182	W 186	Pt 197	Ir = Os		

Hg 200

Tl 204 Pb 207 Bi 210

Au 197

Ce ?	La ?	Di ?	Th
92	94	95	118 ?
Er	Yt	In	
56	60	75	

Табл. 1. Расположение элементов по группам и атомным весам (февраль 1869 г.).

номерности во взаимоотношении групп. Тем самым я пришел к вышеупомянутому общему принципу, который приложим ко всем элементам и охватывает многие прежде высказанные аналогии, но допускает еще и такие следствия, которые раньше были невозможны»<sup>1</sup>.

Можно сказать, что тут Менделеев связал и как бы слил воедино распределение элементов по естественным группам и их распределение по величине атомных весов. «Явственная периодичность свойств», о которой писал Менделеев, как раз и состояла в том, что в общем ряду всех элементов, расположенных по величине атомных весов, периодически появлялись элементы, представляющие определенные группы. Через каждые 7 или 17 элементов в общем ряду элементов появлялись щелочные металлы, щелочноземельные металлы, галоиды и др.

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 221—222.

В табл. 1 изображено расположение элементов по группам и атомным весам, как это сделал Менделеев в первые дни после открытия периодического закона. Но так как у многих элементов атомные веса были определены неверно, то эти элементы либо вообще не вошли еще в общую систему элементов (они записаны внизу таблицы и заключены в рамки), либо были вписаны в таблицу неправильно (например уран  $U = 116$ ). Неправильно были размещены и тяжелые элементы, которые не обладали резко выраженными химическими свойствами, а потому трудно было решить, к каким группам они относятся. То же касалось и платиновых металлов, а также спутников железа — никеля и кобальта. Наконец, легчайший элемент, водород, также не нашел еще правильного места в системе. Все эти элементы отмечены в табл. 1 курсивом.

$[R_2O$	$R_2O_2$	$R_2O_3$	$R_2O_4$	$R_2O_5$	$R_2O_6$	$R_2O_7]$			
[H 1]									
Li 7	Be 9,4	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19			
Na 23	Mg 24	Al 27,4	Si 28	P 31	S 32	Cl 35,5			
K 39	Ca 40	—	[Ti 50	V 51	Cr 52	Mn 55	<i>Fe</i>	<i>Co</i>	<i>Ni]</i>
[Cu 63]	Zn 65	—	—	As 75	Se 79	Br 80			
Rb 85	Sr 87	—	Zr 90	[Nb 94	Mo 96	—	<i>Ru</i>	<i>Rh</i>	<i>Pd]</i>
Ag 10	Cd 112	—	Sn 118	Sb 122	Te 128	J 127			
Cs 133	Ba 137								
				[Ta 182	W 186	—	<i>Os</i>	<i>Ir</i>	<i>Pt]</i>
[Au 197	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 210]					

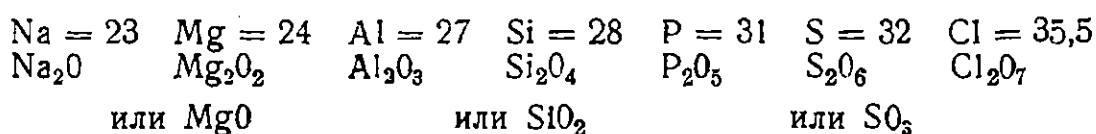
<i>Ce</i>	<i>La</i>	<i>Di</i>	<i>Th</i>
92 ?	94 ?	95 ?	118 ?
<i>Er</i>	<i>Yt</i>	<i>In</i>	<i>Ur</i>
56 ?	60 ?	75 ?	120 ?

Табл. 2. Зависимость валентности элементов от атомного веса (октябрь 1869 г.)

Спустя полгода с лишним Менделеев распространил и на валентность раскрытую им периодическую зависимость химических свойств элементов от их атомного веса (см. табл. 2). Оказалось, что состав высших солеобразующих окислов элементов последовательно меняется от  $R_2O$  в начале ряда (у щелочных металлов и металлов группы меди) до  $R_2O_7$  в конце ряда (у галоидов и марганца).

«Естественное распределение элементов по группам на основании величины их атомного веса, — писал в связи с этим Менделеев, — отвечает тому количеству кислорода, которое могут удерживать эти элементы в высших степенях своих солях окислов»<sup>1</sup>.

Рассматривая строку элементов от натрия до хлора в табл. 2, Менделеев сопоставляет их с их предельными соляными окислами<sup>2</sup>:



<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 36.

<sup>2</sup> Там же, стр. 34.



Раскрывая «связь между весом атомов и их способностью к соединениям», Менделеев заключает: «Химические свойства элементов суть периодические функции, атомного их веса»<sup>1</sup>.

Таким образом, если на первом этапе открытия периодического закона Менделеев связал воедино естественные группы с атомным весом элементов, то на следующем этапе работы над своим открытием он как бы подключил к ним и валентность.

Позднее, характеризуя состояние химии в середине XIX в., Менделеев писал: «В эту многознаменательную эпоху химии выступило в ней для каждого хорошо обследованного элемента два более или менее точных количественных признака или свойства: вес атома и тип (форма) состава частиц соединений, им образуемых, хотя ничто не указывало еще ни на взаимную связь этих признаков, ни на соотношение их с другими, особенно качественными, свойствами элементов. Вес атома, свойственный элементу, ...особенно был важен для изучения элементов и составлял их индивидуальную характеристику, пока чисто эмпирического свойства...»<sup>2</sup>.

Впервые связал оба эти свойства Менделеев в октябре 1869 г.

В табл. 2 курсивом выделены следующие данные: вновь добавленные в систему элементов характеристики групп (обобщенные формулы состава окислов для каждой группы), а также — водород, занявший в соответствии с составом своего окисла ( $H_2O$ ) место в первой группе, тяжелые элементы в конце системы и элементы платиновой группы железа, чье положение в системе было исправлено. Уран к этому времени Менделеев снял с первоначально отведенного ему места между кадмием и оловом, оставив это место пустым (соответствующая черточка отмечена жирным шрифтом). В результате снятия урана с первоначального места в таблице общее число не вошедших в систему элементов не только не уменьшилось, но увеличилось на единицу (см. элементы, заключенные в рамку внизу таблицы).

Следует отметить, что свою таблицу элементов Менделеев составил в октябре 1869 г. не полностью, а только частично. Отсутствовавшие в этой таблице элементы и обозначения вписаны нами в соответствии с соображениями Менделеева и заключены в квадратные скобки.

Великое открытие, сделанное Менделеевым, нанесло сокрушительный удар по старому, метафизическому взгляду на элементы, основные черты которого мы охарактеризовали в предыдущей главе. С этим старым взглядом на элементы была органически связана и старая, доменделеевская химико-механическая трактовка элемента.

Новое, современное, или менделеевское, понятие элемента, возникшее из периодического закона элементов, строится на принципиально отличной методологической основе. В его фундаменте лежит диалектический по своему существу подход к элементам. Такой подход сложился не сразу. Он складывался в течение многих десятилетий, причем его формирование шло параллельно тому и в меру того, как рушился, пункт за пунктом, прежний метафизический взгляд на элементы. Крушение каждого пункта старых воззрений подготавливалось постепенно, но происходило всегда резким скачком, в виде крутого поворота или подлинной революции в развитии взглядов на элементы, вызванной новыми научными открытиями.

Сначала как прямое следствие великого открытия, сделанного Менделеевым, рухнули первый и второй пункты прежних взглядов на эле-

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 36, 37.

<sup>2</sup> Там же, стр. 413.

менты. В этом прежде всего и состояла, с философской точки зрения, суть открытия Менделеевым периодического закона.

Сам Менделеев указывал: «Излагая совокупность сведений об элементах, мне пришлось много вдумываться в их взаимные отношения»<sup>1</sup>. «До периодического закона простые тела представляли лишь отрывочные, случайные явления природы»<sup>2</sup>; благодаря же периодическому закону «взаимная связь элементов разных групп стала более очевидною, чем была когда-либо»<sup>3</sup>. Менделеев только тогда счел свое открытие завершенным, когда он сумел доказать, что периодический закон действительно в состоянии охватить *все* элементы без исключения, что данный закон приложим ко всей их совокупности как связному целому. Поэтому Менделеев подчеркивает большое значение того обстоятельства, что ему удалось устранить «важнейшее препятствие для применения начала периодичности ко всей совокупности элементов»<sup>4</sup>.

Первый пункт старого понятия элемента гласил:

1. *Все элементы абсолютно независимы между собой.*

После открытия Менделеева этот первый пункт старого понятия элемента был отброшен и заменен новым, соответствующим новому взгляду на элементы.

Первый пункт нового, менделеевского понятия элемента стал гласить:

1. *Все элементы находятся в органической связи между собой.*

То же случилось и со вторым пунктом старого, метафизического понятия элемента. Самая суть периодического закона заключалась в том, что последовательное количественное возрастание атомного веса влекло за собой каждый раз качественное изменение, т. е. переход от одного элемента к другому, качественно отличному от него. Отмечая, что закон перехода количественных изменений в качественные имеет силу не только для химически сложных тел, но и для самих химических элементов, Ф. Энгельс в 1879 г. сослался на положение, гласящее, что химические свойства элементов являются периодичной функцией атомных весов; следовательно, заключал Энгельс, качество элементов «обусловлено количеством их атомного веса»<sup>5</sup>.

Сам Менделеев, будучи стихийным диалектиком, неоднократно отмечал то обстоятельство, что в его периодической системе элементов раскрывается взаимосвязь качественной и количественной сторон у элементов. В 1877 г. в предисловии к третьему изданию «Основ химии» Менделеев писал:

«Знания, относящиеся к количественной стороне химических превращений, далеко опередили изучение качественных отношений. Связь этих двух сторон, по моему мнению, составит нить, долженствующую вывести химиков из лабиринта современного, уже значительного, но отчасти одностороннего запаса данных. Такая связь лежит в основе той системы элементов, которой подчинено все мое изложение»<sup>6</sup>. В 1881 г. Менделеев подчеркнул эту же мысль в предисловии к четвертому изданию «Основ химии»; он писал: «Такую связь я сам старался разыскать; она лежит в основе той *периодической системы элементов*, которой подчинено все мое изложение»<sup>7</sup>.

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 321. Примечание.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев, Два Лондонских чтения, СПб., изд. 2, 1895, стр. 54.

<sup>3</sup> Там же, стр. 56.

<sup>4</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 145.

<sup>5</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1942, стр. 42.

<sup>6</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 257.

<sup>7</sup> Д. И. Менделеев, Основы химии, изд. 4, 1881, стр. III Предисловие.

Позднее, в 1903 г., Менделеев развил эту мысль дальше, показав, что именно поиски взаимной связи качественной и количественной сторон у элементов привели его к открытию периодического закона; он писал: «Меня неоднократно спрашивали: «На основании чего, исходя из какой мысли — найден был мною и защищаем периодический закон?» Приведу здесь свой посильный ответ»<sup>1</sup>. Ответ этот сводится к следующему: «Посвятив свои силы изучению вещества, я вижу в нем два таких (общих самобытных.— Б. К.) признака или свойства: *массу*, занимающую пространство и проявляющуюся в притяжении, а яснее всего и реальнее всего в весе, и *индивидуальность*, выраженную в химических превращениях, а яснее всего, формулированную в представлениях о химических элементах. Когда думаешь о веществе, помимо всякого представления о материальных атомах, нельзя, для меня, избежать двух вопросов: сколько и какого дано вещества, чему соответствуют понятия массы и химизма... Поэтому невольно зарождается мысль о том, что между массой и химическими особенностями элементов необходимо должна быть связь, а так как масса вещества... выражается окончательно в виде атомов, то надо искать функционального соответствия между индивидуальными свойствами элементов и их атомными весами»<sup>2</sup>.

Будучи стихийным диалектиком, Менделеев решительно отвергал всякого рода механистические концепции в химии, в том числе и гипотезу Праута, называя ее арифметическим законом, учитывающим лишь чисто количественную сторону взаимоотношений между элементами. В 1879 г. он писал:

«Периодический закон владеет фактами и стремится углубить философские основы, управляющие таинственной природою элементов. Это стремление того же порядка, что и закон Праута, но с той существенной разницей, что закон Праута арифметический, а периодический закон черпает свою сущность в сочетании механических и философских законов, определяющих характер и блеск современного нам развития точных наук»<sup>3</sup>.

Чисто арифметический, количественный подход к периодическому закону проявлялся в том, что некоторые химики пытались изобразить зависимость свойств элементов от атомного веса в виде математически непрерывной, сплошной линии. Можно отложить на оси абсцисс последовательно возрастающие значения атомных весов, а на оси ординат — значения периодически меняющихся свойств, например, значения валентности элементов, возрастающие от 1 до 7 или до 8, а затем снова падающие до 1. «Но,— предупреждает Менделеев,— соединять вершины ординат, выражающих одно из таких свойств, сплошной кривою значило бы отрицать дальтонов закон кратных отношений. Между серебром, дающим  $\text{AgCl}$ , и кадмием, образующим  $\text{CdCl}_2$ , не только нет промежуточных элементов, но по смыслу периодический законности и быть не может, так что сплошная кривая извратила бы смысл дела, заставляя ждать во всех точках кривой реальных элементов и им отвечающих свойств. Периоды элементов носят таким образом иной характер, чем привычные периоды, геометрами столь просто выражаемые. Это точки, числа, это скачки массы, а не ее непрерывные эволюции. В этих скачках без всяких переходных ступеней и положений, в этом отсутствии каких-либо переходов между серебром и кадмием или, например, между алюминием и крем-

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Основы химии, изд. 7, 1903, стр. 618. Примечание.

<sup>2</sup> Там же, стр. 619.

<sup>3</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 279.

нием должно видеть такую задачу, к которой прямое приложение анализа бесконечно малых непригодно»<sup>1</sup>.

Далее Менделеев вновь подчеркивает тут же, что «периодический закон явно показал, что масса атомов растет не непрерывно, а скачками, явно или прямо связанными с теми скачками, которые Дальтон открыл законом кратных отношений, ибо периоды элементов выражены переходом от  $RX$  к  $RX_2$ ,  $RX_3$ ,  $RX_4$  и так далее до  $RX_8$ , где истощается энергия связующих сил и откуда опять начинается вновь  $RX$ ,  $RX_2$  и т. д.»<sup>2</sup>.

Второй пункт старого, метафизического понятия элемента гласил:

*2. Качественные различия элементов сводятся к количественным различиям в их свойствах.*

После открытия Менделеева этот второй пункт старого понятия элемента был отброшен и заменен новым, соответствующим новому взгляду на элементы. Второй пункт нового, менделеевского понятия элемента стал гласить:

*2. Качественные различия элементов обусловлены количественными различиями в их свойствах, но не сводятся к ним; переходы между элементами происходят скачкообразно.*

Этот новый взгляд на элементы лег в основу всего современного понятия элемента, возникшего из трудов Менделеева. Однако оба остальных пункта старого понятия элемента оставались пока еще в силе. Менделеев удерживал эти положения в своих более поздних работах, сочетая их в известной мере со своим новым взглядом на элементы. В статье на тему «Вещество» (1894) он писал: «По природе своей такие химические атомы каждого элемента неизменны... Всякие атомы данного элемента друг с другом совершенно одинаковы»<sup>3</sup>.

Поэтому взгляды Менделеева на элементы не были последовательно-диалектическими: в них до некоторой степени сочетались черты нового, нарождавшегося современного, по сути дела диалектического понятия элемента и черты старого, отмиравшего, но еще не опровергнутого окончательно понятия элемента. Прогресс науки должен был состоять как раз в том, чтобы разрушить остальные два пункта старого понятия элемента; только благодаря этому подлинно научный, по сути дела диалектический взгляд на элементы, заложенный Менделеевым, мог получить дальнейшее развитие.

Однако было бы глубоко ошибочно полагать, будто Менделеев вообще был противником идеи изменчивости, сложности, разложимости и превращаемости элементов. Он только считал, что в его время никаких фактических данных, свидетельствовавших в пользу этой идеи, не было, а потому не было никаких оснований говорить за или против этой идеи. В дальнейшем мы увидим, что, опираясь на свой периодический закон, Менделеев на деле подрывал и остальные пункты старого, метафизического понятия элемента и прежде всего признание неизменности, неразложимости и непревращаемости элементов.

## 2. МЕНДЕЛЕЕВСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТА «ЧЕРЕЗ ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН»

Развитие Менделеевым своей периодической системы элементов, которое обнаруживается при сравнении табл. 2 с табл. 1, сводилось прежде всего к уточнению места отдельных элементов в этой системе. В марте 1869 г. Менделеев писал о том, что «относительно некоторых из элемен-

<sup>1</sup> Д. Менделеев, Два Лондонских чтения, СПб., изд. 2, 1895, стр. 46.

<sup>2</sup> Там же, стр. 47.

<sup>3</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 376.

тов рождается, конечно, полное сомнение относительно их положения»<sup>1</sup>, что «может быть их положение должно быть вследствие того изменено»<sup>2</sup>, что, например, «водород не нашел, по своему малому атомному весу, определенного положения»<sup>3</sup> и т. д.

Главное внимание Менделеева на первых двух, отмеченных выше, этапах работы над периодическим законом было сосредоточено как раз на всестороннем выяснении вопроса о положении или *месте* каждого отдельного элемента в общей системе всех элементов. Поэтому неизбежно на этих этапах вырабатывался все более глубокий подход к самому понятию «места» элемента в периодической системе. Можно сказать так, что у Менделеева в это время шла интенсивная подготовка к максимально более четкому выяснению и выражению (графическому и аналитическому) признака «места» в системе в качестве определяющего признака элемента.

Для того чтобы яснее очертить указанный признак и сделать его точно определяемым, необходимо было установить своего рода «координатную систему», иначе говоря, установить значение абсцисс (по горизонтали) и ординат (по вертикали) для каждого «места» в таблице элементов. Табличная форма периодической системы элементов, установленная с самого начала Менделеевым, приводила именно к такому решению вопроса о «месте» элемента в периодической системе.

Нахождение зависимости валентности элементов в высших соляных окислах от атомного веса давало возможность установить нумерацию групп: номер группы равнялся значению этой валентности и вместе с тем служил искомой «абсциссой» *места* элемента в периодической системе элементов. В течение 1870 г. Менделеев привел в связь со своей системой то обстоятельство, что осмий и рутений дают высшие окислы состава  $R_2O_8$  или  $RO_4$ . Это давало возможность к семи первоначальным группам элементов (см. табл. 2) добавить восьмую и, таким образом, охватить перенумерованными группами все элементы.

В течение того же 1870 г. Менделеев перенумеровал, один за другим, и все ряды элементов; с этого момента номер ряда стал служить искомой «ординатой» *места* элемента в периодической системе (см. табл. 3).

Координаты «места» указывали на определенные свойства элементов, следовательно, «определяли» (раскрывали) их характер, а тем самым выступали как их определяющий признак. Так, например, «абсцисса» VIII (т. е. принадлежность элемента к VIII группе) означала, что данный элемент есть металл «переходного» характера.

«Должно обратить внимание на то, — писал Менделеев в 1870 г., — что члены этой VIII группы, а именно — металлы, сходные с железом Fe, Co, Ni, а также легкие платиновые металлы Ru, Rh, Pd и тяжелые платиновые металлы Os, Ir, Pt — все эти металлы представляют множество общих свойств. Это видно даже в том, что они одни только пропускают водород через свои поры; ...они обладают в высшей мере способностью образовать аммоникальные соединения особого характера, столь характерные для кобальта, и им свойственно также образовать двойные синеродистые соединения и кислоты, столь характерные опять-таки для платины и для железа; им принадлежат близкие и притом малые объемы атомов, а именно: для элементов железной группы около 7,1, для легких платиновых элементов 9,1, а для тяжелых платиновых элементов около

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 13.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Там же, стр. 15.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H 1							
2	Li 7	Be 9,4	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19	
3	Na 23	Mg 24	Al 27,3	Si 28	P 31	S 32	Cl 35,5	
4	K 39	Ca 40	— 44	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56 Co 59 Ni 59 Cu 63
5	(Cu 63)	Zn 65	— 68	— 72	As 75	Se 78	Br 80	
6	Rb 85	Sr 87	? Yt 88	Zr 90	Nb 94	Mo 96	— 100	Ru 104 Rh 104 Pd 106 Ag 108
7	(Ag 108)	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 122	Te 125	J 127	
8	Cs 133	Ba 137	? Di 138	? Ce 140	—	—	—	
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	? Er 178	? La 160	Ta 182	W 184	—	Os 195 Ir 197 Pt 198 Au 199
11	(Au 199)	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 20	—	—	
12	—	—	—	Th 231	—	Ur 240	—	—

Табл. 3. Уточнение "места" элементов в естественной системе элементов (июль 1871 г.)

9,4; наконец, их атомные веса находятся приблизительно в простом между собою отношении, что давно уже замечено Клаусом...»<sup>1</sup>.

Следовательно, все элементы, чьи «места» отмечены «абсциссой» VIII, оказываются обладающими такими именно свойствами и благодаря этому получают свое «определение». Общую характеристику на основании одной «абсциссы» можно дать, например, элементам с «абсциссой» нуль: все они представляют собою химически инертные газы. То же самое можно сказать и о значении «ординат» в таблице элементов. Так, например, Менделеев указывает на различие элементов в четных и в нечетных рядах (т. е. с четной или нечетной «ординатой»), подчеркивая, что это различие «действительно подтверждается разительным образом во всей совокупности свойств элементов, принадлежащих к четным и нечетным строкам или рядам.

Элементы четных рядов образуют наиболее энергические основания, и притом основная способность для них возрастает в данной группе по мере увеличения величины атомного веса... *Металлы четных рядов* характеризуются еще и тем, что для них неизвестно ни одного металлоорганического соединения, а также ни одного водородного соединения, тогда как металлоорганические соединения известны почти для всех элементов, расположенных в нечетных рядах... Элементы нечетных рядов относительно ближайших элементов той же группы, но принадлежащих к четным рядам, оказываются более кислотными, если можно так выразиться... В элементах нечетных рядов основные способности различаются гораздо менее при возрастании атомного веса, чем в элементах четных рядов. Это особенно справедливо для элементов последних групп из нечетных рядов...; только прочность высших степеней окисления с возрастанием атомного веса здесь, как и во всех других рядах, уменьшается, а кислотный характер изменяется весьма мало... В элементах четных рядов способность раскисляться, повидимому, гораздо меньше развита, даже для высших членов данной группы, чем для элементов нечетных рядов, и кажется, что в этом отношении здесь замечается обратный порядок, т. е. элементы с более высоким атомным весом образуют высшие степени окисления, более прочные, чем те, которые образуются элементами, стоящими в той же группе, но имеющими меньший атомный вес»<sup>2</sup>.

Таким образом, уже одно значение «ординаты» (ее четность или нечетность) указывает на множество свойств элемента, приходящегося на данное место. Вместе с тем указание на «ординату» позволяет установить и сравнительную характеристику данного элемента по сравнению с другими членами той же группы. Например, если указано «место» элемента в системе VI — 10 (здесь стоит W), то отсюда можно заключить, что окись этого элемента ( $WO_3$ ) раскисляется труднее, чем окись элемента, стоящего на «месте» VI — 8 ( $MoO_3$ ), но легче, чем стоящего на «месте» VI — 12 ( $UO_3$ ).

В отношении «ординат» можно указать еще на следующее: малое значение «ординаты» (1 или 2) свидетельствует об особенном характере элементов, «места» которых обладают малым значением «ординаты». Это так называемые *типические элементы* (к ним Менделеев относил также Na, «место» которого имело «координаты» I—3, т. е. малое значение «абсциссы» при «ординате» 3). По поводу этих элементов Менделеев писал еще в марте 1869 г.:

«Распространеннейшие в природе простые тела имеют малый атом-

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 146.

<sup>2</sup> Там же, стр. 147—148.



ный вес, а все элементы с малым атомным весом характеризуются резкостью свойств. Они поэтому суть типические элементы»<sup>1</sup>.

Напротив, большое значение «ординаты» (11 и 12) указывает на отсутствие резко выраженных химических свойств, на сглаживание химических различий между элементами. В октябре 1869 г. Менделеев отмечал, например, «элементы с высоким паем Tl, Pb, Bi, Hg, Au, химический характер которых не имеет резкости»<sup>2</sup>. В июле 1871 г. он писал, что «при высоком атомном весе сглаживаются кислотные свойства элементов» и что «большинство элементов с высоким атомным весом дают трудно окисляемые и тяжелые металлы...»<sup>3</sup>.

Таким образом, уже общий характер «координат» различных «мест» элементов в системе дает указание на множество весьма важных, существенных признаков и свойств определенных элементов. В еще большей степени это относится к «координатам» отдельных «мест» в системе, которые занимают индивидуальными элементами (или должны быть заняты какими-либо, ныне еще не открытыми элементами). В таком случае характер элемента, его признаки и свойства определяются не только на основании *общих* свойств элементов, принадлежащих к данному ряду («ордината») и к данной группе («абсцисса»), но и на основании *частных*, вполне *конкретных* свойств ближайших его «соседей» по периодической системе. Так, например, если обозначить «место» какого-либо элемента  $R$  «координатами»  $M, n$ , то характер элемента  $R$ , а значит, и сам элемент  $R$ , будет определяться, исходя из свойств четырех ближайших элементов, занимающих соседние «места» в системе: 1)  $(M - 1), n$ ; 2)  $(M + 1), n$ ; 3)  $M, (n + 2)$ ; 4)  $M, (n - 2)$ . Исходя из свойств этих четырех элементов, можно ближайшим образом и с достаточной точностью определить важнейшие свойства элемента  $R$ , который занимает «место» в системе, окруженное «местами» его «соседей» по периодической системе. Но определить важнейшие свойства элемента значит определить самый элемент. Таким образом, здесь мы имеем тот особый случай определения, которое дается «через закон», в данном случае — через периодический закон, лежащий в основе периодической системы элементов и выражающийся в соответствующем расположении элементов в таблице Менделеева.

Поясняя это «определение» в общем виде, Менделеев приводит затем конкретный пример; он пишет: «Если в некоторой группе находятся элементы:  $R_1, R_2, R_3$ , а в том ряде, где содержится один из этих элементов, например,  $R_2$ , находится перед ним элемент  $Q_2$ , а после него элемент  $T_2$ , то свойства  $R_2$  определяются как среднее — по свойствам  $R_1, R_3, Q_2$  и  $T_2$ . Так, например, атомный вес  $R_2 = \frac{1}{4} (R_1 + R_3 + Q_2 + T_2)$ . Например, селен находится в группе с серою  $S = 32,1$  и теллуrom  $Te = 127$ , а в 5-м ряде перед ним стоит  $As = 75,0$  и после него  $Bг = 80$ . Отсюда величина атомного веса селена  $= \frac{1}{4} (32 + 127 + 75 + 80) = 78,5$ , что близко к действительности, по которой  $Se = 79$ . Так можно определить и другие свойства селена, если бы они не были известны. Например,  $As$  образует  $H_3As$ ,  $Bг$  дает  $HBr$ ; очевидно, что селен, между ними находящийся, должен образовывать  $H_2Se$  со свойствами, средними между  $H_3As$  и  $HBr$ . Самые физические свойства селена и его соединений, не говоря уже об их составе, определяемом группой, могут быть с большою бли-

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 16.

<sup>2</sup> Там же, стр. 33. Примечание.

<sup>3</sup> Д. И. Менделеев, Новые материалы по истории открытия периодического закона, 1950, стр. 65—66.

зостью к действительности определены по свойствам S, Te, As и Вг»<sup>1</sup>.

Этот пример ясно показывает, что данный конкретный элемент (селен) определяется через его «соседей» в периодической системе, между которыми он занимает определенное «место», характеризуемое определенными, только этому одному «месту» присущими «координатами» (VI—5). Отсюда в общем случае можно сказать, что любой элемент определяется через то «место», которое он занимает в системе Менделеева; это значит, что определяющим признаком элемента вообще, а потому и самого понятия «элемент» становится «место» элемента в системе Менделеева.

В июле 1871 г. Менделеев изобразил в общем случае «место»  $R$  в периодической системе элементов следующим образом:

$$\begin{array}{rcl} \text{ряд } n-2 & X' & R' & Y' \\ \text{ряд } n & X & R & Y \\ \text{ряд } n+2 & X'' & R'' & Y'' \end{array}$$

В связи с этим Менделеев писал: «Положение элемента  $R$  в системе определяется тем рядом и тою группою, к которым он относится, или около него стоящими элементами  $X$  и  $Y$  из того же ряда [и] элементами  $R'$  с меньшими и  $R''$  с бóльшим атомным весом из той же группы. Свойства  $R$  и его соединений определяются, зная свойства  $X$ ,  $Y$ ,  $R'$  и  $R''$ »<sup>2</sup>.

На такой именно основе возникло новое, менделеевское понятие элемента и его определение, которое Менделеев строил в соответствии с общими взглядами на элементы, опиравшимися на периодический закон. В основе менделеевского определения элемента лежала мысль о связи между понятием элемента и периодическим законом. «Если свойства атомов составляют функцию их веса,— писал Менделеев,— то множество понятий, более или менее укрепившихся в химии, должны претерпеть изменение, развиться и обработаться в смысле этого вывода, потому что обычное представление о химических элементах состоит в том, что атомы их так самостоятельны и самобытны, *suí generis*, что они не превращаются друг в друга, и каждый оказывает свое самостоятельное влияние, *его природою* определяемое. Вместо этого понятия о природе элементов должно теперь поставить понятие о *его массе* и, следовательно, необходимо рассматривать не влияние элемента, самого по себе взятого, а его влияние сравнивать, с одной стороны, с влиянием элементов, близких по массе, и с другой стороны, с элементами, относящимися к той же группе, но к другому периоду»<sup>3</sup>.

Отсюда вытекала основа нового менделеевского понятия элемента, выраженная в следующем общем положении:

«Каждый элемент по периодической системе имеет место, определяемое группою (означаем римскою цифрой) и рядом (цифра арабская), в которых находится. Они указывают величину атомного веса, аналогию, свойства и форму (валентность. — Б. К.) высшего окисла, водородного и других соединений, словом, главные количественные и качественные признаки элемента...»<sup>4</sup>.

Эту основу нового понятия элемента мы будем называть также *менделеевским определением элемента*. В самом деле: определить научное понятие значит раскрыть его содержание, т. е. указать в первую очередь

<sup>1</sup> Д. Менделеев, Основы химии, изд. 8, 1906, стр. 256—257.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев, Новые материалы по истории открытия периодического закона, 1950, стр. 39.

<sup>3</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 269.

<sup>4</sup> Д. И. Менделеев, Основы химии, изд. 8, 1906, стр. 256.

его наиболее существенные, определяющие признаки. Это как раз и достигается через установление «места» элемента в системе. Поэтому указание «места» в системе можно с полным основанием рассматривать как *определение* элемента. Но разумеется, такое «определение» не является обычным, с точки зрения формальной логики, определением через род и видовое отличие; оно является типичным примером «определения через закон», в данном случае — через периодический закон химических элементов.

Поскольку элемент определяется здесь через «место», занимаемое им в периодической системе, мы можем записать это менделеевское определение элемента следующим образом:

*«Место» в системе есть определяющий признак элемента (I).*

(В дальнейшем это положение мы будем коротко обозначать римской цифрой «I», взятой в скобки. Так же мы будем поступать и дальше с другими положениями аналогичного рода, нумеруя их соответственно римскими цифрами.)

Чтобы придать логическую форму обычного определения положению (I), перепишем его так:

*Элемент есть вид атомов, занимающий определенное «место» в системе Менделеева (II).*

В такой формулировке раскрывается преемственная связь между новым, менделеевским понятием элемента и прежним атомно-теоретическим понятием, когда элемент определялся как вид атомов вообще или же как вид атомов, наделенный теми или иными единичными и частными свойствами (определенным значением атомного веса и валентности, определенной электрохимической характеристикой, определенным оптическим спектром и т. д.).

С формально логической точки зрения определение (II) отличается от прежнего определения («Элемент есть вид атомов») лишь добавлением видового отличительного признака («занимающий определенное «место» в системе Менделеева»). Иными словами, если руководствоваться чисто формальными соображениями, то определение (II) можно подвести под обычное определение через род и видовой отличительный признак. Но так это выглядит только тогда, когда мы подходим к вопросу не по существу, а лишь по форме. По существу же определение (II), вытекающее из положения (I), есть именно опеределение «через закон», но не через род и видовое отличие: ведь «место» элемента в системе — это своего рода частичка или сторона общего (периодической зависимости между всеми элементами), проявляющая в данном отдельном, единичном (элементе), что подлежит определению.

Признак «места» элемента в системе Менделеев понимает, разумеется, не в геометрическом смысле, а в смысле выражения связей, отношений определяемого элемента с его ближайшими «соседями» по системе (по вертикали и по горизонтали и даже по диагоналям), а через них — со всеми остальными элементами. Таким образом, «место» элемента в системе есть не что иное, как совокупность всех его взаимоотношений с другими элементами, выраженная при помощи определенного расположения элементов друг возле друга согласно периодическому закону, которому подчинены все элементы. Отмечая двойкую сходственность элементов, Менделеев указывает, что «сходство каждого элемента выражается его местом в горизонтальных и вертикальных рядах»<sup>1</sup>.

Все это подтверждает, что приведенное менделеевское определение

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 154.

элемента есть типичный пример определения научного понятия «через закон».

Первоначально, в момент открытия периодического закона, Менделеев руководствовался тем, что место элемента в системе определяется однозначно атомным весом. «В предлагаемой системе, — писал он, — основой для определения места элемента служит атомный вес, ему свойственный»<sup>1</sup>.

Мы можем сформулировать этот первоначальный взгляд Менделеева следующим образом:

*Атомный вес есть определяющий признак элемента (III).*

*Атомный вес определяет место элемента в системе (IV).*

Позднее, после открытия и детальной разработки периодического закона, Менделеев уточнил свою первоначальную формулировку. В приведенных положениях, которые мы назвали «менделеевским определением элемента», говорится, что не атомный вес определяет место элемента в системе, а, напротив, место элемента указывает «величину атомного веса», следовательно, что место элемента в системе определяет его атомный вес. Превращение *места* элемента в системе из признака, производного, зависящего от атомного веса, в определяющий признак элемента можно особенно ярко показать на троякого рода примерах:

1) на примере изменения Менделеевым эмпирически найденных атомных весов у ряда элементцов (урана, индия, церия и др.) в соответствии с тем местом, какое эти элементы должны занимать в периодической системе;

2) на примере предсказания Менделеевым значения атомных весов у некоторых еще не открытых элементов (галлия, скандия, германия и др.), в соответствии с тем местом, какое эти ожидавшиеся элементы должны будут занять в периодической системе;

3) на примере отказа Менделеева от расположения элементов по величине их атомных весов в тех случаях, когда последовательное возрастание атомных весов не совпадало с изменением химической характеристики элементов, с изменением совокупности всех взаимоотношений между данным элементом и остальными элементами; в силу этого иногда, в виде исключения, у Менделеева более легкий элемент следовал за более тяжелым (например йод за теллуrom, никель за кобальтом), а не наоборот, ибо так это было необходимо с точки зрения соответствия элемента занимаемому им «месту» в системе.

В отношении своего предсказания неизвестных еще элементов Менделеев писал впоследствии, что «для этих неизвестных элементов, судя по их месту в системе, должно было ждать... определенных атомных весов...»<sup>2</sup>, что для урана, бериллия и других элементов «вес атома установлен благодаря периодической законности»<sup>3</sup>, т. е. опять-таки исходя из их «места» в системе. Иногда у Менделеева атомный вес и место элемента в системе берутся как равнозначные признаки. Например, он указывает на зависимость химических свойств соединений и элементов от их «массы и места в системе»<sup>4</sup>, на то, что имеется «связь между атомным весом или местом металлов в периодической системе и их химическими свойствами»<sup>5</sup> и т. д.

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 154.

<sup>2</sup> Там же, стр. 425.

<sup>3</sup> Там же, стр. 427.

<sup>4</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 269.

<sup>5</sup> Там же, стр. 331.

Тем не менее не подлежит сомнению, что по крайней мере на практике Менделеев пересмотрел положение (IV) и заменил его другим, гласящим, что место элемента в системе определяет собою атомный вес, а не наоборот. Это положение мы запишем так:

*Место элемента в системе определяет атомный вес (V).*

Этому новому, фактически принятому Менделеевым положению отвечает и сам способ обозначения элемента, построенный не на признаке атомного веса, а на признаке места элемента в системе. В самом деле, Менделеев обозначает элемент «координатами» занимаемого им места в системе; он говорит, например, об элементе, стоящем «на месте III—4», а иногда просто пишет: «окись металла III—4»<sup>1</sup>. Иногда же он приводит все данные: символ элемента, его «место» в системе и вытекающий из этого места атомный вес. Например:  $E1 = III - 5 = 68$ ;  $II - 5 = Zn = 65$ ;  $II - 6 = Sg = 87$  и т. д.<sup>2</sup>

В табл. 3 отражены те изменения в периодической системе, которые произвел Менделеев после октября 1869 г. (с ноября 1870 г. по июль 1871 г.). Прежде всего Менделеев ввел VIII группу и перенумеровал все ряды в своей системе (в табл. 3 соответствующие цифры обозначены курсивом). Затем Менделеев изменил формы окислов тех восьми элементов, которые в 1869 г. оставались вне системы, т. е. не находили в ней своего «места». Соответственно этому были изменены и атомные веса этих элементов, с тем чтобы все элементы могли стать на соответствующие им «места» в системе. В результате этого все восемь элементов с измененными атомными местами и новыми значениями валентности заняли, наконец, свои естественные места в системе (в табл. 3 они также обозначены курсивом).

Рассмотрим, как описывает Менделеев свой подход к исправлению атомных весов на основании периодического закона, т. е. «места» в системе, на которое должен встать данный элемент. Менделеев пишет:

«Положим, что дан элемент, образующий одну, выше не окисляющуюся, не очень энергическую основную окись, в которой эквивалент  $= 38$ ... Спрашивается: какой его атомный вес или какова формула его окиси? Придав окиси состав  $R_2O$ , будем иметь  $R = 38$  и элемент должно поместить в I группу. Но там на этом месте уже стоит  $K = 39$ , да судя по атом-анalogии, основание такого рода должно быть и растворимое и энергическое. Придав окиси состав  $RO$ , атомный вес  $R$  будет  $= 76$ , но во II группе нет места для элемента с таким атомным весом, потому что  $Zn = 65$ ,  $Sg = 87$ , да и все места элементов с малыми атомными весами в ней полны. Придав окиси состав  $R_2O_3$ , будем иметь для  $R$  атомный вес  $= 114$  и его должно отнести к III группе. В ней действительно есть свободное место между  $Cd = 112$  и  $Sn = 118$  для элемента с атомным весом около 114. Судя по атом-анalogии с  $Al_2O_3$  и  $Tl_2O_3$ ,  $CdO$  и  $SnO_2$ , окись его должна быть слабым основанием. Следовательно, можно сюда поставить наш элемент, но, прежде чем решиться на это, испытаем еще и другие формулы окиси. Придав ей состав  $RO_2$ , получим атомный вес  $R = 152$ ; но в IV группе нет места для такого элемента... Придав окиси состав  $R_2O_5$ , получим атомный вес  $R = 190$ , но в V группе нет места для такого элемента, потому что  $Ta = 182$  и  $Bi = 208$ , да и элементы этих мест кислотны в виде  $R_2O_5$ .

Точно также не подходят нашему элементу и составы окислов  $RO_3$  и  $R_2O_7$ , а потому единственный приличный для нашего элемента атомный вес есть  $R = 114$ , а его окиси формула  $R_2O_3$ .

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 157.

<sup>2</sup> Там же, стр. 329.

Но такой элемент и есть *индий*... Его атомный вес должен быть изменен (до сих пор признавали его  $= 75$ , а окись за  $\text{InO}$ ) в  $\text{In} = 113$ , состав его окиси  $\text{In}_2\text{O}_3$ , его атомологи из группы III суть Al и Tl, а из 7-го ряда Cd и Sn. Определим же по этим атомологам вероятные свойства индия, которые сравним с действительно наблюдаемыми<sup>1</sup>.

Далее Менделеев показывает, что все свойства как элемента, так и его соединений, которые можно вывести из отношений индия с его соседями — по ряду (Cd и Sn) и по группе (Al и Tl), согласуются с действительностью.

Так на практике Менделеев применяет свое определение элемента, выраженное положениями (I), (II) и (V). Здесь мы наглядно видим, что если в марте 1869 г. Менделеев определяет «место» элемента в только что родившейся тогда системе, исходя из атомного веса, то в ноябре 1870 г. — июле 1871 г. он уже определял атомный вес по «месту» элемента в более совершенной, естественной системе. Другими словами, к этому времени он перешел от положения (IV) к положению (V) и, соответственно, — от положения (III) к положению (I).

В еще большей степени этот переход проявился в том, что, исходя из пустующих «мест» в своей системе, Менделеев очень точно предсказал не только то, что на эти «места» должны приходиться неизвестные элементы, которые еще предстоит открыть (Eb, Ea, Es и др.), но и то, какими свойствами эти элементы должны будут обладать. Между тем никаких других данных, кроме незанятых «мест» в периодической системе элементов, у Менделеева не было. Таких предсказаний Менделеев не смог бы сделать, если бы он не руководствовался своим новым определением элемента, другими словами, — положением (I), что определяющим признаком элемента является его «место» в системе, и положением (V), что «место» элемента в системе определяет его атомный вес. Никаких чувственных, эмпирических данных о неоткрытых элементах в 1869—1871 гг. еще не было ни у кого из химиков во всем мире, в том числе и у самого Менделеева. Но были теоретические данные, теоретические указания, которые воспринимались мышлением и которые были проверены всей совокупной экспериментально-лабораторной и промышленно-производственной практикой химиков, обобщенной в периодической системе Менделеева. Эти данные касались «места» ожидаемых элементов в системе Менделеева. А так как это «место» стало определяющим признаком элемента, то знание этого признака оказалось достаточным для того, чтобы мысленно определить, т. е. теоретически описать во всех подробностях характер и свойства не открытых еще элементов.

Показав, что определяющим признаком элемента является его «место» в системе, Менделеев непосредственно отсюда делает вывод: *«таким образом, есть возможность предугадывать свойства неизвестных еще элементов, особенно тогда, когда он окружен известными. Так, например, на месте IV—5, то есть в IV группе и 5-м ряду, еще в 70-х годах недоставало элемента... Вот свойства, которые должен иметь элемент, находя их на основании известных свойств Si, Sn, Zn и As. Атомный вес близок к 72, высшая окись  $\text{EsO}_2$ , низшая  $\text{EsO}$ , соединение обычной формы  $\text{EsX}_4$ , химически мало прочное низшей формы  $\text{EsX}_2$ , даст летучие металлоорганические соединения..., летучее и жидкое хлористое соединение  $\text{EsCl}_4$ , кипящее около  $90^\circ$ , уд. веса 1,9;  $\text{EsO}_2$  будет ангидридом слабой коллоидальной кислоты... плотность около 4,7 и т. д. Такое*

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Новые материалы по истории открытия периодического закона, 1950, стр. 45—46.



определение свойств экасилиция сделано было мною в 1871 г. на основании свойств сходных с ним элементов:  $IV-3=Si$  и  $IV-7=Sn$ , а также  $II-5=Zn$  и  $V-5=As$ . Ныне, когда этот элемент открыт проф. К. Винклером в Фейерберге (в Саксонии), стало очевидно, что действительные его свойства вполне отвечают предугаданным... Свойства, подобным образом найденные для экаалюминия,  $EI=III-5=(\text{около}) 68$ , оправдались действительностью...»<sup>1</sup>.

Таким образом, мы наглядно видим, что Менделеев применял на практике свое определение элемента, выраженное в положениях (I) и (V), как для целей исправления атомных весов известных элементов, так и для целей предсказания свойств еще не открытых элементов. В обоих случаях «место» в системе служило в качестве определяющего признака известного или ожидаемого элемента.

Вместе с тем здесь с особенной ясностью обнаружилась вторая черта нового, менделеевского, по своему существу диалектического понятия элемента. На это обстоятельство указывал еще Энгельс, говоря, что качество элементов обусловлено количеством их атомного веса:

«Это удалось блестящим образом подтвердить. Менделеев доказал, что в рядах сродных элементов, расположенных по атомным весам, имеются различные пробелы, указывающие на то, что здесь должны быть еще открыты новые элементы. Он наперед описал общие химические свойства одного из этих неизвестных элементов и предсказал приблизительно его удельный и атомный вес и его атомный объем. Несколько лет спустя Лекок-де-Буабодран действительно открыл этот элемент, и оказалось, что предсказания Менделеева оправдались с совершенно незначительными отклонениями. Экаалюминий получил свою реализацию в галлии... Менделеев, применив бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Леверье, вычислившего орбиту еще неизвестной планеты — Нептуна»<sup>2</sup>.

Рассматривая в целом взгляды Менделеева на элементы, выраженные в его понятии (определении) элемента, необходимо различать в них две отличные друг от друга стороны: 1) их основу, или *сущность*, опирающуюся на периодический закон, и 2) их исторически обусловленную *форму*, зависевшую от уровня развития естествознания (физики и химии) в последней трети XIX в. *Основа* менделеевского понятия (определения) элемента не только сохранилась, но была в дальнейшем развита и углублена; форма же его взглядов, связанная с химико-механической трактовкой элемента, была существенным образом изменена, заменилась новой, более совершенной, формой, вытекающей из новой, более совершенной, формулировки самого периодического закона. Это обстоятельство предвидел в свое время сам Менделеев. В 1879 г. он писал: «Возможно изменение выражения закона, можно найти более точное выражение этой зависимости; по моему убеждению, несомненно сохранится основной смысл, который дан периодическим законом...»<sup>3</sup>.

Исходя из сказанного, мы должны будем иметь в виду, что отказ от положения (III) не означал отказа по существу от менделеевского определения элемента, т. е. от положения (I), а означает замену одной формулировки этого определения, менее совершенной, другой его формулировкой, более совершенной. Такую замену фактически произвел

<sup>1</sup> Д. Менделеев, Основы химии, изд. 8, 1906, стр. 257.

<sup>2</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 42—43.

<sup>3</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 279.



сам Менделеев. Только отсутствие в то время физических данных о природе и строении атомов, а также общая химико-механическая концепция помешали Менделееву довести замену первоначальной формы периодического закона новой, более развитой его формой и, соответственно, замену старой формулировки определения элемента новой.

Таким образом, вопрос об основе, или сущности, менделеевского определения элемента «через периодический закон» и о конкретной формулировке такого определения находится в той же самой плоскости, как и общий вопрос о соотношении абсолютной и относительной истины. Подобно тому, как каждая достигнутая наукой относительная ступень познания природы есть ступень познания абсолютной истины, так и каждая конкретная формулировка периодического закона и связанного с ним определения элемента есть ступень приближения мысли физиков и химиков к абсолютному знанию химических элементов и их закона.

Открытие периодического закона и установление «места» элемента в системе в качестве нового признака у элемента, хотя вначале весьма еще отвлеченного, обогатили содержание понятия элемента. Мы уже отмечали, что Менделеев связывал развитие химических понятий, в том числе, конечно, и понятия элемента, с открытием периодического закона. Это надо понимать в том смысле, что открытия, сделанные Менделеевым, обогатили содержание названных научных понятий, раскрыли в них новые стороны, в которых отразились реальные связи и зависимости реальных химических элементов. Более глубокое раскрытие содержания понятий предполагает более глубокое проникновение в сущность отражаемого объекта; как раз этот процесс и констатирует Менделеев: «...Периодический закон не только отвечает известной действительности, но и позволяет проникать хотя понемногу в неизвестную сущность химических элементов»<sup>1</sup>.

Обозначем, как это мы делали выше, содержание понятия элемента буквой  $S$ . Но если содержание доменделеевского понятия элемента мы обозначили строчной (маленькой) буквой, то содержание менделеевского понятия элемента мы будем обозначать заглавной (большой) буквой. Обозначим через  $\bar{s}_0$  содержание доменделеевского понятия элемента, каким оно было накануне открытия периодического закона, а через  $\bar{S}_1$ ,  $\bar{S}_2$  и  $\bar{S}_3$  — содержание менделеевского понятия элемента на трех этапах его развития: 1) в феврале 1869 г., когда была установлена Менделеевым связь между распределением элементов по группам и по величине атомного веса ( $\bar{S}_1$ ); 2) в октябре 1869 г., когда была установлена Менделеевым зависимость валентности от атомного веса ( $\bar{S}_2$ ); 3) в 1870—1871 гг., когда была разработана Менделеевым естественная система элементов и определены «места» всех элементов в этой системе соответственно, когда было разработано и уточнено представление о «месте» элемента в системе в качестве определяющего признака элемента ( $\bar{S}_3$ ).

Характеризуя сжато ход развития понятия элемента за четыре года (с 1868 г. по 1871 г.) со стороны изменения его содержания, мы можем сказать так:

$\bar{s}_0$  превратилось в  $\bar{S}_1$ , затем в  $\bar{S}_2$  и, далее, в  $\bar{S}_3$ .

(Напомним, что подчеркиванием буквы сверху мы отмечаем, как и раньше, химико-механическую трактовку элементов.)

<sup>1</sup> Д. Менделеев, Основы химии, изд. 8, 1906, стр. 257.

Следовательно, развитие понятия элемента здесь шло от менее глубокого содержания ( $\bar{s}_0$ ) ко все более и более глубокому содержанию, пока оно не сформировалось в полной мере и не достигло той ступени, на которой становится возможно его строгое, научное определение ( $\bar{S}_3$ ).

Дальнейшая эволюция менделеевского понятия элемента совершалась, главным образом, в последней четверти XIX в.

### 3. ЭВОЛЮЦИЯ ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА В ПОСЛЕДНЕЙ ЧЕТВЕРТИ XIX в

Рассмотрим развитие менделеевского понятия элемента непосредственно после его возникновения в связи с периодическим законом.

Прежде всего следует отметить, что в менделеевском определении элемента дан лишь первый контур содержания современного понятия элемента в виде включения в число определяющих признаков элемента его «места» в периодической системе. Но само это «место» представляется Менделееву еще довольно абстрактно; непосредственно с ним не было еще связано каких-либо конкретных физических или химических свойств элементов, кроме свойства максимальной валентности по кислороду, которая численно совпадала с номером группы в менделеевской таблице элементов («абсцисса», обозначаемая римской цифрой). «Ордината» (номер ряда), обозначаемая арабский цифрой, не имела у Менделеева какого-либо определенного физического значения. Поэтому обозначения «места» элемента в системе с помощью двух координат, например III—4, (см. табл. 3) могло рассматриваться лишь как указание того, какое положение занимает отдельное (элемент) в общем (в периодической системе); но это не была характеристика какого-нибудь конкретного, индивидуального свойства данного элемента. Тем не менее, новый признак элемента — его «место» в системе — явился существенным обогащением содержания понятия элемента, поскольку именно этот признак позволил заложить основу современного понятия элемента.

Обозначим объем менделеевского понятия элемента буквой  $V$  (заглавной), в отличие от того, как раньше объем доменделеевского понятия элемента мы обозначили буквой  $v$  (строчной). Начальное значение объема данного понятия, которое оно имело до новых открытий в 1868 г., обозначим индексом 0, а дальнейшие его значения, отвечающие более расширенному объему, обозначим последовательно индексами 1, 2, 3 и т. д. Следовательно,  $\bar{v}_0$  будет означать объем понятия элемента до открытия Менделеевым периодического закона. Так как непосредственно после этого открытия и вплоть до 1875 г. объем понятия элемента не возрос, поскольку за это время не было открыто новых элементов, то он обозначается через  $\bar{V}_0$ . Тогда суммарное изменение в соотношении между объемом и содержанием понятия элемента, происшедшее в связи с открытием периодического закона Менделеевым, можно выразить так:

$$\bar{s}_0 \bar{v}_0 \text{ превратились в } \bar{S}_3 \bar{V}_0.$$

Углубление содержания понятия элемента (установление признака места элемента в системе Менделеева) в дальнейшем повлекло за собой расширение объема понятия элемента. Такое расширение наметилось сразу, как только Менделеев, опираясь на новый признак элемента, обнаружил пустующие «места» в периодической системе и на этом основании предсказал новые, не известные еще элементы. Открытие предсказанных элементов означало бы увеличение числа объектов, подпадающих под менделеевское определение элемента, и тем самым расширение объема

понятия элемента. Важно подчеркнуть, что такое расширение явилось бы прямым следствием происшедшего уже углубления содержания понятия элемента.

Свои предсказания трех неизвестных элементов и их свойств на основании признака их предполагаемого места в периодической системе Менделеев сделал в 1869—1871 гг. В течение 1875—1886 гг. были открыты все три элемента, получившие названия галлия, скандия и германия. Расширение объема понятия элемента под влиянием углубления его содержания стало фактом. Характеризуя «расширение области видимого», достигаемое благодаря периодическому закону, Менделеев говорил:

«Периодическая законность первая дала возможность видеть неоткрытые еще элементы в такой дали, до которой невооруженное этою законностью химическое зрение до тех пор не достигало, и при этом новые элементы, ранее их открытия, рисовались с целою массою свойств»<sup>1</sup>.

Обозначим через  $\bar{V}_1$  расширенный объем понятия элемента, увеличение которого было вызвано предшествующим углублением содержания понятия элемента от  $\bar{S}_0$  до  $\bar{S}_3$ . Очевидно, что увеличение объема понятия от  $\bar{V}_0$  до  $\bar{V}_1$  условно показывает прирост объема понятия элемента за счет трех дополнительно открытых элементов. Тогда изменение в соотношении между объемом и содержанием понятия элемента, происшедшее в течение 1875—1886 гг., можно условно изобразить так:

$$\bar{S}_3 \bar{V}_0 \text{ превратились в } \bar{S}_3 \bar{V}_1.$$

Менделеев предвидел также, что для того, чтобы периодический закон (следовательно, и признак «места» элемента в системе) мог способствовать и дальше расширению объема понятия элемента (открытию новых элементов), необходимо дальнейшее развитие этого закона, т. е. дальнейшее углубление его содержания, а вместе с ним и содержания понятия элемента. «Периодический закон, — говорил Менделеев, — расширив горизонт зрения, как инструмент, требует дальнейших углублений, для того, чтобы ясность видения еще дальнейших новых элементов была достаточна для полной уверенности»<sup>2</sup>.

Итак, на примере открытия периодического закона, создания на его основе современного понятия элемента и последующего открытия новых элементов, мы можем, как и раньше, сформулировать следующее положение: *углубление содержания понятия элемента влечет за собой расширение его объема, следовательно, объем понятия есть функция его содержания.*

В дальнейшем мы вновь увидим, что отношения между содержанием и объемом развивающегося научного понятия взаимны, так что содержание и объем могут как бы меняться своими местами: подобно тому, как объем понятия может быть функцией его содержания, так и обратно, содержание понятия может оказаться в ходе развития науки зависящим от его объема; короче говоря, здесь имеет место взаимосвязь.

Но наряду с тем, что были открыты предсказанные Менделеевым элементы и за счет этого объем понятия расширился от  $\bar{V}_0$  до  $\bar{V}_1$ , в период с 1878 г. по 1886 г., т. е. как раз за эти же годы, был открыт еще ряд других, а именно редкоземельных элементов, причем дидим, считавшийся ранее самостоятельным элементом, оказался смесью двух различных элементов — неодима и празеодима. Кроме ранее уже включенных

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Два Лондонских чтения, изд. 2, СПб., 1895, стр. 54.

<sup>2</sup> Там же.

в систему лантана и церия, Менделеев включил в свою систему из вновь открытых элементов только один иттербий. Остальные восемь элементов, открытых в 1886 г., остались пока что вне системы (в табл. 4 они заключены в рамку внизу таблицы). Кроме того, были открыты еще два редкоземельных элемента — диспрозий (1886), в элементарности которого оставались сомнения вплоть до 1906 г., и европий (1892). Следует отметить, что открытия новых редкоземельных элементов шли вне связи с периодическим законом, поскольку тогда еще нельзя было точно определить «места» этих элементов в системе Менделеева. Обозначим через  $\bar{V}'_1$  объем понятия элемента, расширившийся за счет открытия не только галлия, скандия и германия, но и редкоземельных элементов. Тогда по поводу эволюции объема понятия элемента с 1875 г. по 1892 г. точнее можно будет сказать так:

$$\bar{V}_0 \text{ превратилось в } \bar{V}'_1.$$

В табл. 4 вновь открытые элементы за это время обозначены курсивом (кроме совсем не включенных диспрозия и открытого позднее европия).

Открытие целой группы редкоземельных элементов способствовало обнаружению их чрезвычайной химической близости в качестве их общего признака. В силу этой их химической близости разделение этих элементов удавалось осуществить в процессе многократной дробной кристаллизации, да и то в результате оказывались химически не вполне чистые препараты, а иногда просто смеси двух и даже более редкоземельных элементов. Обнаружение чрезвычайной химической близости этих элементов явилось установлением нового, весьма важного, признака по крайней мере для некоторых элементов, не наблюдавшегося ранее в такой резко выраженной форме. Тем самым содержание понятия элемента было углублено далее, но пока что это углубление шло независимо от периодического закона и от признака «места» элемента в системе Менделеева.

Обозначив через  $\bar{S}_3'$  более углубленное понятие элемента (после обнаружения групповых химических особенностей у редкоземельных элементов), эволюцию содержания понятия элемента в этом направлении мы можем изобразить так:

$$\bar{S}_3 \text{ превратилось в } \bar{S}_3'.$$

Было бы неправильно полагать, что за время с 1871 г., когда было установлено Менделеевым новое понятие элемента и его определение (мы обозначили его содержание через  $\bar{S}_3$ ), и до 1886 г. содержание менделеевского понятия элемента оставалось неизменным. В действительности оно все время эволюционировало, углубляясь по мере того, как подтверждались на практике вытекавшие из периодического закона следствия в части, касающейся свойств элементов, и прежде всего их атомных весов.

Тем самым полнее и глубже раскрывались существенные признаки элементов в их связи между собою, а значит, полнее и глубже раскрывалось и содержание понятия элемента, которое отражало и обобщало собой результаты этого научного прогресса.

Химические исследования, которые провели ученики Менделеева — Г. Г. Густавсон в 1871—1872 гг. над взаимными замещениями галоидных соединений металлоидов и А. Л. Потылицын в 1879 г. над вытеснением хлора бромом из хлористых металлов, «показали зависимость чисто специальных реакционных способностей элементов от величины

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H 1							
2	Li 7	Be 9	B 11	C 12	N 14	O 17	F 19	
3	Na 23	Mg 24	Al 27	Si 28	P 31	S 32	Cl 35,5	
4	K 39	Ca 40	Sc 44	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56 Co 58,5 Ni 59 Cu 63
5	(Cu 63)	Zn 65	Ga 69	Ge 70	As 75	Se 79	Br 80	
6	Rb 82	Sr 87	Yt 89	Zr 90	Nb 94	Mo 96	—	Ru 103 Rh 104 Pd 106 Ag 108
7	(Ag 108)	Cd 112	In 113	Sn 118	Sb 120	Te 125	J 127	
8	Cs 133	Ba 137	La 138	Ce 140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	Yb 176	—	Ta 182	W 184	—	Os 191 Ir 193 Pt 196 Au 198
11	(Au 198)	Hg 200	Tl 204	Pb 206	Bi 208	—	—	—
12	—	—	—	Th 232	—	Ur 240	—	—

<i>Pr</i>	<i>Nd</i>	<i>Sm</i>	<i>Gd</i>
<i>Tb</i>	<i>Hb</i>	<i>Er</i>	<i>Tu</i>

Табл. 4. Дополнение системы Менделеева новыми элементами, открытыми в 1875—1886 гг. (1889).

атомного веса и от такого основного свойства их, которое выражено в формах их соединений, а потом и во многих других случаях чисто химические отношения элементов оказались в связи с периодическими их свойствами»<sup>1</sup>.

Менделеев указывает «на то, что Карнелли заметил зависимость разлагаемости гидратов от положения элементов в периодической системе», что другие ученые «выставили связь между атомным весом или местом простых тел в периодической системе и их способностью служить посредниками при передаче галоидов углеводородам» и что была найдена «периодичность в степени постоянства (при накаливании) окислов»<sup>2</sup>. Далее Менделеев пишет: «К. Винклер (1890) искал и действительно нашел зависимость восстанавливаемости металлов магнием от места их в периодической системе элементов и т. д. Чем более стали обращать внимания, тем чаще открывают явную связь изменений чисто химических, или качественных свойств сходственных веществ с переменою атомных весов входящих в них элементов и с положением их по периодической системе... Полюта (Харьков), С. С. Боткин, Блек, Л. Брентон и др. нашли даже соответствие между физиологическим действием на организм солей и других препаратов и местом элементов, в них содержащихся — по периодической системе»<sup>3</sup>.

Вслед за тем Менделеев показывает, что и область сплавов охватывается периодическим законом и что поэтому «А. А. Байков (1902) пришел к заключению, что медь в определенных сплавах своих следует периодической системе элементов...»<sup>4</sup>.

Далее Менделеев отмечает, что и для физических свойств простых и сложных тел «должно ждать зависимости от веса атомов элементов, а следовательно, и от их периодического распределения»<sup>5</sup>. В связи с этим Менделеев ссылается «на подмеченную Эррера (в Бельгии) в 1878 году и Карнелли в 1879 году зависимость магнитных свойств простых тел от места, занимаемого ими в периодической системе...»<sup>6</sup>. Простые тела *четных рядов* относятся к числу магнитных (парамагнитных), а *нечетных рядов диамагнитны*. Затем тот же Карнелли показал, что *температура плавления* простых тел изменяется периодически, а Лаури (1882) заметил периодичность в количестве тепла, выделяющегося при образовании соединений галоидов с металлами.

Особый интерес представляли попытки связать с периодическим законом спектры элементов. В то время как остальные существенные свойства элементов, открытые в течение первых двух третей XIX в. (атомный вес, валентность, распределение по естественным группам и даже по электрохимической характеристике элементов), были приведены в связь с периодической системой Менделеева, спектры труднее всего поддавались их теоретическому обобщению с точки зрения периодического закона. Объяснялось это прежде всего тем, что для такого обобщения необходимо было раскрыть не только внутреннее строение атомов, но и особый, дискретный характер самого света, а тем самым и его излучения (испускания) атомами в виде определенных спектров. Последнее было сделано только в XX в.; в результате в течение первой четверти XX в., точнее — к ее исходу, данные о спектрах были приведены окон-

<sup>1</sup> Д. Менделеев, Основы химии, изд. 8, 1906, стр. 259.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> Там же, стр. 260

<sup>5</sup> Там же.

<sup>6</sup> Там же.

чительно в связь с системой Менделеева, как об этом говорится в следующей главе.

Однако еще в 1889 г., ссылаясь на работы Чиамичиана, Гартли и др., Менделеев писал: «В спектрах простых тел можно приметить явную периодичность, потому что, во-первых, исследования... показали гомологию спектров аналогических простых тел, во-вторых, щелочные металлы обладают, очевидно, более простыми спектрами, чем металлы следующих групп, в-третьих тем, что между сложными спектрами» некоторых элементов «существует известная степень сходства, отвечающая той степени сближения этих элементов, которая указывается периодическим законом»<sup>1</sup>.

Позднее Менделеев писал, что исследования спектров щелочных и щелочноземельных металлов и т. п. привели «к заключению, что и в этом отношении видны правильности периодического свойства в зависимости от атомных весов»<sup>2</sup>. Однако при этом Менделеев считал нужным оговорить: «Во всех подобных сопоставлениях виден зачаток понимания связи между атомными весами, химическими аналогиями и положением спектральных линий простых тел, но, по моему мнению, еще не видно тех точных законностей, которые управляют зависимостью указанных предметов, а видно лишь отражение периодического закона»<sup>3</sup>.

Тем не менее можно все же считать, что уже к концу 80-х годов XIX в. данные о спектрах элементов перестали быть независимыми от периодического закона и стали приводиться в связь с системой Менделеева.

Если содержание менделеевского понятия элемента, развитое Менделеевым к июлю 1871 г., мы обозначили выше через  $\bar{S}_3$ , то дальнейшее его развитие в последней четверти XIX в., главным образом до начала 90-х годов XIX в., происходившее вследствие рассмотренных только что открытий, можно обозначить через  $\bar{S}_3''$ . Поэтому коротко его эволюцию за эти годы можно было бы выразить так:

$$\bar{S}_3 \text{ превратилось в } \bar{S}_3''.$$

Дальнейшая эволюция понятия элемента совершилась в 90-х годах XIX в. Еще в 1869 г. Менделеев высказал предположение о существовании трех элементов между водородом и литием с атомным весом 2, между фтором и натрием с атомным весом 20, и между хлором и калием с атомным весом 36. Это были будущие гелий, неон и аргон. Об этом свидетельствуют новые, найденные в 1950 г. менделеевские рукописи. Однако позднее Менделеев к этому своему предсказанию больше не возвращался. В 1894 г. английские ученые — физик Рэлей и химик Рамзай — открыли независимо от периодического закона аргон, в 1895 г. Рамзай открыл гелий — также совершенно независимо от периодического закона. Таким образом, произошло дальнейшее расширение объема понятия элемента за счет прибавления двух новых элементов. Но содержание понятия элемента пока еще не углубилось дальше. Обозначим через  $\bar{V}_2$  вновь увеличенный объем понятия элемента, где на этот раз переход от  $\bar{V}_1$  к  $\bar{V}_2$  показывает новый прирост объема понятия элемента за счет открытия первых двух инертных газов. Тогда изменившееся соотношение между содержанием понятия элемента и его объемом выразится так:

$$\bar{S}_3'' \bar{V}_1 \text{ превратились в } \bar{S}_3'' \bar{V}_2.$$

<sup>1</sup> Д. Менделеев, Два Лондонских чтения, 1895, изд. 2, стр. 59. Примечание

<sup>2</sup> Д. Менделеев, Основы химии. Дополнения, изд. 8, 1906, стр. 621.

<sup>3</sup> Там же, стр. 594.



Однако первоначально для вновь открытых элементов не находилось «места» в системе Менделеева, разделенной на восемь групп. Тем самым новые элементы оказывались вне периодической системы и не попадали под общее менделеевское определение элемента, поскольку они оказались без «места» в системе. Между тем Менделеев твердо исходил из положения о том, что «элементарные же вещества ныне немислимы без подчинения их периодической законности»<sup>1</sup>. В соответствии с этим Менделеев пытался первоначально разрешить возникшее противоречие тем, что объявил аргон не новым химическим элементом, а модификацией азота  $N_3$ , аналогичной озону  $O_3$ . Этим было как бы ликвидировано увеличение объема понятия элемента, достигнутое благодаря открытию Рэлея и Рамзая, ибо аргон исключался из числа химически элементарных веществ.

Рамзай пошел по другому пути, который еще раньше был указан самим же Менделеевым. Он обратил внимание на то, что аргон и гелий обладают общими им обоим специфическими свойствами — полной химической инертностью. Качественно отличное свойство новых элементов, а также их атомные веса дали возможность химикам образовать из них особую естественную группу — группу аргона — и подобно уже известным группам щелочных металлов, галоидов и другим ввести ее в систему Менделеева.

В результате увеличения объема понятия элемента (открытия двух новых элементов) произошло углубление содержания понятия элемента, которым теперь охватывались дотоле неизвестные и непредугаданные на основании периодического закона свойства элементов — их химическая инертность, неспособность вступать в химические соединения. В соответствии с этим произошло развитие (углубление) самого периодического закона. В первом издании «Основ химии» Менделеев дал такую формулировку этого закона: «Правильное и постепенное изменение в величине атомного веса влечет за собою... правильное и постепенное изменение как в качественной, так и в количественной способности элементов к соединениям...»<sup>2</sup>.

Теперь же после открытия этих новых элементов оказалось, что среди элементов, составивших особую группу, которую необходимо было включить в систему Менделеева, имеются такие, которые вообще лишены способности вступать в химические соединения, поскольку их химическая активность равна нулю, т. е. отсутствует вовсе.

В силу этого потребовалось углубить формулировку периодического закона, приняв, что не только наличие способности давать химические соединения, но и само отсутствие таковой у элементов стоит в периодической зависимости от атомного веса элементов. «Можно умственно допустить, — писал в связи с этим Менделеев, — и такой разряд элементов, который не соединяется ни с водородом, ни с кислородом...»<sup>3</sup>.

Такое допущение, т. е. отрицание у элементов всякой химической активности до открытия аргона и гелия, показалось бы неправдоподобным.

«Такое допущение, т. е. отрицание для элемента всякой склонности к образованию сколько-либо стойких соединений с другими химическими элементами, еще несколько лет тому назад должно было бы считать совершенно произвольным, а потому и маловероятным даже гипотетически, так как все известные еще недавно простые тела и элементы так

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 485.

<sup>2</sup> Там же, стр. 110.

<sup>3</sup> Там же, стр. 450.

или иначе... вступали во взаимные соединения, и тогда представить вещество, вовсе лишенное склонности подвергнуться под влиянием других веществ каким-либо химическим изменениям... было бы чересчур смело и лишено всякой реальности, т. е. чуждо известной действительности»<sup>1</sup>.

Обозначим через  $\bar{S}_4$  углубленное содержание понятия элемента, вызванное открытием двух новых элементов. Тогда измененное в ходе развития науки соотношение между содержанием и объемом понятия элемента можно выразить так:

$$\bar{S}_3''' \bar{V}_2 \text{ превратились в } \bar{S}_4 \bar{V}_2.$$

На основании этого конкретного примера мы можем, как и раньше, сформулировать следующее положение: *расширение объема понятия повлекло за собой углубление его содержания; следовательно, содержание понятия есть функция его объема.*

Но этим последствия открытия аргона и гелия, т. е. последствия предшествовавшего расширения объема понятия элемента, не завершились. Как только из вновь открытых элементов была образована особая группа и сделана попытка ввести ее в систему Менделеева, как только тем самым признак места элемента в системе получил дальнейшее развитие, так немедленно стало возможно и дальнейшее расширение объема понятия элемента, но уже на основе более углубленного содержания периодического закона и связанного с ним понятия элемента. Пользуясь менделеевским приемом предвидения новых элементов на основании их «мест» в периодической системе, Рамзай предсказал в 1897 г. существование еще трех элементов из той же группы аргона (одного, стоящего между гелием и аргоном, и двух, стоящих ниже аргона), которые и были открыты им в 1898 г. вместе с Траверсом.

Впоследствии Рамзай писал о своем открытии: «По образцу нашего учителя Менделеева я описал, поскольку возможно было, ожидаемые свойства и предполагаемые отношения газообразного элемента, который должен был бы заполнить пробел между гелием и аргоном»<sup>2</sup>. Это был будущий неон.

Обозначим через  $\bar{S}_5$  углубление содержания понятия элемента до такой степени, когда стало возможным предсказание трех новых элементов из группы аргона, а через  $\bar{V}_3$  — расширение объема понятия элемента, происшедшее после открытия трех новых элементов (неона, ксенона и криптона), сделанного на основании периодического закона, т. е. на основании указания «мест» этих элементов в системе Менделеева. Тогда изменение в соотношении между содержанием и объемом понятия элемента можно представить в виде двух последовательных ступеней: к моменту, когда Рамзай сделал свои предсказания (1897), это соотношение изменилось так:

$$\bar{S}_4 \bar{V}_2 \text{ превратились в } \bar{S}_5 \bar{V}_2.$$

После открытия трех предвиденных Рамзаем элементов оно изменилось так:

$$\bar{S}_5 \bar{V}_2 \text{ превратились в } \bar{S}_5 \bar{V}_3.$$

Но как только три предсказанных газа были открыты и группа аргона оказалась составленной уже из пяти элементов, возникла необ-

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 472—473.

<sup>2</sup> В. Рамзай, Благородные и радиоактивные газы, 1909, стр. 19—20.

ходимость более точного определения ее «места» в системе Менделеева. Это «место» было как раз то, которое предвидел Менделеев еще в 1869 г.: между группой VII (галлоиды) и группой I (щелочные металлы). При этом полное отсутствие химической активности означало, что валентность у новых элементов равнялась 0. Соответственно с этим новая группа была определена как нулевая. Так появилась новая «абсцисса» в таблице элементов, равная 0. Тем самым не только был развит далее периодический закон элементов, но и был обогащен определяющий признак элемента — его «место» в системе Менделеева, чем было углублено содержание менделеевского понятия элемента. По поводу аналогов аргона Менделеев писал:

«Эти элементы, по величине их атомных весов, заняли точное место между галлоидами и щелочными металлами, как показал Рамзай в 1900 г. Из этих элементов необходимо образовать свою особую нулевую группу, которую прежде всех в 1900 г. признал Эррера в Бельгии»<sup>1</sup>.

Обозначив через  $\bar{S}_5'$  содержание понятия элемента после введения нулевой группы в системе Менделеева, можем записать заключительный этап эволюции содержания понятия элемента в связи с открытием аргона и его аналогов так:

$$\bar{S}_5 \text{ превратилось в } \bar{S}_5'.$$

Таким образом, здесь мы снова наглядно видим, как в ходе развития науки объем и содержание понятия элемента меняются своими ролями: сначала объем понятия изменился независимо от содержания и повлек за собой изменение содержания понятия элемента; это последнее, углубившись, в свою очередь, оказало обратное влияние на изменение объема понятия, вызвав его расширение, которое вновь повлекло за собой дальнейшее углубление содержания. Здесь налицо определенная взаимосвязь между изменением объема понятия и изменением его содержания. Подобного рода взаимосвязь, с логической точки зрения, как раз и отображает собою процесс развития научного познания; обе стороны понятия элемента — и его объем, и его содержание — изменяются прогрессивно; они растут и углубляются, причем в своем развитии обе стороны взаимно обуславливают друг друга: если «движение» познания, выражающееся как изменение понятия элемента, начинается с углубления содержания понятия, то оно влечет за собой потом изменение его объема; если же оно начинается с расширения объема понятия, то оно влечет за собой потом изменение его содержания, которое в свою очередь влечет за собой новое изменение объема понятия.

Так в ходе эволюции понятия элемента эволюционируют обе его стороны — объем и содержание, эволюционируют не параллельно и не независимо одна от другой, а в тесной связи друг с другом и во взаимном переплетении их между собой. Поэтому эволюция понятия элемента в последней трети XIX в. может служить конкретным примером к положению диалектической логики о прямой зависимости между изменяющимся объемом и содержанием движущегося, развивающегося научного познания, которое находит свое обобщение в научных понятиях.

В табл. 5 отмечены курсивом элементы, открытые в 90-х годах XIX в. Кроме нулевой группы с пятью инертными газами, сюда относятся еще радий, а также европий. Вместе с этим последним число все еще не включенных в систему Менделеева редкоземельных элементов достигло цифры «9» (если не считать диспрозия, в элементарности которого оставались еще сомнения). В связи с этим все настойчивее перед

<sup>1</sup> Д. Менделеев, Основы химии. Дополнения, изд. 8, 1906, стр. 613.

	0	1	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1		H 1,008							
2	He 4,0	Li 7,03	Be 9,1	B 11,0	C 12,0	N 14,04	O 16,0	F 19,0	
3	Ne 19,9	Na 23,05	Mg 24,3	Al 27,0	Si 28,4	P 31,0	S 32,06	Cl 35,45	
4	Ar 38	K 39,1	Ca 40,1	Sc 44,1	Ti 48,1	V 51,4	Cr 52,2	Mn 55,0	Fe 55,9 Co 59 Ni 59 (Cu)
5		Cu 63,6	Zn 65,4	Ga 70,0	Ge 72,3	As 75,0	Se 79	Br 79,95	
6	Kr 81,8	Rb 85,4	Sr 87,6	Yt 89,0	Zr 90,6	Nb 94,0	Mo 96,0	P 99	Ru 101,7 Rh 103,0 Pd 106,5 (Ag)
7		Ag 107,9	Cd 112,4	In 114,0	Sn 119,0	Sb 120,0	Te 127	J 127	
8	Xe 128	Cs 132,9	Ba 137,4	La 139	Ce 140				
9									
10				Yb 173		Ta 183	W 184		Os 191 Ir 193 Pt 194,9 (Au)
11		Au 197,2	Hg 200,0	Tl 204,1	Pb 206,9	Bi 208			
12			Ra 224		Th 232		U 239		

Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
141	144	148	151	156
Tb	Ho	Er	Tu	
163?	165?	166?	171?	

Табл. 5 Пополнение системы элементов инертными газами, открытыми в 1894—1898 гг. (1900—1903).

химиками возникала задача попытаться включить в систему Менделеева все семейство редкоземельных элементов. Такую попытку сделал в 1902 г. выдающийся чешский химик, друг Менделеева — Б. Ф. Браунер. Он писал:

«Подобно тому, как в солнечной системе целая группа астероидов занимает полосу на месте пути, по которому по аналогии должна бы двигаться одна планета, так точно целая группа элементов редких земель могла бы занять в системе одно место, на котором в другом случае стоит один элемент»<sup>1</sup>.

В соответствии с такой идеей Браунер предлагал все редкоземельные элементы (кроме лантана) поставить в одну клетку с церием. «Элементы редких земель создали бы особую интерпериодическую группу, аналогичную до некоторой степени восьмой группе, начиная от церия и кончая неизвестным до сих пор элементом с атомным весом приблизительно 180, лежащим налево от тантала»<sup>2</sup>.

Позднее Браунер говорил в главе, написанной им для «Основ химии» Менделеева, что «элементы редких земель образуют, вероятно, междупериодическую группу или узел в системе, где они следуют друг за другом по величине атомных весов»<sup>3</sup>. И далее: «Подобно тому, как в восьмой группе по четыре элемента занимают одно место в системе, так и приведенные элементы редких земель составляют в системе узел или пояс и стоят на месте IV—8, на котором до сих пор стоял один церий»<sup>4</sup>. Так было дальше развито и углублено учение Менделеева о периодическом законе и связанное с ним менделеевское понятие элемента. Однако окончательное решение вопроса о «месте» редкоземельных элементов в системе Менделеева было дано только в 1921—1923 гг., как об этом говорится в следующей главе.

В табл. 6 показано, как именно Браунер предполагал разместить редкоземельные элементы в системе элементов (все они, кроме лантана и церия, уже находившихся в системе ранее, обозначены курсивом). Следует заметить, что углубление содержания менделеевского понятия элемента выразилось здесь, как и раньше, в уточнении признака «места» элементов, в данном случае — редкоземельных элементов, в системе Менделеева. Такое углубление содержания понятия элемента произошло здесь под прямым влиянием неуклонно возрастающего объема этого понятия, происходившего за счет открытия все новых и новых редкоземельных металлов и обнаружения их чрезвычайной химической близости. Именно чрезвычайная их химическая близость (как один из признаков данной группы элементов) дала повод Браунеру выделить для них одну общую клетку в системе Менделеева. Следовательно, здесь сначала происходило увеличение объема понятия, а затем оно влекло за собой углубление его содержания (установление признака чрезвычайной химической близости; уточнение признака «места» в системе, когда в одну клетку таблицы было помещено одновременно 11 элементов).

Если обозначить через  $\bar{S}_6$  содержание понятия элемента, углубленное в результате открытия Браунера, то эволюцию содержания понятия элемента в данной связи можно было бы представить так:

$\bar{S}_5$  превратилось в  $\bar{S}_6$ .

<sup>1</sup> Журнал Русского физико-химического общества, т. XXXIV, отд. 1, 1902, стр. 150.

<sup>2</sup> Там же, стр. 151.

<sup>3</sup> Д. Менделеев, Основы химии. Дополнения, изд. 8, 1906, стр. 651.

<sup>4</sup> Там же, Дополнения, стр. 656.

	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1		[H 1							
2	He 4	Li 7	Be 9	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19	
3	Ne 20	Na 23	Mg 24	Al 27	Si 28	P 31	S 32	Cl 35	
4	Ar 38	K 39	Ca 40	Sc 44	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56 Co 59 Ni 59 (Cu)
5		Cu 63	Zn 65	Ga 70	Ge 72	As 75	Se 79	Br 80	
6	Kr 82	Rb 85	Sr 87	Yt 89	Zr 90	Nb 94	Mo 96	? 99	Ru 101 Rh 103 Pd 106 (Ag)
7		Ag 108	Cd 112	In 114	Sn 119	Sb 120	Te 126	J 127]	
8	Xe 128	Cs 133	Ba 137	La 139	Ce 140 <i>Pr 141</i> <i>Nd 144</i> <i>Sm 148</i> <i>Eu 151</i> <i>Gd 156</i> <i>Tb 163</i> <i>Ho 165</i> <i>Er 166</i> <i>Tm 171</i> <i>Yb 173</i> <i>R = 180</i>	Ta 183	W 184	? 190	Os 191 Ir 193 Pt 195 (Au)
9		Au 197	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208	—	—	—
10	—	—	Ra?	—	Th 232	—	Ur 239	—	— — — — (-)

Табл. 6. Полностью системы Менделеева редкоземельными элементами (1902).





Пользуясь теми же приемами, как и раньше, можно представить схематически эволюцию менделеевского понятия элемента со стороны изменения его содержания и объема в последней трети XIX в. (см. схему II). Обозначения здесь те же, что и выше. Объем понятия попрежнему изображается в виде круга; поэтому его расширение изображается как увеличение круга. Содержание понятия, отражающее существенные признаки элемента, изображается заполнением плоскости круга в направлении от внешней линии окружности к центру круга. Признаки элемента, для которых найдена связь с периодическим законом и «местом» элемента в системе, изображаются черным ободком; ширина ободка растет вглубь круга по мере обнаружения связи новых признаков элементов с периодическим законом, т. е. по мере конкретизации определяющего признака элемента — его «места» в системе. Вновь открываемые признаки элемента, которые стоят еще вне связи с периодическим законом, обозначаются внутренним кругом, не сливающимся с внешним (зачерненным) ободком. Стрелки указывают направление эволюции данного понятия.

Первый кружок на схеме II, обозначенный как  $\bar{s}_0 \bar{u}_0$ , представляет объем и содержание понятия элемента, каким оно было в 1868 г., т. е. к моменту открытия периодического закона. Все установленные в течение первых двух третей XIX в. существенные признаки элементов (атомный вес, принадлежность к определенной естественной группе, валентность и спектр) не были связаны между собой до открытия Менделеева и выступали просто как индивидуальные, единичные свойства того или иного элемента. Поэтому они изображены в схеме II в виде независимых концентрических кружков. Открытие, сделанное Менделеевым, и дальнейшее его развитие состояли, в частности, в том, что указанные свойства элементов последовательно приводились в связь между собою, и эта их связь составляла самую основу периодического закона. Этот процесс и представлен прежде всего в схеме II.

Далее, на примере открытия аргона и галлия и последующего их включения в менделеевскую периодическую систему, а также на примере обнаружения чрезвычайной химической близости редкоземельных элементов и последующего их включения в одну общую клетку системы Менделеева мы видим, как иногда новые признаки элементов (в данном случае их химическая инертность или же их чрезвычайная химическая близость) открываются и вводятся сначала независимо от основного признака элемента, т. е. его «места» в системе. Затем, по мере того, как эти вновь открываемые признаки познаются глубже, они обнаруживают свою связь с основным менделеевским признаком элемента, т. е. «местом» в системе, и, наконец, сливаются с ним полностью.

#### 4. ОТКРЫТИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА КАК ПОДГОТОВКА ПОЛНОГО КРУШЕНИЯ СТАРОГО, МЕТАФИЗИЧЕСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА

Мы уже видели, что открытие периодического закона Менделеевым повлекло непосредственно за собой коренную ломку старого, метафизического понятия элемента в двух его пунктах (см. стр. 192). Но остальные два пункта не были еще разрушены до конца XIX в., в том числе главный из них, заключающийся в признании неразложимости и неразрушимости элементов. Этот пункт был разрушен лишь в результате великих открытий в физике, сделанных в самом конце XIX в. Однако задолго до этого Д. И. Менделеев, А. М. Бутлеров, А. Г. Столетов, Н. А. Умов, Н. Н. Бекетов — в России, У. Крукс — в Англии, М. Берт-

ло — во Франции, Л. Мейер — в Германии и другие ученые выдвинули идею, что периодический закон свидетельствует о сложности, изменчивости и взаимопревращаемости элементов. Таким образом, открытие периодического закона не только сокрушило два положения старого, метафизического понятия элемента, но и явилось подготовкой крушения остальных его положений, а тем самым и всего этого понятия в целом.

Рассмотрим теперь, каким же образом периодический закон Менделеева наводил на мысль о превращаемости элементов. Начнем с анализа высказываний самого Менделеева по этому вопросу, а затем остановимся вкратце на высказываниях других ученых того времени. Зададимся прежде всего вопросом: какое разумное объяснение можно было дать тому факту, что все элементы закономерно взаимосвязаны между собой и подчинены единому, общему для них всех периодическому закону? И чем можно было объяснить, что переходы между элементами носят характер скачкообразных изменений, когда количественные изменения их массы (атомного веса) закономерно вызывают качественные изменения самих элементов?

Очевидно, что таким объяснением могло быть признание (в то время пока только гипотетическое), что элементы в принципе способны разлагаться и реально переходить друг в друга, что они имеют общее происхождение, что они изменчивы и сложны по своей природе. Такое предположительное объяснение периодическому закону давал Менделеев в своих ранних трудах<sup>1</sup>.

В своем дневнике в конце 1870 г. Менделеев записал: «За пределом O и H = ультиматы»<sup>2</sup>. Эту мысль Менделеев развил подробнее в заключительных главах первого издания «Основ химии», которые писались в начале 1871 г. Он отмечал:

«Легко предположить, но ныне пока нет еще возможности доказать и может быть это вовсе даже неверно, и во всяком случае подлежит еще большому сомнению, что атомы простых тел суть сложные существа, образованные сложением некоторых еще меньших частей (ультиматов), что называемое нами неделимым (атом) — неделимо только обычными химическими силами, как частицы не делимы в обычных условиях физическими силами; однако, несмотря на шаткость и произвольность такого предположения<sup>3</sup>, к нему невольно склоняется ум при знакомстве с химией. Оттого такое учение повторяется в разных формах уже давно и выставленная мной периодическая зависимость между свойствами и весом, повидимому, подтверждает такое предчувствие, если можно так выразиться, столь свойственное химикам»<sup>4</sup>.

Идея сложности элементов, выдвинутая Менделеевым в связи с более глубоким теоретическим осмысливанием открытого им закона, прямо приводила к другому важному заключению, а именно — к идее превращаемости элементов. В самом деле: если признано, что элементы едины по своему строению, что они образованы одними и теми же простыми частицами материи («ультиматами»), то отсюда вполне естественно

<sup>1</sup> См. нашу статью в журн. «Химия в школе», 1952, № 4, стр. 19.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев, Научный архив, т. I, 1953, стр. 611.

<sup>3</sup> Ведущего свое начало из сравнения мировых форм. Сравнивается частица с солнечной системой, радикал или цельная присоединяющаяся частица с планетой и ее спутниками, солнце с многоатомным элементом, связующим всю совокупность тел, атом с отдельным небесным светилом, спутником, планетой солнцем. Но состав этих светил, судя по всему, что знаем, одинаков. Форма материи здесь одна и та же, т. е. эти неделимые делимы еще множеством путей. Таковы же и атомы. (Примечание Менделеева.)

<sup>4</sup> Д. И. Менделеев, Соч., т. XIV, стр. 805.

должно следовать признание, что исторически все элементы возникли из каких-то общих материальных образований и что поэтому они должны обладать способностью реально превращаться друг в друга, реально переходить один в другой. Короче говоря, признание единства строения (сложности) элементов влекло за собою признание единства их происхождения (их превращаемости).

Подобно тому, как идею о сложности элементов Менделеев основывал на своем периодическом законе, так и идею о превращаемости элементов, связанную с первой идеей, Менделеев, естественно, основывал на том же самом законе.

В своем, упоминавшемся уже выше, дневнике, Менделеев записал: «След[овательно] все сводится на элемент[ы], все учение химии сост[оит] в учении о св[ойствах] элем[ентов] — цель и задача — превратить один в другой — это буд[ет] дальше... Что же знаем об элем[ентах], где здесь конец?»<sup>1</sup>

Значит: уже тогда Менделеев задавался вопросом: где *конец*, т. е. где предел разложения самих элементов, на котором заканчивается их анализ? Подходя с этой стороны к выяснению свойств элементов, в частности к вопросу о том, чем определяется запас внутренней энергии в них, Менделеев выдвинул следующее предположение: если правильна гипотеза, что элементы (включая и водород) образованы из некоторой более простой материи («материи простого тела», или «ультиматов»), то более сложные, а потому и более тяжелые атомы должны образовываться путем соединения ее самой с собою; при этом тратится энергия, ибо реакция соединения, дающая устойчивое образование, должна носить экзотермический характер, т. е. должна идти с выделением энергии. Поэтому более тяжелые элементы должны обладать меньшим запасом внутренней энергии, чем более легкие. В дневнике Менделеев записал эти мысли так: «Материя простого тела, соединившись сама с собою, дает более тяжелые атомы тяжелов[есных] элементов — они прочны, в них в образов[ании] этих слож[ных] элемент[ов] потрачена энергия, но характер соединений остался тот же. Это как  $C_2H_4$  и  $C_nH_{2n}$  — все тоже способ[ны] соединяться с  $X_2$ , так и в элементах»<sup>2</sup>.

Как раз в это же самое время Менделеев писал в «Основах химии» в связи с предположением о том, что элементы образуются из ультиматов: «При этом объясняется и тот факт, что в большей части случаев энергия уменьшается с возрастанием атомного веса, как будто получается из ультиматных частей очень сложная группа, не склонная уже к подвижности, что можно уподобить различию в реакциях (конечно до начала распада) таких полимерных форм, как  $C_{16}H_{32}$  по сравнению с  $C_2H_4$  и т. п. Обе последние формы одного состава, обе соединяются с  $Cl_2$ , но в первом теле энергия мала. Так и в тяжелоатомных платиновых металлах она мала»<sup>3</sup>.

Совершенно исключительный интерес представляет указание Менделеева на то, что в случае предполагаемого превращения элементов должен меняться их вес, а значит, и их масса. Другими словами, Менделеев предвидел то явление, которое ныне известно под названием «дефекта массы». В своем дневнике он ставил коренной, с его точки зрения, вопрос: «Что же такое вес?». Далее он писал: «В суждении об элементах надо изложить следующее: что же такое вес? При слож[ении] весов получ[ается] вес, равный [их] сумме, но может быть, когда обра-

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Научный архив, т. I, 1953, стр. 615.

<sup>2</sup> Там же, стр. 617.

<sup>3</sup> Д. И. Менделеев, Соч., т. XIV, стр. 805.

зовались простые тела, этого и не было. Если  $\text{FeCl}_2$  разлож[ить], то сумма  $\text{Fe} + \text{Cl}_2 = \text{FeCl}_2$ , но если Pt превратить в  $\text{Fe} + \text{Fe} + \text{Fe} + \text{Fe}$ , то не получит[ся] 224, а толь[ко], может быть, 197 — [т. к.] потеря[лась] часть веса. Мы говори[м], что материя вечна, потому и прос[тые] тела вечны, но надо обратно: мы не умеем разлагать простые тела, потому вес постоянен»<sup>1</sup>.

Ход рассуждений Менделеева здесь такой: постоянство веса (общий вес конечных продуктов реакции равен сумме весов исходных веществ) имеет место лишь при химических реакциях (например,  $\text{Fe} + \text{Cl}_2 = \text{FeCl}_2$ ), ибо элементы при этом сохраняются, а значит, сохраняются и их атомные веса. Возможно, что было время, когда сами элементы образовывались друг из друга или же из «материи простого тела» (из «ультиматов»). В тот момент их атомные веса не были постоянными, а изменялись и возникали вместе с самими элементами. При этом они менялись по своей величине настолько значительно, что сумма весов исходных атомов (например, у четырех Fe) оказывалась больше, чем вес образовавшегося из них более сложного и потому более тяжелого атома (Pt). В самом деле, по тогдашним данным  $\text{Fe} = 56$ ,  $\text{Pt} = 197$ ; следовательно  $4 \text{Fe} = 224$ , т. е. на 27 атомных единиц больше, чем вес Pt. Убыль веса на 27 единиц, возникающая в процессе предположительного образования более сложного и тяжелого атома (Pt) из более простых и легких (Fe), и есть то, что ныне именуют дефектом массы.

Разумеется, точно вычислить значение дефекта массы Менделеев в то время не мог по той простой причине, что тогда не было еще известно ни одной ядерной реакции: Поэтому он по необходимости вынужден был ограничиться примерно такими предположениями: допустим, что Pt образована четырьмя Fe; в таком случае потеря в весе составила бы 27 атомных единиц.

Допустив в качестве возможного в прошлом процесса синтеза Pt из четырех атомов Fe, Менделеев допускает возможность и обратного процесса в будущем, т. е. разложения Pt на 4Fe. Это прямо стоит в связи с приведенной выше заметкой в том же дневнике, гласящей, что «все сводится на элементы... цель и задача — превратить один в другой — это будет дальше».

Но если, таким образом, один атом Pt в результате его разложения предположительно должен будет распасться на 4 атома Fe, то в таком случае каким же образом исходный вес  $\text{Pt} = 197$  может дать больший вес, равный 224 (у четырех атомов Fe)? В дневнике на этот вопрос Менделеев еще не отвечает; он его только ставит; но замечательна уже сама постановка т а к о г о вопроса 86 лет тому назад.

Спустя полгода, Менделеев дает прямой ответ на этот поставленный им вопрос, ответ смелый, новаторский, разбивающий господствовавшие в то время у многих химиков взгляды на происхождение элементов и их атомных весов. Мы видели, что эти взгляды сводились к признанию механистической гипотезы Праута. Менделеев категорически отверг эту гипотезу; отвергая ее, он ищет объяснения малых отклонений атомных весов элементов от их кратности атомному весу водорода ( $\text{H} = 1$ ), т. е. от их целочисленных значений. При этом он стремится полностью удержать и даже совершенно по-новому, научно обосновать мысль о взаимной превращаемости элементов, о их разложимости, освободив эту великую, диалектическую по своему существу мысль от налета упрощенчества и механицизма, навеянного гипотезой Праута.

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Научный архив, т. I, стр. 617.

Менделеев пишет: «Всякому известна судьба (зачеркнуто: так называемого закона) гипотезы Праута о соизмеримости атомных весов элементов и о кратности их с атомным весом водорода. Когда исследования заставили допустить для атомных весов дробные числа, когда Стас показал, что при этом нельзя даже допустить и рациональных дробей, тогда даже после блестящей критики Мариньяка стало несомненным, что гипотеза Праута ушла чересчур далеко от фактов. Мне кажется, что нет даже теоретических оснований ее допущения»<sup>1</sup>.

Далее Менделеев развивает ту же мысль, что и в дневнике, а именно, что сумма весов веществ, которая сохраняется при химических реакциях, не будет сохраняться при образовании и разложении элементов, т. е. при таких реакциях, которые ныне зовутся ядерными: «Соглашаясь даже с тем, что материя элементов совершенно однородна, нет повода думать, что  $n$  весовых частей одного элемента или  $n$  его атомов, давши один атом другого тела, дадут  $n$  же весовых частей, то есть, что атом второго элемента будет весить равно в  $n$  раз больше, чем атом первого»<sup>2</sup>.

После этого Менделеев формулирует физическую причину, в силу которой вес образованного тяжелого атома будет отличаться по своему численному значению от суммы весов исходных легких атомов, т. е. от величины  $n$ , если вес исходного атома принять за единицу: «Закон постоянства веса я считаю только частным случаем закона постоянства сил или движений. Вес зависит, конечно, от особого рода движений материи и нет никакого повода отрицать возможность превращения этого движения в химическую энергию или какой-либо другой вид движения, когда образуются атомы элементов»<sup>3</sup>.

Следовательно, по Менделееву, вес, т. е. гравитационная сила, есть сила тяготения, а тяготение есть определенная форма движения материи, а потому вес должен подчиняться общему закону сохранения и превращения движения (энергии). В этом отношении Менделеев фактически продолжает развивать замечательные идеи Ломоносова (оставшиеся ему неизвестными) о том, что вес, тяготение является определенным видом движения материи и носит, таким образом, кинетический характер, но отнюдь не характер какой-то метафизической врожденной «силы», действующей на расстоянии.

Но ни Ломоносов, ни Менделеев не рассматривали самую массу (носительницу свойства тяготения) как движение. Менделеев говорит только об особом роде движения материи, допуская возможность превращения этого рода движения в другие виды движения. Иначе говоря, речь идет здесь не о массе и не о веществе, а лишь о различных видах движения. Поэтому нельзя на основании приведенной выше цитаты утверждать, будто Менделеев признавал превращение массы или вещества в энергию. Это было бы грубым искажением его четко выраженных материалистических воззрений и вопиюще неверным превращением его в энергетика. Менделеев писал:

«Два явления ныне наблюдаемые: постоянство веса и неразлагаемость элементов стоят поныне в тесной, даже исторической связи, и если разложится известный, или образуется новый элемент, нельзя отрицать, что не образуется или не уменьшится вес»<sup>4</sup>. Это как раз та самая мысль, которую Менделеев записал в своем дневнике: разложение и образова-

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Новые материалы по истории открытия периодического закона, 1950, стр. 66.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> Там же.

ние элемента должно быть связано с изменением веса (т. е. с дефектом массы, как бы сказали мы сейчас).

В заключение Менделеев поясняет, что приведенную выше мысль он выдвинул с целью показать, что не следует отождествлять идею о сложности и превращаемости элементов с ее механистическим истолкованием, какое дается гипотезой Праута: «Высказывая эту мысль, я желаю только показать, что есть некоторая возможность примирить заветную мысль химиков о сложности элементов с отрицанием гипотезы Праута»<sup>1</sup>.

Позднее, в 1898 г., в статье «Золото из серебра» Менделеев указывал на отсутствие фактов, доказывающих превращение элементов друг в друга. Отсюда он делал вывод, что пока надо рассматривать элементы как предел превращений веществ. «Докажется иное, выиграется быть может возможность понять закономерность, примеченную в элементах, а именно их периодичность, но пока что говорить о превращении одних элементов в другие просто-напросто нет никакого повода, и надо принимать хотя бы периодическую законность элементов за вывод из совокупности известного, дающий возможность предвидеть многое неизвестное, но также непонятный по существу, как непонятно тяготение, которого закон без сомнения точно известен. Таким образом, мне лично, как участнику в открытии закона периодичности химических элементов, было бы весьма интересно присутствовать при установке данных для доказательства превращения элементов друг в друга, потому что я тогда мог бы надеяться на то, что причина периодической законности будет открыта и понята. Поэтому, как философ, я с большим вниманием присматриваюсь ко всякой попытке показать сложность химических элементов. Но, как естествоиспытатель, я вижу тщетность всех попыток...»<sup>2</sup>.

В этих словах заключено предвидение Менделеевым того, что обнаружение фактов взаимного превращения элементов может помочь отыскать причину, лежащую в основе периодического закона.

Подобно Менделееву, другие ученые видели в периодическом законе доказательство изменчивости элементов, их сложности, их эволюции. Например, Н. А. Умов опровергал ссылкой на периодический закон метафизические утверждения английского физика К. Максвелла, что каждый индивидуум в мире молекул остается вечным и что здесь нет рождения, разрушения, изменения и нет никакого различия между индивидуумами одного и того же рода, а потому эволюционная теория не может быть применена к молекулам. Опровергая эти положения, в которых ярко отразились третий и четвертый пункты старого, метафизического понятия элемента, Умов писал, что эволюция проникает всю природу, включая и ее неизмеримо малые элементы. «Периодическая система элементов говорит в пользу общности их происхождения, в пользу их родства. Таким образом отпадает один из приведенных выше аргументов Максвелла»<sup>3</sup>. И далее: «Химический атом есть тоже микрокосмос. Такое определение устраняет необходимость гипотезы о неделимости атомов, устраняет лишнюю преграду человеческому мышлению...»<sup>4</sup>.

Такие же взгляды на периодический закон и периодическую систему элементов высказывал и А. Г. Столетов; он связывал периодический за-

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Новые материалы по истории открытия периодического закона, 1950, стр. 66.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 440.

<sup>3</sup> Н. А. Умов, Соч., т. III, 1916, стр. 34.

<sup>4</sup> Там же, стр. 39.



кон Менделеева с идеей единства материи, следовательно, с идеей единства происхождения ее различных форм (элементов). Он писал: «Припомним попытки допущения одной материи и факты, намекающие на такое единство (периодический закон Менделеева)»<sup>1</sup>.

Подобные взгляды были прямо направлены против третьего пункта старого, метафизического понятия элемента.

Точно так же, опираясь на периодический закон, ученые уже в 80-х годах XIX в. подвергли решительной критике четвертый пункт старого понятия элемента, согласно которому отрицалось какое-либо различие у атомов одного и того же элемента и утверждалось их абсолютное тождество по всем свойствам, в том числе по их массе (атомному весу). Такое тождество означало бы полное отсутствие изменения и развития в области атомов и элементов, как на этом настаивал Максвелл. Напротив, Бутлеров, исходя из учения Менделеева о периодическом законе, в частности из приведенного выше высказывания Менделеева об изменчивости веса элементов, пришел к заключению, что атомные веса у одного и того же элемента могут колебаться (различаться) в известных пределах. В 1882 г. Бутлеров напечатал по этому поводу «Заметку об атомных весах», в которой содержалось замечательное предсказание открытого впоследствии явления — изотопии<sup>2</sup>. Четыре года спустя, в 1886 г., аналогичные мысли высказал У. Крукс в своей речи «О происхождении элементов», в которой он целиком опирался на периодический закон Менделеева и менделеевскую периодическую систему элементов.

## 5. ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА ЭЛЕМЕНТОВ В ПОСЛЕДНЕЙ ЧЕТВЕРТИ XIX в.

Рассмотрим теперь взгляды Менделеева на природу элементов, развившиеся в отстаивании им химико-механической трактовки элементов и в отрицании химико-электрической трактовки.

Научные воззрения Менделеева складывались в атмосфере торжества химико-механической трактовки элементов и явного поражения химико-электрической их трактовки. Уже в своих ранних работах Менделеев показал себя решительным противником сугубо метафизической концепции Берцелиуса. В положениях, избранных для защиты магистерской диссертации (1856), Менделеев писал:

«Искусственная дуалистическая система должна быть заменена унитарною, не предполагающею для всех тел одинакового строения»<sup>3</sup>. В самой диссертации Менделеев писал: «Предполагать, что разнородные атомы удерживаются электрическим притяжением, а не простым механическим притяжением, какое применяем мы для всех тел, — едва ли есть какое-либо основание»<sup>4</sup>. Ссылаясь на ряд известных открытий (замещение водорода хлором без заметного изменения свойств вещества, изменчивость силы химического сродства и др.), Менделеев заключал:

«Все это заставляет оставить электрохимическую теорию. Она была столь же необходимою ступенью в науке, как и учения о философском камне и флогистоне. Как эти оба, она была следствием общего направления умов, искавших в электричестве разрешения всех сомнений, всех мало известных явлений; все три принесли огромную пользу... и развили много новых сторон...; все три объясняли мало известное совершенно»

<sup>1</sup> А. Г. Столетов, Соч., т. II, стр. 325.

<sup>2</sup> См. Журнал Русского химического общества, т. 14, 1882, стр. 208, 212.

<sup>3</sup> Д. И. Менделеев, Соч., т. I, 1937, стр. 315.

<sup>4</sup> Там же, стр. 150.



неизвестным, или очень темным»<sup>1</sup>. В соответствии с этим Менделеев относил к числу мало удачных попыток распределение элементов по их электрохимическому порядку:

«При столь разнообразных отношениях, какие существуют между простыми телами,— писал он,— нельзя и думать систему их представить в виде одного непрерывного ряда... Притом... невольно упускают из виду обратность реакций, составляющую существенное свойство химических отношений»<sup>2</sup>.

Какой же принцип Менделеев противопоставлял электрохимическому подходу к сущности элементов и их классификации? *Принцип расположения элементов по величине их атомных весов*, или их массы, т. е. принцип, основанный на учете механических свойств атомов. Менделеев исходит из того, что химический характер элемента (его «химизм») определяется его массой. «*Величина атомного веса определяет природу элемента*,— писал он... Если это убеждение подтвердится..., то мы приблизимся к эпохе понимания существенного различия и причины сходства элементарных тел»<sup>3</sup>.

Значение атомного веса в качестве определяющего признака элемента Менделеев видит в том, что это свойство «по самому существу предмета есть данное, относящееся не к самому состоянию отдельного простого тела, а к той материальной части, которая обща и свободному простому телу, и всем его соединениям»<sup>4</sup>. Другими словами, атомный вес, по Менделееву, характеризует не состояние простого вещества, т. е. не изменчивую форму существования свободного элемента, зависимую от внешних условий, а нечто устойчивое, прочное, остающееся в элементе постоянным при всей перемене в свойствах простых веществ. Отсюда непосредственно мысль Менделеева шла к открытию периодического закона.

Когда периодический закон был открыт, Менделеев стал рассматривать его не только как подтверждение и развитие химико-механической трактовки элементов, но и вообще как новый шаг к обоснованию общей, химико-механической картины мира. Эта мысль с особенной силой подчеркнута в «Чтении» Менделеева на тему «Попытка приложения к химии одного из начал естественной философии Ньютона» (1889). Ратуя за создание «химической механики», построенной на основе законов механики макротел, Менделеев подчеркивал, что «искание связи между свойствами и весами частиц и атомов... ясно уже указывает на близость времени полного подчинения химических доктрин той дисциплине, которая создана в «Principia» Ньютона»<sup>5</sup>.

Было бы неверно, однако, считать Менделеева на этом основании механистом, сводящим качественно более сложную форму движения материи, химическую, к простейшей, механической. Менделеев никогда не был механистом. Он не сводил химию к механике, а устанавливал между ними внутреннее единство, стихийно приближаясь к диалектико-материалистическому взгляду на природу вещества. Он писал, что по вопросу о природе массы между механикой и химией наступит со временем своего рода соглашение, причем химия сохранит свойственные ей, специфические, представления о веществе. Менделеев всегда подчеркивал качественное отличие химических явлений от чисто механических. В другом своем «Чтении» «Периодическая законность химических элементов» (1889) он показал всю глубину различия между характером

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Соч., т. I, 1937, стр. 151.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 4.

<sup>3</sup> Там же, стр. 10.

<sup>4</sup> Там же, стр. 8.

<sup>5</sup> Д. И. Менделеев, Два Лондонских чтения, СПб., 1895, стр. 81.

изменения химических свойств в зависимости от изменения массы и характером обычных механических процессов. Во-первых, со времен Галилея и Ньютона значение механических свойств, зависящих от массы, всегда нарастали столь же постепенно, как росла масса; напротив, периодический закон показал, что с возрастанием массы имеет место повторение химических свойств. Во-вторых, любые периодические явления, происходящие в области механики, протекают непрерывно, плавно; напротив, периоды элементов, по Менделееву, как уже отмечалось выше, — «это точки, числа, это скачки масс, а не ее непрерывные эволюции»<sup>1</sup>.

Таким образом, по мнению Менделеева, химия вносит в трактовку элементов, в связи с открытием периодической зависимости их свойств от массы, нечто принципиально новое по сравнению со старой, чисто механической картиной мира, нечто такое, что подчеркивает качественное своеобразие, «индивидуальность» элементов как объекта химии, в отличие от механического движения масс как объекта механики. «Основную причину материальных различий, — говорил Менделеев, — нельзя видеть в одном движении (здесь в смысле — в одном механическом движении. — Б. К.) без признания самостоятельности элементов (т. е. объекта химии. — Б. К.)»<sup>2</sup>.

Признавая принципиальную несводимость химии к механике, т. е. отрицая возможность в принципе полностью растворить химию в механике, Менделеев не только не разрывал обеих наук, но искал между ними глубокую связь. Основу такой связи, по его мнению, составляло учение о единстве сил природы, т. е. закон сохранения и превращения энергии. Периодический закон, по Менделееву, «указывает на связь внешних сил с внутренними. Внутренние силы, действующие лишь на незаметно малых расстояниях, определяют химические отношения и физические свойства тел. Масса же (вес) определяется тяготением, действующим на расстояниях всякого рода, а потому в периодическом законе должно видеть прежде всего применение закона единства сил природы»<sup>3</sup>.

Называя это положение «физико-механическим», Менделеев кладет его в основу всего периодического закона. «Сущность понятий, вызвавших периодический закон, состоит в общем физико-механическом начале, признающем соответствие, превращаемость и эквивалентность сил природы. От массы вещества находятся в прямой зависимости тяготение, притяжение на близких расстояниях и много иных явлений. Нельзя же думать, что химические силы не зависят от массы»<sup>4</sup>.

Эта мысль подчеркивалась уже в первом издании «Основ химии» (1871), в котором Менделеев разъяснял значение сделанного им открытия «тем общим соображением, согласно с духом физико-механических учений, что от веса атомов должны зависеть прежде всего все их свойства»<sup>5</sup>. В последующих изданиях «Основ химии» и в других работах Менделеева эта мысль получила дальнейшее развитие: «Химические силы поэтому не только превращаются в другие, но, как и всякие другие силы, находятся в известной к ним зависимости»<sup>6</sup>.

Все это показывает, что Менделеев устанавливал одновременно и связь, и различие между подходами химии и механики к химическим

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Два Лондонских чтения, СПб., 1895, стр. 46.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 311.

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> Там же, стр. 130.

<sup>5</sup> Там же, стр. 134.

<sup>6</sup> Там же, стр. 268.

элементам; он видел единство обоих подходов, вытекающее из единства сил природы, но вместе с тем он видел их различие, видел качественную специфику химии, согласующуюся с тем, что и при единстве сил природы «имеется несомненное разнообразие сил или различных родов движения...»<sup>1</sup>. Поэтому взгляды Менделеева на элементы можно кратко охарактеризовать именно как их *химико-механическую трактовку*. В пользу такой характеристики и такой терминологии говорят и прямые высказывания самого Менделеева. Так, например, характеризуя свойства элементов, входящих в различные группы периодической системы, Менделеев писал: «Химические свойства при этом уподобляются чисто механическим»<sup>2</sup>. В другом месте он прямо говорил о том, что установление соотношений между элементами привело «к химико-механическому представлению о сложности природы атомов...»<sup>3</sup>.

В заметке «К вопросу о системе элементов» (1871) Менделеев приводит формулировку периодического закона: «Измеримые химические и физические свойства элемента и его соединений периодически зависят от атомного веса элементов»<sup>4</sup>. Вслед за тем Менделеев пишет: «Этот химико-механический принцип с его следствиями является основой моего труда «Основы химии» и моих вышеперечисленных статей и позволяет находить соотношения между несходными элементами»<sup>5</sup>. Но выше говорилось, что в сближении несходных элементов Менделеев видел самую суть открытой им периодической зависимости; тем самым химико-механический принцип становился для него путеводной нитью во всей его разработке учения об элементах и их периодическом законе.

В сочетании механических и химических принципов состоит сущность менделеевской трактовки природы элементов. Такая трактовка, казалось бы, прочно была обоснована всем ходом развития химии в последней трети XIX в. В самом деле: все рассмотренные выше открытия, способствовавшие углублению и развитию периодического закона, не нарушали исходной, химико-механической трактовки элемента, на которую опирался с самого начала Менделеев. Крушение третьего пункта старого понятия элемента — идеи неизменности атомов и элементов — было неразрывно связано с установлением новой, химико-электрической трактовки элемента. Против такой трактовки Менделеев возражал самым решительным образом, видя в ней движение науки назад к давно отброшенному, метафизическому электрохимизму Берцелиуса. Однако он не отрицал, что и старая, химико-электрическая трактовка сыграла в развитии науки некоторую положительную роль. Еще в июле 1871 г. он писал, что его периодическая система отразила и те отношения, на которые издавна ссылались сторонники химико-электрической трактовки элементов, во главе с Берцелиусом. Эти отношения обычно выражались в виде составления «ряда напряжения», который начинался с самого сильного неметалла, т. е. электроотрицательного элемента, и заканчивался самым сильным металлом, т. е. электроположительным элементом (см. список F в предыдущей главе). Характеризуя свою систему, Менделеев отмечает, что ее периоды «начинаются резкими щелочными металлами, а кончаются резкими же по химическому характеру — галоидами. Элементы этих групп издавна, еще электрохимиками, ставились по концам системы элементов, и это совпадение рационального распределения элементов по их атомному весу с тем, какого достигли, руководству-

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 311.

<sup>2</sup> Там же, стр. 270.

<sup>3</sup> Там же, стр. 167.

<sup>4</sup> Там же, стр. 221.

<sup>5</sup> Там же.

ясь соображениями совершенно иного рода, я выставляю здесь как одно из ясных доказательств естественности закона периодичности. Некоторую долю прогресса заключало в себе и электрохимическое учение. Да не подумают, однако,— спешит оговориться Менделеев,— что я думаю оправдывать его...»<sup>1</sup>.

Когда в 1885—1887 гг. возникла теория электролитической диссоциации, Менделеев отнесся к ней резко отрицательно. Он считал ее гипотезой, «не отвечающею действительности»<sup>2</sup>, не дающей «чего-либо для чисто химической стороны учения об элементах»<sup>3</sup>. «Мне кажется,— писал он,— что в истории нашей науки эта гипотеза (электролитической диссоциации) займет со временем такую же роль, какая принадлежит давно уже флогистону. И у него было не мало ярых защитников, внесших много нового в науку, хотя и защищавших неверную гипотезу»<sup>4</sup>.

Весьма сдержанно отнесся позднее Менделеев и к электронной теории строения атомов и к теории радиоактивного распада элементов. «В таких «электронных» представлениях большую роль играют в начале еще очень неясные «радиоактивные» явления и учение об «электролитической диссоциации», а все опирается на электричество, для которого и поныне нет еще ясного представления... Конечно, полезно связывать неизвестные вместе, но отсюда до ясного, хотя бы гипотетического представления, подобного атомическому, еще очень далеко»<sup>5</sup>.

В 1903 г. Менделеев охарактеризовал свою позицию как последовательную защиту химико-механической трактовки элементов. В предисловии к седьмому изданию «Основ химии» Менделеев писал:

«Я желал бы, чтобы в моей книге остались следы того, как убежденный последователь Жерара глядит на основные задачи учения о химических элементах в начале XX века. В виде примера укажу на то, что чем более мне приходилось думать о природе химических элементов, тем сильнее я отклонялся как от классического понятия о первичной материи, так и от надежды достичь желаемого изучением электрических и световых явлений... Возврат к электрохимизму, столь явный у последователей гипотезы об «электролитической диссоциации», и признание распада атомов на «электроны» — на мой взгляд — только усложняют и ничуть не выясняют дело столь реальное — со времен Лавуазье, как химическое превращение веществ, приведшее к признанию элементарных весомых и неизменяющихся атомов простых тел»<sup>6</sup>. По этой причине Менделеев призывал молодых русских химиков придерживаться химико-механической, но отнюдь не химико-электрической трактовки элементов.

В этом призыве имелся рациональный момент. Последний состоял в предупреждении опасности, что физики и химики, увлекшись изучением связи между химизмом и электричеством, забудут про связь между химизмом и массой. Против такой односторонности Менделеев предостерегал еще в 1871 г., т. е. за четверть века до начавшейся на рубеже XIX и XX вв. революции в физике. Он писал:

«Сторонники учения о валентности могут возразить, что химическое притяжение зависит не от массы, но только от валентности элемента. Однако периодический закон указывает на строгую зависимость между валентностью и массой элемента, и потому возможность такого допущения»

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Новые материалы по истории открытия периодического закона, 1950, стр. 33.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев, Основы химии, изд. 8, 1906, стр. 437.

<sup>3</sup> Там же, стр. 524.

<sup>4</sup> Там же, стр. 485.

<sup>5</sup> Там же, стр. 485.

<sup>6</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 447.

ния полностью исключена, и оправдывается признание, что химическое притяжение, как и всякое иное, отчасти обусловлено массой»<sup>1</sup>.

В 1902 г. Менделеев попытался спасти химико-механическую картину мира в работе «Попытка химического понимания мирового эфира». В этой работе Менделеев попытался истолковать световой эфир с химико-механической точки зрения, наделив его определенным, весьма малым атомным весом и определенными химическими свойствами, рассматривая его как аналог инертных газов. Выделением «эфира» из радиоактивных элементов Менделеев пытался объяснить явление радиоактивности.

Попытке Менделеева суждено было стать лебединой песней химико-механической трактовки элементов. Под ударами все умножающихся физических открытий эта трактовка рушилась; ее замена новой, химико-электрической трактовкой элементов стала насущно необходимой. Совершавшаяся «новейшая революция в естествознании» вызывала коренную перестройку естественнонаучных понятий, замену старых представлений новыми. Но означало ли это, что в какой бы то ни было степени было отвергнуто основное положение Менделеева, гласившее, что сущность элементов раскрывается через периодический закон и что сами элементы определяются их «местом» в периодической системе? Отнюдь нет. Как мы покажем далее, это основное положение Менделеева не только не было отвергнуто, но, напротив, еще больше укрепилось и развилось благодаря новым физическим открытиям, за счет которых оно обогащалось в течение всего XX в.

Таким образом, самое существо менделеевских взглядов на элементы полностью удержалось в ходе дальнейшего развития науки; изменилась лишь их форма в соответствии с тем, как изменялась форма, или способ выражения, периодического закона при сохранении и дальнейшем развитии его существа.

Это означает что в XX в. полностью оправдалось предвидение Менделеева, что в будущем основной смысл периодического закона, несомненно, сохранится и получит лишь более точное выражение.

В начале XX в. период господства химико-механической трактовки элементов кончился. Начался период господства химико-электрической трактовки элементов.

---

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 209

## Глава X

### ХИМИКО-ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТРАКТОВКА ЭЛЕМЕНТА В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ МЕНДЕЛЕЕВСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА

(Первая четверть XX в.)

Революция в физике, начавшаяся на рубеже XIX и XX вв., вызвала коренную ломку и перестройку современного понятия элемента в том его виде, как оно сложилось в XIX в. Эта революция полностью сохранила и развила дальше заложенную Менделеевым основу нового, современного («менделеевского») понятия элемента и вместе с тем разрушила сохранявшиеся еще дотоле два пункта старого, метафизического понятия элемента: третий (признание неизменности атомов и элементов) и четвертый (признание абсолютного тождества атомов одного и того же элемента).

Противоречивость развития научного познания вещества, а значит, и развития понятия элемента выразилась здесь в том, что после ломки химико-механических взглядов на элементы установились прямо противоположные им химико-электрические взгляды на элементы. Новые воззрения представляли собою огромный шаг вперед, ибо позволяли гораздо глубже раскрыть содержание понятия элемента, содержание самой периодической системы Менделеева, позволяли проникнуть в сущность химических элементов и отыскать физическую причину периодического закона. Основа менделеевского определения элемента полностью сохранилась; произошла лишь смена формулировки периодического закона, в связи с чем уточнилось и углубилось современное понятие элемента и его определение. Весь процесс перестройки понятия элемента в XX в. совершался в связи с неуклонно развивавшейся революцией в физике. Поэтому прежде всего необходимо рассмотреть, хотя бы кратко, как подготавливалась эта революция, как она началась и развивалась дальше.

#### 1. НОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ ВО ВЗГЛЯДАХ НА ЭЛЕМЕНТЫ

Мы уже говорили о том, что открытие периодического закона, разрушившее первый и второй пункты (см. стр. 192) старого понятия элемента, явилось подготовкой к полной замене прежнего, метафизического взгляда на элементы новым, по существу своему диалектическим, взглядом. Однако одно открытие периодического закона не могло еще вызвать такого полного и коренного преодоления прежних, метафизических взглядов на элементы, поскольку еще не опровергался полностью центральный

пункт старого понятия элемента — признание неизменности атомов и элементов.

Возможность сохранить взгляд на элементы, как на неизменные, непревращаемые виды материи, и на атомы, как на ее простейшие, неделимые частицы, была теснейшим образом связана с господствовавшей в XIX в. химико-механической трактовкой элементов. Поэтому крушение центрального пункта старого, метафизического понятия элемента не могло произойти без одновременного низложения химико-механической трактовки элементов с пьедестала господствующей концепции. Подготовка к такому низложению началась в 80-х годах XIX в. Во-первых, в эти годы была высказана гипотеза о существовании атомов электричества. Во-вторых, химики и физики именно в это время занялись более глубоким изучением электрохимических явлений. Необходимость разработки данной промежуточной области между физикой и химией, в которой происходит взаимное превращение химизма и электричества, вытекала из того же закона единства сил природы, с которым Менделеев связывал свой периодический закон. Разница состояла лишь в том, что Менделеев в этом законе видел основу для раскрытия связи прежде всего между химической и механической формами движения, а электрохимики видели в нем основу для раскрытия связи и переходов между химической и электрической формами движения.

Но превращение химизма в электричество и обратное превращение электричества в химизм неизбежно требовали признания, что внутри химических атомов существуют какие-то, более простые, структурные частицы материи, несущие на себе электрические заряды противоположных знаков. Тем самым химико-электрическая трактовка элемента логически вела к заключению о сложном, внутреннем строении атомов, о существовании внутри атомов более мелких частиц, несущих заряды электричества и, следовательно, о делимости атомов, о их изменчивости.

Разумеется, это не было простым возвратом к электрохимической теории Берцелиуса, одним из основных недостатков которой было противоречие с открытыми Фарадеем законами электролиза и с открытым позднее законом сохранения и превращения энергии. Новые электрохимические воззрения, в противоположность Берцелиусу, целиком исходили из этих законов и были их развитием. В 1882 г. Энгельс писал: «Понимание этой тесной связи между химическим и электрическим действием, и наоборот, приведет к крупным результатам в обеих этих областях исследования. Оно становится уже достоянием все более и более широких кругов»<sup>1</sup>. В данной связи Энгельс указывал, что некоторые химики (Л. Мейер, Кекуле) и физики (Кольрауш) высказывали предположение, что «предстоит воскрешение в обновленной форме электрохимической теории»<sup>2</sup>. Говоря о физической химии как о месте соприкосновения физики (науки о молекулах) и химии (науки об атомах), Энгельс предсказывал, что «именно здесь надо ожидать наибольших результатов»<sup>3</sup>. Спустя несколько лет после этого, в 1885—1887 гг., была создана теория электролитической диссоциации, основу которой составило понятие иона (электрически заряженного осколка диссоциированной молекулы). С этого момента начинает бурно развиваться современная физическая химия, охватывающая собой всю область взаимных переходов между физикой и химией. Дискретность заряда иона и кратность его заряду простейшего катиона — Н — наводили непосредственно на мысль о существовании

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 131.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Там же, стр. 235.



внутри атомов электронов, способных вызывать образование химической связи.

Обнаруженная еще Менделеевым противоположность между валентностью элемента по кислороду и его валентностью по водороду (валентность и контрвалентность) получила наглядное химико-электрическое истолкование с точки зрения потери или приобретения атомом валентных электронов. Таким образом, развитие электрохимии непосредственно готовило почву для крушения старого, метафизического понятия элемента в его центральном пункте (признание неизменности элементов) при одновременной замене прежней, химико-механической трактовки элемента новой, химико-электрической.

В середине 90-х годов XIX в. произошли три великих экспериментальных открытия в физике, которые вызвали новую революцию в теоретических взглядах на элементы. В 1895 г. были открыты лучи Рентгена ( $x$ -лучи), позволяющие проникать вглубь атомной структуры. В 1896 г., в поисках новых излучений (под влиянием открытия рентгеновых лучей), французский физик А. Беккерель обнаружил явление радиоактивности. В 1897 г. Дж. Дж. Томсон открыл электрон в качестве составной части всех атомов. Электрон был первой «элементарной» частицей, открытой физиками. Эти три открытия, особенно последние два, составили исходное начало «новейшей революции в естествознании», по выражению Ленина. Суть этой революции состояла в том, что рушился центральный (третий) пункт метафизического понятия элемента — признание неизменного, неделимого, неразрушимого атома. Крушение этого пункта вместе с тем влекло за собой утверждение диалектико-материалистического взгляда на природу и установление новой, по существу своему диалектической, характеристики элемента.

Крушение метафизического взгляда на атомы Ленин прямо связывал с крушением старой, эмпирико-аналитической трактовки элемента как неразложимого вещества. Ленин писал:

«Неразрушимые и неразложимые элементы химии, число которых продолжает все возрастать точно в насмешку над единством мира, оказываются разрушаемыми и разложимыми»<sup>1</sup>.

С этим открытием Ленин связывает крушение метафизических взглядов на атомы и элементы. «Признание каких-либо неизменных элементов, — писал он, — ... не есть материализм, а есть метафизический, т. е. антидиалектический материализм»<sup>2</sup>.

«Разрушимость атома, неисчерпаемость его, изменчивость всех форм материи и ее движения всегда были опорой диалектического материализма»<sup>3</sup>.

Приводя слова Энгельса, что природа есть подтверждение диалектики и что как раз новейшее естествознание показывает, что это подтверждение необыкновенно богатое, Ленин добавляет:

«Писано до открытия радия, электронов, превращения элементов и т. п.!»<sup>4</sup>. Это показывает, что названные открытия Ленин рассматривал, как подтверждение диалектики, как доказательство, что дела обстоят в природе в последнем счете диалектически, а не метафизически.

Далее Ленин отмечает: «Новейшие открытия естествознания — радий, электроны, превращение элементов — замечательно подтвердили диалектический материализм Маркса, вопреки учениям буржуазных фи-

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 238.

<sup>2</sup> Там же, стр. 248.

<sup>3</sup> Там же, стр. 268.

<sup>4</sup> В. И. Ленин, Маркс, Энгельс, марксизм, 1946, стр. 12.

лософов с их «новыми» возвращениями к старому и гнилому идеализму»<sup>1</sup>.

По поводу того, что «старый», домарксистский материализм был «преимущественно механическим», не учитывающим новейшего развития химии и биологии, Ленин замечает: «А в наши дни следовало бы еще добавить: электрической теории материи»<sup>2</sup>.

Экспериментальные открытия 1895—1897 гг. были вскоре обобщены теоретически; на их основе возникла электронная теория строения атома и теория радиоактивного распада, выдвинутая английскими физиками Э. Резерфордом и Ф. Содди в 1902 г. Обе эти теории и особенно вторая наносили смертельный удар старому, метафизическому понятию элемента, в корне сокрушая его центральный (третий) пункт, но оставляя пока еще не тронутым его четвертый пункт. Впоследствии Резерфорд писал: «Идее неизменности атомов был нанесен сильный удар, когда в 1902 г. было обнаружено, что атомы двух хорошо известных элементов, урана и тория, претерпевают подлинный процесс спонтанного превращения»<sup>3</sup>.

Третий пункт старого, метафизического понятия элемента гласил:  
3. *Все элементы абсолютно неизменны, непревращаемы друг в друга, а их атомы неделимы.*

После открытия радиоактивности и электрона и после создания теории радиоактивного распада, этот центральный пункт старого понятия элемента был отброшен, и был всесторонне сформирован еще один пункт новых воззрений на элементы, который гласил:

3. *Элементы разложимы и превращаемы друг в друга, а их атомы делимы.*

Крушение старого понятия элемента было связано с заменой старой, химико-механической трактовки элементов — новой, химико-электрической. Решающую роль в этом отношении сыграла электронная теория. Излагая статью Динэ-Дэнеса, Ленин писал: «С каждым днем становится вероятнее, что химическое сродство сводится к электрическим процессам»<sup>4</sup>.

«Сведение» химического сродства к электрическим, а не к механическим процессам составило одно из проявлений смены старой, упрощенной, механической картины мира новой, более сложной электромагнитной его картиной. Такая смена сама по себе явилась новым подтверждением диалектического материализма. В связи с этим Ленин решительно возражал против утверждений идеалиста Уорда, который пытался навязать материализму механистический взгляд на мир. «Это, конечно, сплошной вздор, — писал Ленин, — будто материализм утверждал... обязательно, «механическую», а не электромагнитную, не какую-нибудь еще неизмеримо более сложную картину мира, как движущейся материи... Мир есть движущаяся материя, ответим мы, и законы движения этой материи отражает механика по отношению к медленным движениям, электромагнитическая теория — по отношению к движениям быстрым»<sup>5</sup>.

У Ленина сопоставляются три картины мира: прошлая — «механическая», настоящая — электромагнитная и будущая — тогда еще неизвестная, неизмеримо более сложная, которая сложилась лишь во второй четверти XX в. Эти три физические картины мира последовательно сменили друг друга за последние полвека; соответственно шло развитие

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Маркс, Энгельс, марксизм, 1946, стр. 73.

<sup>2</sup> Там же, стр. 12.

<sup>3</sup> Э. Резерфорд, Современная алхимия. Успехи физических наук, вып. 1, т. XIX, 1938, стр. 19.

<sup>4</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 238.

<sup>5</sup> Там же, стр. 267, 268.

менделеевского понятия элемента, причем каждой из трех физических картин мира отвечала своя особая трактовка элементов.

Смена механической концепции материи электромагнитной коснулась не только взглядов на строение атома и его разложимость, но и взглядов на природу массы. Характеризуя физические открытия того времени, Ленин писал, что «вся масса электронов... оказывается по происхождению своему всецело и исключительно электродинамической. Исчезает масса. Подрываются основы механики»<sup>1</sup>.

Физики-махисты сделали из этих открытий идеалистические выводы. В противоположность им Ленин вскрыл истинное, философское значение происходящей в физике революции. «...Как ни «странно», — писал он, — отсутствие у электрона всякой иной массы, кроме электромагнитной, как ни необычно ограничение механических законов движения одной только областью явлений природы и подчинение их более глубоким законам электромагнитных явлений и т. д., — все это только лишнее подтверждение диалектического материализма»<sup>2</sup>.

Таково было философское значение новой революции в физике.

## 2. ОТРЫВ НОВОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА ОТ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА МЕНДЕЛЕЕВА НА РУБЕЖЕ XIX И XX вв.

Открытия в физике 1895—1897 гг. первоначально не были каким-либо образом связаны с периодическим законом Менделеева и с менделеевским определением элемента. Поэтому, обогащая содержание современного понятия элемента, они на первых порах никак не влияли на характеристику определяющего признака элемента — его «места» в системе Менделеева. Более того: в первом десятилетии XX в. они, казалось бы, пришли в резкое противоречие с периодическим законом и даже, на первый взгляд, подрывали установленный Менделеевым признак «места» элемента в системе в качестве его однозначного признака.

Обогащение содержания понятия элемента шло за счет того, что у элементов обнаружались новые свойства и состояния, новые отношения к электрическим явлениям (способность атомов к ионизации, способность радиоактивных веществ излучать электроразряженные частицы в виде альфа- и бета-лучей).

Обозначим через  $\bar{S}_0$  содержание понятия элемента, каким оно было перед началом новой революции в физике, а через  $S_1$  — каким оно стало в результате физических открытий 1895—1897 гг. Тогда кратко изменение в содержании понятия элемента, которое произошло под влиянием этих открытий, можно изобразить так:

$\bar{S}_0$  превратилось в  $S_1$ .

(Напомним, что подчеркиванием буквы снизу мы характеризуем, как и раньше, химико-электрическую трактовку элементов.)

Как только таким образом содержание понятия элемента было углублено, оно повлекло расширение объема понятия элемента, т. е. открытие новых элементов, обладающих радиоактивными свойствами.

С помощью электроскопа великий польский ученый Мария Склодовская-Кюри открыла полоний в 1898 г.; совместно с французским физиком П. Кюри она открыла радий (1899). Затем был открыт радон (эманация) и актиний (1900). Таким образом, познание новых свойств и признаков

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 240.

<sup>2</sup> Там же, стр. 214.

у элементов (углубление содержания понятия элемента) привело к расширению круга известных элементов, к расширению объема понятия элемента. Ведущая, определяющая роль содержания научных знаний об элементах здесь была налицо: прогресс науки начался с углубления научных представлений об элементах, и это повлекло за собой открытие новых элементов. Как и раньше, процесс совершался диалектически: во-первых, как содержание, так и объем понятия элемента изменялись прогрессивно, в сторону их большего углубления и расширения; во-вторых, обе стороны понятия элемента изменялись не независимо между собой, а во взаимном их влиянии и обусловленности, обнаруживая внутреннюю связь между движением научного познания вглубь и его движением вширь изучаемого предмета (элементов).

Обозначив через  $\underline{V}_0$  объем понятия элемента, каким он был в 1898 г., а через  $\underline{V}_1$  — каким он стал после открытия четырех названных выше радиоактивных элементов, можем сказать так:

$$\overline{S}_0 \underline{V}_0 \text{ превратились в } \underline{S}_1 \underline{V}_0, \text{ а затем в } \underline{S}_1 \underline{V}_1.$$

В течение первых лет XX в. произошло дальнейшее углубление понятия элемента под влиянием все умножающихся физических открытий. Как уже говорилось выше, в 1902 г. Резерфорд и Содди создали первую теорию радиоактивности, трактующую радиоактивность как распад и превращение элементов. Были открыты три рода радиоактивных излучений — альфа-, бета- и гамма-лучи, и установлено, что первые несут положительный электрический заряд и значительную массу (поток частиц гелия), вторые — отрицательный электрический заряд и малую массу (поток электронов), а третьи представляют собой жесткое электромагнитное излучение.

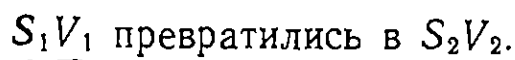
Были обнаружены три радиоактивных ряда (урана, тория и актиния) и прослежены различные члены этих рядов, представляющие собой различные стадии процесса радиоактивного распада. Было установлено, что радиоактивный распад выражается уравнением мономолекулярной реакции. Были найдены константы скорости этой реакции для различных радиоактивных веществ, и введено представление о полупериоде жизни радиоактивного элемента. В это же время была создана первая статическая электронная модель атома и выдвинута идея электронной теории химической валентности.

В 1900 г. возникла теория квантов, созданная Планком, в связи с изучением процесса излучения и поглощения лучистой энергии, точнее — света, а в 1905 г. Эйнштейн ввел понятие кванта света (фотона). Фотон являлся второй по счету «элементарной» частицей, открытой физиками. Поскольку оптические спектры элементов, во-первых, связаны с излучением света атомами, а во-вторых, носят ясно выраженный дискретный характер, постольку новое представление о дискретном характере процесса излучения света и самого света открывало пути к теоретическому обобщению и объяснению специфичности спектров у каждого элемента. Однако это пока что была только возможность такого объяснения, а само объяснение пришло позже.

Вместе с тем в течение 1906—1907 гг. были открыты еще два редкоземельных элемента — диспрозий и лютеций.

Обозначив через  $\underline{S}_2$  содержание понятия элемента, углубленного в течение первых 10 лет XX в., а через  $\underline{V}_2$  — возросший объем понятия эле-

мента после открытия еще двух редкоземельных элементов, можем сказать кратко:



К этому времени возникла идея использовать продукты радиоактивного распада, а именно альфа-частицы, для целей исследования внутреннего строения атома. В результате применения этого нового приема экспериментального исследования Резерфорд открыл в 1911 г. атомное ядро. На основе этого открытия возникла динамическая или планетарная (электронно-ядерная) модель строения атома: ядро в центре атома с вращающимися вокруг ядра электронами. Таким образом, к началу второго десятилетия XX в. были открыты три «элементарных» частицы: электроны, фотон и протон (ядро водорода).

Обозначив через  $\underline{S}_3$  содержание понятия элемента после открытия атомного ядра, мы можем кратко соответствующую эволюцию содержания понятия элемента изобразить так:



В табл. 7 показаны курсивом радиоактивные и редкоземельные элементы, открытые после 1898 г. и включенные в систему Менделеева позднее 1906 г. (кроме радия, который был включен в систему еще в 1902 г.). В табл. 7 отмечены курсивом также три так называемые аномалии в размещении элементов по атомному весу; это — те случаи, когда Менделеев ставил более легкий элемент не перед более тяжелым, как это обычно делалось, а после более тяжелого. Отмеченные аномалии требовали объяснения, но это объяснение могло быть дано лишь позднее, на основе явления изотопии, открытого в 1913 г. Невозможность объяснить эти аномалии до открытия изотопов порождала у близоруких людей сомнения в полноценности периодического закона Менделеева. Такие сомнения усиливались особенно вследствие следующего обстоятельства: к исходу первого десятилетия XX в. обнаружился резкий разрыв между результатами развития понятия элемента, достигнутыми на основе исследования радиоактивности, и менделеевским определением элемента, основанным на периодическом законе.

Суть этого несоответствия состояла в следующем: каждый член любого радиоактивного семейства (урана, тория или актиния) рассматривался как самостоятельный химический элемент; в пользу этого говорили два довода: во-первых, любой продукт радиоактивного распада получался из какого-то одного химического элемента, а потому он никак не мог быть химически сложным; во-вторых, он обладал особым значением атомного веса; а так как химико-механическая трактовка элемента (в то время еще не преодоленная окончательно) требовала признавать самостоятельным элементом каждый вид атомов, обладающих особым значением атомного веса, то отсюда следовало, что любой член любого из трех радиоактивных семейств надо было считать за особый элемент.

Общее число таких членов радиоактивных семейств к началу второго десятилетия XX в. достигло тридцати. При попытке разместить все эти тридцать элементов на одиннадцати «местах» менделеевской системы (от свинца до урана) получилось бы, что в среднем на одно «место» в системе приходится не один, а сразу три разных элемента. Поэтому, с точки зрения данных науки о радиоактивности, менделеевское определение элемента оказывалось неприемлемым; более того, данные науки о радиоактивности казались несогласующимися с периодическим законом Менделеева.

	0	I	II	III	IV	V	VI	VI	VIII
1		H 1							
2	He 4	Li 7	Be 9	B 11	C 12	N 14	O 16	F 19	
3	Ne 20	Na 23	Mg 24	Al 27	Si 28	P 31	S 32	Cl 35	
4	Ar 39,9	K 39,15	Ca 40	Sc 44	Ti 48	V 51	Cr 52	Mn 55	Fe 56 Co 59 Ni 58,7 (Cu)
5		Cu 63	Zn 65	Ga 70	Ge 72	As 75	Se 79	Br 80	
6	Kr 82	Rb 85	Sr 87	Yt 89	Zr 90	Nb 94	Mo 96	? 99	Ru 101 Rh 103 Pd 106 (Ag)
7		Ac 108	Cd 112	In 114	Sn 119	Sb 120	Te 127,7	J 126,97	
8	Xe 128	Cs 133	Ba 137	La 139	Ce 140,2 Pr 141 Nd 144 Sm 150,3 Eu 154,8 Gd 157,2 Tb 159,2 Dy — Ho 165? Er 166? Tu 171? Yb 173 Lu —	Ta 183	W 184	? 190	Os 191 Ir 193 Pt 195
9		Au 197	Hg 200	Tl 204	Pb 207	Bi 208	Po 210	---	
10	Rn 222	---	Ra 225	Ac 227	Th 232	---	Ur 239	---	(—)

Табл. 7. Пополнение системы Менделеева радиоактивными элементами (1899—1907).

Создалось положение, сходное с тем, какое возникло в первое время после открытия инертных газов: число элементов превысило число «мест» в системе Менделеева; следовательно, круг реальных элементов оказывался шире, чем объем понятия элемента, устанавливаемый менделеевским определением элемента. Но в отношении инертных газов имела возможность разрешить возникшее противоречие путем установления дополнительной нулевой группы (имеющей шесть «мест»); теперь же было маловероятно, что удастся разрешить возникшее противоречие таким же путем; и не только потому, что требовалось найти по крайней мере двадцать новых «мест» в системе Менделеева, а потому прежде всего, что эти «места» следовало бы расположить где-то в промежутках между известными и давно уже занятыми «местами», которые вплотную примыкали одно к другому.

Таким образом, в первые годы XX в. создалось следующее положение в учении об элементах: современное понятие элемента, которое в последней трети XIX в. развивалось на основе периодического закона Менделеева, как бы прервало свое развитие по начатому пути и стало развиваться по совершенно иному направлению, основанному на данных радиоактивности. Вначале было еще неясно, чем вызван такой зигзаг в развитии понятия элемента, как неясно было и то, придут ли когда-нибудь в связь оба пути: прежний, казалось бы, оставленный путь, идущий от закона Менделеева, и начатый вновь, идущий от радиоактивности. Но уже в начале второго десятилетия XX в. эта неясность исчезла; все дальнейшее развитие учения о строении атома, о радиоактивности и других физических открытиях превратилось в невиданный триумф периодического закона и основанного на этом законе менделеевского понятия элемента.

### 3. ЛИКВИДАЦИЯ ОТРЫВА НОВОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА ОТ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА МЕНДЕЛЕЕВА В 1913 г.

В самом начале 10-х гг. XX в. физики с различных сторон стали подходить к тому, чтобы устранить разрыв между современным представлением об атомах и элементах, сложившимся на основе трех великих открытий в физике конца XIX в., с одной стороны, и периодическим законом и связанным с ним менделеевским понятием элемента и его определяющим признаком — «местом» элемента в системе, с другой стороны.

Рассмотрим, как шла ликвидация этого разрыва по трем основным направлениям: а) в связи с открытием закона сдвига при изучении радиоактивных превращений; б) в связи с открытием изотопов и в) в связи с открытием порядковых номеров элементов при изучении их рентгеновских спектров.

**Открытие закона сдвига.** (Открытие сдвига элемента с «места» на «место» в системе Менделеева.) Прежде всего следует указать на то, что в 1912—1913 гг. была сделана попытка согласовать результаты науки о радиоактивности с периодическим законом Менделеева. При этом сначала было обнаружено, что каждое альфа-излучение вызывает образование нового элемента, который занимает «место» в системе Менделеева, расположенное через одно место влево от исходного элемента, следовательно находящееся на два места ближе к началу системы. Иными словами, каждое альфа-излучение означает как бы сдвиг элемента на два места налево от его исходного места в системе Менделеева. Это открытие углубило содержание понятий элемента в том смысле, что наметило связь между, казалось бы, брошенным направлением в развитии элемента (на основе периодического закона) и новым направлением (на основе



данных радиоактивности, которые до сих пор находились в явном несоответствии между собой.

Если содержание понятия элемента до указанного открытия мы обозначили через  $S_3$ , то его содержание после этого открытия обозначим через  $S_4$ . Тогда происшедшее углубление содержания понятия элемента можно изобразить так:

$S_3$  превратилось в  $S_4$ .

Вскоре после этого было высказано предположение, что периодическую систему элементов можно было бы рассматривать как своего рода родословную таблицу элементов, построенную на основе их радиоактивного распада<sup>1</sup>. Но выделение одной альфа-частицы означает уменьшение массы лишь на 4 атомные единицы; поэтому переход от урана до гелия, если бы таковой происходил только путем альфа-излучения, вызвал бы уменьшение атомного веса всего лишь на 180 единиц (45 перескоков с уменьшением каждый раз на 4 единицы). Так как атомный вес урана равен 238, то для гелия получился бы атомный вес 58. В действительности же, как известно, он равен у гелия 4. Поэтому, путем одного только альфа-распада эволюция элементов происходить не может; должен существовать еще какой-то другой процесс, вызывающий обратные сдвиги элемента по периодической системе с тем, чтобы при подходе к гелию атомный вес упал не до 58, а до 4 атомных единиц. В качестве такого процесса, компенсирующего альфа-распад, был признан бета-распад.

Было установлено, что бета-излучение вызывает сдвиг элемента на одно «место» направо, не нарушая заметно значения атомного веса. Таким образом, начавшееся углубление содержания понятия элемента (путем установления связи альфа-распада с периодической системой Менделеева) повлекло за собой дальнейшее его углубление (путем установления связи бета-распада с той же системой). Теперь «место» элемента в системе могло быть охарактеризовано как ступень, которую может пройти тот или иной элемент в процессе своего радиоактивного (альфа- или бета-) превращения. Отсюда ясно, что менделеевскую периодическую систему элементов следует рассматривать в связи с историей природы, т. е. в связи с развитием предметов природы, охватываемых периодическим законом (химических элементов). Новым в подходе со стороны физиков и химиков к системе Менделеева после открытия закона сдвига стало именно рассмотрение этой системы не как отражения каких-то застывших отношений между неизменными элементами, но как отражение подвижных, изменчивых отношений между изменчивыми, взаимно превращающимися, как бы «двигающимися» по системе элементами, «сдвигающимися» с одного «места» в ней на другое. Короче говоря, статический взгляд на расположение элементов в системе Менделеева сменился динамическим, или, лучше сказать, историческим (в смысле признания истории элементов в природе).

Обозначим через  $S'_4$  вновь достигнутое, более глубокое содержание понятия элемента; соответственно этому дальнейшую эволюцию содержания понятия элемента (после названных выше открытий) можно выразить так:

$S_4$  превратилось в  $S'_4$ .

Это показывает, что развитие понятия элемента шло в данном случае от менее глубокого содержания к более глубокому его содержанию.

<sup>1</sup> См. „Physikalische Zeitschrift“, т. 14, 1913, стр. 32.

причем переход был вызван тем, что началось проникновение научного познания в сущность отношений между радиоактивными превращениями, с одной стороны, и периодической системой Менделеева — с другой. Данные радиоактивности, будучи приведены в связь с менделеевской периодической системой элементов, получили теоретическое освещение; система же, пополняясь данными о радиоактивности элементов, обретала динамический характер, обнаруживая себя как отображение процесса развития и превращения элементов.

Вслед за тем в 1913 г. все радиоактивные ряды были размещены по клеткам периодической системы согласно правилу, что при альфа-излучении происходит сдвиг на два «места» налево, а при бета-излучении — на одно «место» направо. При этом химики и физики не смущались тем, что им приходилось помещать на одно место в системе по несколько разных элементов. В итоге был сформулирован известный закон сдвига, который в обобщенном виде устанавливал связь между характером радиоактивного распада и расположением элементов в периодической системе Менделеева. Закон сдвига был открыт независимо Ф. Содди и К. Фаянсом; он гласил, что при альфа-излучении всегда происходит сдвиг элемента на два «места» налево по периодической системе, а при бета-излучении — всегда на одно «место» направо. Тем самым закон сдвига выступил как новая конкретная формулировка периодического закона, примененного к явлениям радиоактивности. Центральным понятием, лежащим в основе закона сдвига, было все то же понятие «места» элемента в системе, которое в качестве определяющего признака лежало также в основе менделеевского определения элемента, выраженного в положении (I). Тем самым, благодаря открытию закона сдвига, не только был обогащен периодический закон Менделеева, не только данные науки о радиоактивности получили теоретическое освещение, но и понятие элемента обогатилось по своему содержанию, подобно тому как обогатился и конкретизировался его определяющий признак — «место» элемента в периодической системе.

В результате открытия закона сдвига был ликвидирован в одной своей части разрыв между эволюцией понятия элемента в последней трети XIX в., происходившей на основе периодического закона Менделеева, и его эволюцией в начале XX в., происходившей на основе открытий в физике конца XIX в., в частности открытия радиоактивности; теперь оказалось, что здесь имеют место не два разных, независимых между собой или параллельных направления, а продолжение одного и того же менделеевского направления, которое основывается на периодическом законе Менделеева. Конкретизация этого закона и дополнение его законом сдвига позволили связать линию развития понятия элемента, начатую в 60-х годах XIX в., Менделеевым, с линией его развития, начатой Марией Склодовской-Кюри и другими учеными на рубеже XIX и XX вв. Никакого разрыва или даже расхождения между той и другой линией в действительности не оказалось. Более поздняя из них выступила теперь как прямое продолжение и развитие предыдущей, менделеевской.

Обозначим, как и выше, через  $\bar{S}_0$  содержание современного понятия элемента, каким оно, после его установления Менделеевым, дошло до начала XX в. Поскольку определяющим признаком элемента было тогда только «место» элемента в системе, то можно сказать, что содержание понятия элемента было ограничено признаком «места» в системе. Это значит, что содержание исходного понятия элемента, обозначенное через  $\bar{S}_0$ , включает в себя только *признак «места» элемента в системе.*

Обозначим, далее, как и выше, через  $\underline{S}'_4$  содержание понятия элемента после открытия закона сдвига; оно обогатилось благодаря тому, что признак «места» в системе выступил не только как «место», занимаемое элементом в системе, но и как «место», проходящее элементом в ходе радиоактивного распада; иначе говоря, конкретизация признака «места» в системе состояла в том, что его прежнее, статическое значение дополнилось новым, динамическим. Вместе с тем первоначальный признак «места» в системе в качестве основного, исходного, определяющего признака элемента полностью сохранился; он лишь дополнился признаком сдвига с «места» на «место», указывающим на способность радиоактивных элементов перемещаться по системе Менделеева, т. е. изменять значение признака «места» в системе соответственно превращению одного элемента в другой. Все это сжато можно выразить так, что более углубленное содержание понятия элемента, обозначенное через  $\underline{S}'_4$ , включает в себя *признак места в системе плюс признак сдвига с места на место в системе.*

Тогда эволюцию понятия элемента от Менделеева до открытия закона сдвига можно было бы изобразить как переход от содержания  $\underline{S}_0$  (место) к содержанию  $\underline{S}'_4$  (место + сдвиг). (В скобках указаны определяющие признаки, составляющие основу соответствующего содержания понятия элемента.)

Здесь выражена преемственность идей физики XX в. по отношению к идеям Менделеева, неразрывность общей линии развития понятия элемента. Говоря словами Менделеева, сказанными по другому поводу, «при таком образе действия достигается неразрывность исторического развития, которая лежит в основе всякой эволюции»<sup>1</sup>.

Рассмотрим теперь ту же эволюцию менделеевского понятия элемента с точки зрения соотношения его объема и его содержания. В 1913 г. происшедшая эволюция могла быть выражена так:

$$\underline{S}_3 \underline{V}_2 \text{ переходят в } \underline{S}'_4 \underline{V}_2.$$

(Здесь  $\underline{S}_3$  означает содержание, а  $\underline{V}_2$  — объем понятия элемента к моменту открытия закона сдвига.)

Но как и в XIX в. (предвидение Менделеевым неизвестных элементов; предсказание Рамзаем неоткрытых еще инертных газов), так и в XX в., на основании более глубокого проникновения в сущность периодического закона и, соответственно, более полного раскрытия содержания понятия элемента был предсказан отсутствовавший член в ряду актиния (предшествующий актинию и потому названный протактинием). В 1918 г. протактиний был открыт на основании закона сдвига, следовательно, на основании периодического закона Менделеева, а значит, на основании менделеевского определения элемента.

Обозначив через  $\underline{V}_3$  новый объем понятия элемента после открытия протактиния, мы можем выразить дальнейшую эволюцию понятия элемента так:

$$\underline{S}'_4 \underline{V}_2 \text{ превратились в } \underline{S}'_4 \underline{V}_3.$$

Ведущая роль содержания понятия элемента здесь вновь выступает со всей очевидностью. Расширение объема понятия произошло как прямое следствие происшедшего углубления его содержания.

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 381.

	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	0	
9					206	206			206	
					208	208			208	
					210	210	210		210	
					212	212	212		212	
					214	214	214		214	
							216		216	
				Tl	Pb	Bi	Po	218	Rn 218(III)	218
	213								220(II)	220
	220								222(I)	222
	10	222								
			222							
			224							
			226		226					
			228		228					
					230	<b>230?</b> (III)				
					232(II)					
					234	234	234			
									236	
Rn		-	Ra	Ac	Th	<b>Pa?</b>	238	Ur(I)	-	238

Табл. 8. Сдвиг радиоактивных элементов по системе Менделеева (1913 г.).

На табл. 8 показано, как расположились в менделеевской таблице элементов, на последних 12 ее «местах», члены трех радиоактивных рядов — урана (I), тория (II) и актиния (III). Стрелки указывают сдвиги элементов при альфа- и бета-распаде, а цифры означают атомные веса (точнее сказать, массовые числа). Жирным шрифтом обозначен предполагавшийся родоначальный член в ряду актиния (III), предшествующий актинию, обладающий атомным весом 230 и находящийся в V группе (протактиний); по предположению он должен был обладать способностью к  $\alpha$  распаду, такой, чтобы в результате его распада мог произойти сдвиг от него на два «места» налево и мог бы образоваться актиний с атомным весом 226.

**Открытие изотопов.** (Разные по массе атомы на одинаковом «месте» в системе Менделеева.) В этой главе уже отмечалось, что в начале своего развития новейшая революция во взглядах на элементы не стояла еще в определенной связи с периодическим законом Менделеева; после же открытия закона сдвига продолжение этой революции было уже неразрывно связано с периодическим законом и менделеевским определением элемента. Далее, отмечалось, что начало революции во взглядах

на элементы состояло в разрушении третьего, центрального пункта старого, метафизического понятия элемента, утверждавшего неизменность элементов; продолжение же этой революции вызвало крушение четвертого и последнего пункта старого понятия элемента, состоявшего в признании полного тождества всех атомов одного и того же элемента.

Мы видели, что физики XX в. стали помещать на одно и то же место в периодической системе Менделеева различные элементы, если это требовалось ради соблюдения правила сдвига при альфа- и бета-излучении. Различие этих элементов, попадавших на одно и то же «место» в системе, было, несомненно, в отношении их атомных весов и радиоактивных свойств. Например, свинец  $= 206$  и радий  $D = 210$  попадали на одно «место», занятое свинцом; но они отличались друг от друга по атомным весам (на 4 единицы) и по устойчивости: свинец  $= 206$  устойчив (нерадиоактивен), радий  $D$  — бета-радиоактивен.

Три эманации: радия  $= 222$ , актиния  $= 218$  и тория  $= 220$  попадали на одно «место»; они различались между собой по атомным весам и по продолжительности жизни (у первой полупериод равен около 4 дней, у второй — около 4 секунд, у третьей — около 1 минуты). Все три — альфа-радиоактивны. Случалось, что попавшие на одно «место» элементы обладали противоположного рода радиоактивными свойствами: например, радий  $= 226$  альфа-радиоактивен, а попавший на это же «место» мезоторий  $= 228$  бета-радиоактивен.

Таким образом, если считать в качестве определяющего признака элемента его атомный вес или радиоактивные свойства, то следовало признать, что на одно «место» в системе Менделеева могут приходиться несколько разных элементов. В таком случае пришлось бы отказаться от менделеевского определения элемента, построенного на признаке «места» элемента в периодической системе. Ибо помещение на одно и то же «место» в системе нескольких элементов немедленно лишило бы признак «места» элемента в системе его определяющего характера и пришло бы в противоречие с важнейшим утверждением Менделеева, гласившим, что, «судя по всему, что известно поныне, в одном месте системы находится всегда только один элемент»<sup>1</sup>.

Казалось бы, из создавшегося затруднения не было иного выхода, кроме как отказ от менделеевского определения элемента. Но вместе с тем обнаружилась следующая замечательная особенность: еще раньше было замечено, что некоторые радиоактивные элементы с разными атомными весами обладают настолько близкими химическими свойствами, что, будучи однажды смещены, они уже не могут быть больше отделены друг от друга. Так, например, химики не могли разделить смесь тория  $= 232$  и иония  $= 230$ ; в 1907 г. был открыт мезоторий  $= 228$ , а в 1910—1911 гг. было показано, что он химически неотделим от радия  $= 226$ . Когда радиоактивные элементы были размещены по периодической системе, то оказалось, что на одно и то же «место» неизменно попадают именно те элементы, которые были химически тождественны (несмотря на различие атомных весов), и обратно, попавшие на одно и то же «место» разные элементы неизменно оказывались химически тождественными. Таким образом, для всех элементов, попавших на одно и то же «место» в системе, характерным было различие в одних свойствах (атомных весах, радиоактивных) и тождество в других свойствах (химических, спектроскопических). В табл. 9 показано, как разместились члены радиоактивных рядов в системе Менделеева в 1913 г.

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Новые материалы по истории открытия периодического закона, 1950, стр. 45.

	0	I	II	III	IV	V	VI	VII
9		<i>Au</i>	<i>Hg</i>	<i>Tl</i> β AcC'' 206 β ThC'' 208 β RaC'' 210	<i>Pb</i> AcD } 206 RaG } ThD 208 β RaD } 210 β AcC } β ThB 212 β RaB 214	<i>Bi</i> β RaE } 210 αβ AcC } αβ ThC 212 αβ RaC 214	<i>Po</i> α RaF } 210 α AcC' } α ThC' 212 α RaC' } 214 α AcA } α ThA 216 α RaA 218	—
10	<i>Rn</i> 218 α AcEm 220 α ThEm 222 α RaEm	—	<i>Ra</i> 222 α AcX 224 α ThX 226 α Ra 228 β MsTh <sub>1</sub>	<i>Ac</i> 226 β Ac 228 β MsTh <sub>2</sub>	<i>Th</i> 226 α RdAc 228 α RdTh 230 { α Io β UrY 232 α Th 234 β UrX <sub>1</sub>	— 234 β UrX <sub>2</sub>	<i>Ur</i> 234 α Ur <sub>II</sub> 238 α Ur <sub>I</sub>	—

Табл. 9. Размещение радиоактивных изотопов в системе Менделеева (1913 г.).

К этому же времени в другой области физики создалась аналогичная ситуация. В 1912 г. английский физик Ф. В. Астон обнаружил, что у радиоактивного элемента (неона) имеется два сорта атомов: неон = 20 и неон = 22 (названный первоначально метанеоном).

Химическое и спектроскопическое тождество обоих неонов было несомненно, несмотря на их различие по атомному весу. Попытка примирить это открытие с менделеевским определением элемента путем подыскания особого «места» для неона = 22 не увенчалась успехом. Оставалось примириться с мыслью, что два разных «элемента» неона (разных, поскольку они обладали разными атомными весами) попадают на одно и то же место, занятое неоном = 20.

Тот факт, что совершенно аналогичная ситуация создалась как в области радиоактивных, так и в области нерадиоактивных элементов, наводил на мысль, что здесь имеется какая-то общая закономерность, действующая в пределах всей периодической системы. Решение вопроса могло состоять в признании, что на каждое «место» в системе Менделеева приходится, действительно, только один элемент; но при этом, во-первых, он может существовать в различных формах, а потому состоять из нескольких разновидностей, различающихся между собой по значению атомного веса и радиоактивных свойств; во-вторых, химические и спектроскопические свойства всех разновидностей одного и того же элемента должны быть совершенно одинаковыми; отсюда следовало, в-третьих, что атомный вес не может служить определяющим признаком элемента, ибо различие атомного веса (у атомов, попавших на одно и то же «место» в системе Менделеева) не отражается никак на химических свойствах элемента.

В связи с этим Астон писал: «Единственным выходом представляется новая и революционная мысль, именно, что неон может существовать в двух формах и что связь между ними точно такая же, как та, которая, согласно незадолго до того высказанному мнению Содди, существует между химически неразделимыми радиоэлементами»<sup>1</sup>.

Новой и революционной эта мысль была потому, что означала отказ от четвертого пункта старого понятия элемента, как это сделали ранее Бутлеров и Крукс. Отныне следовало признать, что атомы одного и того же элемента не абсолютно тождественны между собой, но могут обладать существенными различиями по своей массе (атомному весу) и по своей устойчивости (радиоактивности). Этот вывод приводил к выдвигению еще одного пункта новых воззрений на атомы и элементы.

Четвертый, последний пункт старого, метафизического понятия элемента гласил:

4. *Все атомы каждого элемента абсолютно тождественны.*

После открытия изотопов этот пункт старого понятия элемента был отброшен и заменен новым, который гласил:

4. *Атомы одного элемента могут отличаться друг от друга по атомным весам.*

В таком случае новое понятие элемента можно было считать построенным до конца, поскольку все четыре основных пункта старого понятия элемента оказались замененными новыми пунктами прямо противоположного характера.

Итак, физики пришли к выводу, что атомный вес не может больше считаться однозначным определяющим признаком элемента. Положение

<sup>1</sup> Ф. В. Астон, Изотопы, 1923, стр. 37.



(III) Менделеева, вытекавшее из прежней химико-механической трактовки элемента: атомный вес есть определяющий признак элемента, следовало отвергнуть. Этот вывод можно было сформулировать пока только в отрицательной форме:

*атомный вес не есть определяющий признак элемента (VI).*

Единственным определяющим признаком элемента могло считаться попрежнему «место» элемента в системе Менделеева. Вместо отвергнутого положения (III) следовало признать полностью справедливым положение (I):

*место в системе есть определяющий признак элемента (I).*

Это было прежнее, менделеевское определение элемента, но обогащенное новым открытием, свидетельствующим о существовании различий у атомов одного и того же элемента.

В своих теоретических исследованиях и обобщениях физики XX в. фактически опирались исключительно на положение (I). Они ввели понятие изотопов («одинаковоместных») для различных атомов, попавших на одно и то же место в системе Менделеева, а потому принадлежащих одному и тому же элементу. Если элемент есть вид атомов, то изотоп есть их разновидность. Определяющим признаком для изотопов служит их нахождение на одинаковом «месте» в системе Менделеева; следовательно, наличие у изотопов одинакового «места» в системе выступает в качестве их общего признака. Совпадение химических свойств у изотопов, в силу чего они оказываются разновидностями одного и того же элемента, обуславливается тем, что они занимают одинаковое «место» в системе Менделеева.

Благодаря открытию изотопов современное понятие элемента было чрезвычайно обогащено по своему содержанию подобно тому, как обогащается понятие вида, будучи дополнено понятием разновидности. Вместе с тем это открытие наносило новый удар по химико-механической трактовке элемента: в дополнение к тому, что масса частиц оказывалась электромагнитного происхождения (точнее — зависящей от движения частиц), химические свойства перестали быть функцией массы атома (атомного веса). Необходимость более последовательного перехода к химико-электрической трактовке элемента вырисовалась со всей резкостью.

Если обозначить через  $S_5$  содержание понятия элемента после открытия изотопов, то происшедшую эволюцию понятия элемента можно коротко выразить так:

$S'_4$  превратилось в  $S_5$ .

**Открытие порядкового номера.** (Открытие номера «места» элемента в системе.) Несмотря на сделанные физические открытия, рассмотренные выше, признак *места* элемента в системе попрежнему оставался слишком абстрактным. Правда, основываясь на данных науки о радиоактивности, его можно было связать со сдвигом элементов, т. е. с их альфа- и бета-излучениями, и тем самым в значительной степени конкретизировать его; однако он еще не получил однозначной количественной характеристики.

В том же 1913 г. английский физик Генри Мозели исследовал зависимость длины волны характеристических рентгеновских спектров элементов от «места» элементов в системе Менделеева. Из полученных экспериментальных данных при помощи сравнительно несложных вычислений получалось число  $N$ , специфическое для каждого элемента. Это число было целым и совпадало с порядковым номером «места» данного элемента в системе Менделеева. В результате этого открытия признак

«места» элемента в системе получил однозначную количественную характеристику в виде числа, указывающего его порядковый номер и выводимого непосредственно из экспериментальных данных. Для определения «места» элемента в системе вместо прежних двух координат (номера группы и номера ряда), из которых одна не имела вообще прямого физического смысла, теперь достаточно было установить *одну* координату (номер «места» элемента в системе), которая имела вполне определенное, экспериментально измеримое, физическое значение.

Подобно тому, как прежнее содержание понятия элемента, выраженное через менделеевское определение элемента, обогатилось благодаря открытию закона сдвига, так и в данном случае оно обогатилось благодаря открытию зависимости рентгеновского спектра элемента от места этого же элемента в периодической системе Менделеева. Открытие порядковых номеров позволило установить строгий, последовательный порядок в расположении всех элементов. Выяснилось, что от водорода, стоящего в начале системы Менделеева, до урана, стоящего в ее конце, может поместиться 92 элемента. Так называемые аномалии периодической системы получили исчерпывающее разъяснение: порядковый номер у теллура оказался равным 52, а у йода = 53, так что теллуру надо было отвести «место» перед йодом, а не после него, как это и сделал Менделеев. То же самое и кобальт (№ 27) должен был стоять перед никелем (№ 28), а не после него, равно как и аргон (№ 18) должен был стоять перед калием (№ 19), а не после него. Тем самым полностью оправдалась та последовательность в расположении указанных элементов, которой придерживался сам Менделеев, ибо, как мы видели выше, Менделеев на деле исходил из признания «места» элемента в системе, но не его атомного веса, в качестве определяющего признака элемента. Поэтому он и ставил более тяжелые элементы перед более легкими, а не после них, во всех тех случаях, когда этого требовало их «место» в системе, несмотря даже на то, что это противоречило принципу расположения элементов по величине атомного веса.

Открытие порядкового номера полностью подтвердило правильность подхода Менделеева к размещению элементов в системе, а тем самым правильность основного положения (I) Менделеева, гласившего, что определяющим признаком элемента является его место в системе.

Количественным преобладанием более тяжелого изотопа теллура можно было далее объяснить, почему средний атомный вес теллура (№ 52) больше, чем атомный вес йода (№ 53). Так же, с точки зрения изотопии, объяснялись и другие «аномалии» системы Менделеева; теперь эти «аномалии» исчезли, и прежние скептические голоса среди физиков и химиков, выражавшие сомнения в полноценности периодического закона, замолкли.

Другое важное следствие, вытекавшее из открытия порядкового номера, касалось последовательности размещения редкоземельных элементов в системе Менделеева. До тех пор химики устанавливали их последовательность чисто эмпирическим способом. Но при этом возникали большие затруднения, а найденные результаты казались сомнительными. К тому же не было никакой уверенности в том, все ли редкоземельные элементы открыты, и уже никак нельзя было заранее определить, скольких из них еще недостает и каких именно. Открытие порядковых номеров сразу и совершенно безошибочно указало, во-первых, на то, какова последовательность расположения уже известных редкоземельных элементов, и, во-вторых, на отсутствие одного элемента (№ 61) внутри данного семейства и одного элемента (№ 72) на самом его краю. Однако

оставался открытым вопрос о том, принадлежит ли элемент с № 72 к семейству редкоземельных элементов или нет.

Французский химик Ж. Урбен, много работавший над редкоземельными элементами, так охарактеризовал значение открытия Мозели для систематики химических элементов: «Закон Мозели в несколько дней подвел итоги моему упорному двадцатилетнему труду»<sup>1</sup>.

Однако открытие порядковых номеров не было еще вначале связано с открытием закона сдвига. Оба эти открытия обогащали содержание менделеевского понятия элемента параллельно и независимо одно от другого.

Обозначим, как и выше, через  $S_3$  содержание современного понятия элемента, каким оно оставалось до 1912 г., а через  $S_6$  обозначим содержание того же понятия, обогащенное открытием порядкового номера элемента. Можно сказать, что более углубленное содержание понятия элемента, обозначенное через  $S_6$ , включает в себя *признак места в системе плюс признак порядкового номера этого места*.

Коротко можно сказать так: признак «места» элемента в системе получил физическую индексацию в виде своего номера  $N$ . Тем самым менделеевское определение элемента было уточнено и развито дальше.

В табл. 10 указаны жирным шрифтом порядковые номера всех известных и ожидаемых тогда элементов (от 1 до 92), а также изотопы радиоактивных элементов и первые два изотопа из числа открытых у нерадиоактивных элементов (изотопы неона). Кроме того, в табл. 10 включены сдвиги элементов в результате их радиоактивных превращений. Редкоземельные элементы помещены так, как если бы они занимали сразу две смежные клетки в системе Менделеева: III — 8 и IV — 8. В таком случае элемент с № 72 попадал бы в число редкоземельных элементов. Так думали химики до начала 20-х годов XX в.

**Заряд ядра.** Развитие современного понятия элемента от его менделеевской трактовки (от содержания понятия  $S_0$ , означающего «место» в системе) пошло, как мы видели, различными путями: 1) через данные о радиоактивности (через содержание понятия  $S'_4$ , означающее *место + сдвиг*) и 2) через исследование рентгеновских спектров (через содержание понятия  $S_6$ , означающее *место + его номер*).

Вначале оба пути возникли независимо один от другого; они являлись развитием двух открытий, сделанных в физике 90-х годов XIX в. — рентгеновых лучей и радиоактивности, из которых каждое независимо от другого было приведено в связь с периодической системой Менделеева, с признаком «места» элемента в этой системе. Вслед за тем, логически рассуждая, следовало ожидать, что оба пути сойдутся вместе, поскольку оба открытия (закон сдвига и порядковый номер элемента) состояли в том, что различные физические явления ставились в связь с одной и той же периодической системой элементов, с одним и тем же общим признаком элемента — его «местом» в периодической системе Менделеева.

Такое слияние обоих путей, идущих от изучения радиоактивности и рентгеновских спектров элементов, стимулировалось тем, что третье открытие, сделанное в физике 90-х годов XIX в., открытие электрона и более позднее открытие атомного ядра — непосредственно подводило к необходимости создания единой теории электронного строения атома (модели атома), которая строилась бы на основе учета, с одной стороны, всех новейших открытий в физике, а с другой — менделеев

<sup>1</sup> «Успехи химии», т VIII, 1939, стр. 614

	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1		<sup>1</sup> H							
2	<sup>2</sup> He	<sup>3</sup> Li	<sup>4</sup> Be	<sup>5</sup> B	<sup>6</sup> C	<sup>7</sup> N	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> F	
3	<sup>10</sup> Ne <sub>20,22</sub>	<sup>11</sup> Na	<sup>12</sup> Mg	<sup>13</sup> Al	<sup>14</sup> Si	<sup>15</sup> P	<sup>16</sup> S	<sup>17</sup> Cl	
4	<sup>18</sup> Ar	<sup>19</sup> K	<sup>20</sup> Ca	<sup>21</sup> Sc	<sup>22</sup> Ti	<sup>23</sup> V	<sup>24</sup> Cr	<sup>25</sup> Mn	<sup>26</sup> Fe <sup>27</sup> Co <sup>28</sup> Ni
5		<sup>29</sup> Cu	<sup>30</sup> Zn	<sup>31</sup> Ga	<sup>32</sup> Ge	<sup>33</sup> As	<sup>34</sup> Se	<sup>35</sup> Br	
6	<sup>36</sup> Kr	<sup>37</sup> Rb	<sup>38</sup> Sr	<sup>39</sup> Yt	<sup>40</sup> Zr	<sup>41</sup> Nb	<sup>42</sup> Mo	<sup>43</sup> -	<sup>44</sup> Ru <sup>45</sup> Rh <sup>46</sup> Pd
7		<sup>47</sup> Ag	<sup>48</sup> Cd	<sup>49</sup> In	<sup>50</sup> Sn	<sup>51</sup> Sb	<sup>52</sup> Te	<sup>53</sup> J	
8	<sup>54</sup> Xe	<sup>55</sup> Cs	<sup>56</sup> Ba	<sup>57</sup> La	<sup>58</sup> Ce <sup>59</sup> Pr <sup>60</sup> Nd <sup>61</sup> - <sup>62</sup> Sm <sup>63</sup> Eu <sup>64</sup> Gd <sup>65</sup> Tb <sup>66</sup> Dy <sup>67</sup> Ho <sup>68</sup> Er <sup>69</sup> Tm <sup>70</sup> Yb <sup>71</sup> Lu <sup>72</sup> -				
					<sup>73</sup> Ta	<sup>74</sup> W	<sup>75</sup> -	<sup>76</sup> Os	<sup>77</sup> Ir <sup>78</sup> Pt
9		<sup>79</sup> Au	<sup>80</sup> Hg	<sup>81</sup> Tl 206-210	<sup>82</sup> Pb 208-214	<sup>83</sup> Bi 210-214	<sup>84</sup> Po 210-218	<sup>85</sup> -	
10	<sup>86</sup> Rn 218 222	<sup>87</sup> -	<sup>88</sup> Ra 222 226	<sup>89</sup> Ac 226-228	<sup>90</sup> Th 228-234	<sup>91</sup> - 234	<sup>92</sup> U 234, 238		

Табл. 10. Включение в систему Менделеева порядковых чисел, изотопов и сдвига элементов (1913 г.).

ской периодической системы элементов. Для того чтобы можно было создать такую теорию, предстояло сделать открытие, в котором синтетически было бы охвачено все достигнутое ранее порознь и параллельно в познании атомов и элементов.

Таким открытием, резюмирующим все предыдущие открытия и их последующую разработку в связи с периодической системой Менделеева, явилось открытие заряда ядра  $Z$  в качестве определяющего признака элемента. В 1913 г. голландский физик Ван-ден-Брук высказал мысль, что порядковый номер элемента  $N$  равен численно заряду ядра  $Z$ .

Понятие заряда ядра  $Z$  объединяло и резюмировало все три линии развития новейшей революции в физике. Прежде всего оно давало объяснение первой группе открытий, сделанных в области изучения ра-

диоактивности: закону сдвига и явлению изотопии. Альфа- и бета-излучения вызывали соответствующие сдвиги элементов по системе Менделеева, потому что они или уменьшали на две единицы заряд  $Z$  (альфа-распад) или увеличивали его на единицу (бета-распад). При одинаковом заряде  $Z$  атомы, независимо от массы, попадали на одно и то же «место» в системе (изотопы). Явление изотопии получало, таким образом, разъяснение в смысле равенства значения  $Z$  у всех разновидностей одного и того же элемента. Тождество химических и спектроскопических свойств объяснилось тем, что эти свойства суть функции лишь заряда ядра  $Z$ : при равенстве  $Z$  они должны быть тождественны у атомов.

Открытие ядерного заряда  $Z$  в то же самое время давало объяснение второй группе открытий, сделанных в области изучения рентгеновских спектров: открытию порядкового номера элемента  $N$ . Численно величина  $Z$  (по предположению физиков) должна равняться величине  $N$ . Если  $N$  есть номер «места» элемента в системе, то  $Z$  есть физическая интерпретация этого номера, индивидуальное физическое свойство элемента, численно совпадающее с величиной номера «места» данного элемента в периодической системе Менделеева. Наличием у элементов свойства  $Z$  было теоретически объяснено наличие у них и свойства  $N$ .

Открытие  $Z$  вместе с тем давало ответ и на коренной вопрос, который ставился третьей группой открытий, сделанных в области электронной физики: сколько электронов имеется в оболочке нейтрального атома данного элемента? Без этого невозможно было создать модель атома. Очевидно, что искомое число электронов должно равняться  $Z$ .

Обозначим через  $\bar{S}_7$  содержание менделеевского понятия элемента, достигнутое после того, как в понятии  $Z$  были резюмированы предыдущие физические открытия. Можно сказать, что новое, более углубленное содержание понятия элемента, обозначенное через  $Z$ , включило в себя *признак места элемента в системе плюс признаки сдвига и порядкового номера, резюмированные в признаке заряда ядра*, или, говоря короче, *признак места плюс признак заряда ядра*.

Таким образом общий ход эволюции современного понятия элемента в 1913 г. можно кратко выразить так: от первоначального содержания  $\bar{S}_0$  (место) развитие пошло двумя, как бы параллельными путями — через содержание  $\bar{S}'_4$  (место + сдвиг) и через содержание  $\bar{S}_6$  (место + его номер); в дальнейшем оба пути привели к содержанию  $\bar{S}_7$  (место + заряд ядра), в котором они слились, поскольку заряд  $Z$  объединил в себе и признак сдвига элементов и признак их порядкового числа  $N$ .

Этот пример показывает, что развитие понятия элемента от менее глубокого содержания к более глубокому содержанию может происходить так, что ступень углубления в сущности изучаемого объекта может как бы раздваиваться и достигаться независимыми, параллельно идущими путями, с тем, однако, чтобы затем оба пути могли сойтись и сошлись на следующей ступени углубления научного познания. Тогда ранее раздвоенный путь познания обнаружит себя, как раскрытие природы одного и того же предмета с его различных сторон.

Так, например, казавшиеся вначале независимыми и изучаемые параллельно радиоактивные свойства элементов и их рентгеновские спектры, равно как и связанные с ними законы и понятия, в действительности обнаружили себя как различные следствия и проявления одного и того же фундаментального свойства элемента — ядерного заряда  $Z$ .

В связи с этим менделеевское определение элемента было уточнено

и конкретизировано; вместо абстрактной характеристики «места» элемента в системе как определяющего признака элемента можно было говорить о вполне определенном, конкретном, физически измеримом свойстве атомов — о заряде  $Z$ , который вместе с тем был физической индексацией основного признака элемента — его «места» в периодической системе Менделеева. Поэтому основу нового определения менделеевского понятия элемента можно было выразить так:

*ядерный заряд  $Z$  есть определяющий признак элемента (VII);*

*заряд  $Z$  определяет место элемента в системе (VIII).*

Положение (VII), в виде особого определения элемента через признак  $Z$ , было сформулировано Ф. Панетом в 1916 г. и удерживалось физикой и химией до последнего времени; оно гласило: «Элемент есть вид атомов, несущих одинаковый ядерный заряд». Это определение составило один из краеугольных камней химико-электрической трактовки элемента.

Утверждение химико-электрической трактовки элемента в качестве господствующей привело к тому, что у некоторых химиков, в том числе и у некоторых советских, стало вырабатываться нигилистическое отношение к взглядам Менделеева на элементы, на их периодический закон. Особенно сильно и настойчиво неправильные, нигилистические веяния распространялись у нас в 30-х годах нашего века. Их распространение шло под лозунгом — Менделеев устарел, его взгляды надо сдать в архив, заменив их взглядами Бора, Мозели, других современных физиков. Так, например, проф. Я. И. Михайленко прямо заявлял и подчеркивал: «Основное положение Менделеева, что место элемента в системе определяется его атомным весом, неверно»<sup>1</sup>.

Последовательно проводя этот ложный взгляд, Михайленко переименовал современную периодическую систему Менделеева в систему Бора—Томсена<sup>2</sup>, как об этом подробнее будет сказано в главе XII.

Совершенно ясно, что Михайленко за основное положение Менделеева ошибочно принял не положение (I) — «Место в системе есть определяющий признак элемента», а положение (IV) — «Атомный вес определяет место элемента в системе». Выше было уже показано, сколь ошибочно такое смешение. Теперь мы убеждаемся в том, к каким вопиюще-ошибочным концепциям оно может привести. Именно из подмены положения (I) положением (IV) логически вытекают все нигилистические оценки учения Менделеева, как якобы устаревшего с точки зрения современной науки, как якобы нуждающегося в полной его замене в самой его основе. Между тем, как бы предвидя возможность такого отношения к его учению о химических элементах и их периодическом законе, Д. И. Менделеев еще в 1879 г. писал, как на это указывалось выше:

«Возможно изменение выражения закона; можно найти более точное выражение этой зависимости; по моему убеждению, несомненно сохранится основной смысл, который дан периодическим законом...»<sup>3</sup>.

Основным положением Менделеева, вытекающим прямо и непосредственно из периодического закона в части, касающейся понятия элемента, как уже было сказано выше, являлось положение (I). Из положения (I) вытекало и общее менделеевское определение элемента (II). Все остальные положения, начиная с (III), по сути дела либо были конкретизацией общих менделеевских положений (I) и (II), либо должны

<sup>1</sup> Я. И. Михайленко, Эволюция наших представлений о химических элементах, атомах и молекулах за последнее время, ч. I, 1935, стр. 136.

<sup>2</sup> См. таблицу Бора—Томсена, схематически оформленную и раскрашенную в пять цветов проф. Михайленко, М., ОНТИ, 1938.

<sup>3</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, 1934, стр. 279.

рассматриваться в связи с ними. Смена формы выражения основных положений (I) и (II) ни в коей мере не подрывала, а тем более не опровергала основ менделеевских взглядов на элементы, т. е. основного смысла периодического закона, как это и предвидел сам Менделеев. Только недоразумением или незнанием подлинного существа менделеевских взглядов на элементы можно объяснить глубоко ошибочное утверждение Михайленко о мнимой устарелости «основного положения Менделеева».

Позицию, совершенно аналогичную позиции Михайленко, заняли Спицын и Флеров. Выше было уже сказано о том, что они совершенно голословно объявили менделеевское определение элемента (II) «неудачной, основанной на формальном признаке» формулировкой. В соответствии с этим они, естественно, отвергают и исходное основное положение Менделеева (I). Проводя последовательно свое нигилистическое отношение к учению Менделеева, они фактически, подобно Михайленко, приходят к выводу об «устарелости» основных положений Менделеева, о необходимости заменить *периодическую систему Менделеева* системой какого-либо иного ученого из числа современных физиков-теоретиков. Разница лишь в том, что Михайленко заменил систему Менделеева системой Бора—Томсена, а Спицын и Флеров заменили ее системой Мозели, которую они дополнили системой Астона. Они пишут: «Очевидно, могут быть три различных системы классификации атомов:

а) На основании величины заряда атомного ядра. Получающаяся система может быть названа системой *мозелидов* (от Moseley).

Система мозелидов полностью совпадает с периодической системой элементов Менделеева. Изотопы мозелидов будут тем, что мы сейчас называем изотопами элементов.

б) На основании массы атомов, независимо от величины заряда их ядра. Эту систему назовем *астонидами* (от Aston). Изотопы астонидов будут отличаться друг от друга зарядами ядра (ныне — изобары) или радиоактивными свойствами (ныне изотопы высшего порядка). Система астонидов еще нуждается в разработке.

в) На основании химических и радиоактивных свойств. Такую систему можно назвать системой химических элементов. Число химических элементов будет меньше, чем астонидов, но больше, чем мозелидов»<sup>1</sup>.

Итак, Спицын и Флеров не только отвергают какую-либо связь между понятием элемента и признаком места элемента в периодической системе Менделеева, считая ссылку на такую связь неудачной и формальной, но и самую систему Менделеева они заменяют системой Мозели. Тем самым они окончательно затушевывают ту глубокую внутреннюю связь, историческую и логическую, которая реально установилась и продолжает существовать между современным (менделеевским) понятием химического элемента и признаком места элемента в системе Менделеева, другими словами, между понятием элемента и учением о периодическом законе.

#### 4. МОДЕЛЬ АТОМА. ЭВОЛЮЦИЯ МЕНДЕЛЕЕВСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА В ЕГО ХИМИКО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТРАКТОВКЕ (ПОСЛЕ 1913 г.)

Открытие порядкового номера (признак  $N$ ), особенно заряда ядра (признака  $Z$ ) способствовало, казалось бы, окончательному «низложению» атомного веса и исключению его из числа определяющих призна-

<sup>1</sup> «Успехи химии», вып. 12, т. VI, 1937, стр. 1730.



ков элемента. Такое следствие становилось необходимым, поскольку, во-первых, была доказана зависимость химических свойств не от массы атомов, а только от заряда их ядра  $Z$  (явление изотопии) и, во-вторых, расположение элементов в системе Менделеева в общем случае производилось не по величине атомного веса, а по величине заряда  $Z$ . Отсюда принятие положения (VII) одновременно означало отказ от старого положения (III), т. е. принятие положения (VI).

В связи с этим Мозели писал: «химические свойства управляются зарядом ядра или атомным номером элемента, в то время как сам атомный вес, по всей вероятности, представляет собой лишь какую-нибудь сложную функцию от атомного номера»<sup>1</sup>. Это положение не только не противоречило менделеевскому определению элемента, но явилось его развитием и подтверждением; ведь сам Менделеев считал фактически за определяющий признак элемента не атомный вес, а «место» элемента в системе, как это видно из положения (V); теперь же это место получило определенный порядковый номер  $N$  в качестве своей физической индексации; поэтому зависимость свойств от «места» элемента в системе могло теперь выражаться как их зависимость от  $N=Z$ .

В том же 1913 г. начался новый, чрезвычайно плодотворный период в развитии атомной физики; в это время центром в физике, вокруг которого вращались все открытия, стала электронная модель атома. Физики, разрабатывавшие тогда эту модель, стремились свести все силы, действующие внутри атома, к чисто электрическим взаимодействиям между одинаковыми зарядами и между противоположными зарядами. Атомное ядро мыслилось состоящим целиком из электрически заряженных частиц: из числа протонов, равного массовому числу  $A$ , и из числа «внутренних», или ядерных, электронов, равного разнице между числами  $A$  и  $Z$ . Алгебраическая сумма положительных и отрицательных зарядов давала значение  $Z$ .

Таким образом, по мысли физиков того времени, атом состоял, во-первых, из  $A$  протонов, во-вторых, из  $A-Z$  «внутренних» электронов и, в-третьих, из  $Z$  «внешних» электронов.

Руководствуясь химико-электрической трактовкой элемента, физики и химики связывали химические свойства элементов исключительно с электрической структурой (электронным строением) соответствующих атомов. Такой подход, несмотря даже на свою односторонность, таил в себе большие перспективы, ибо давал возможность теоретически объяснить физическую причину менделеевской периодической системы элементов. Тем самым этот подход позволял еще больше углубить содержание менделеевского понятия элемента, опирающееся на исходное положение (I). Такое углубление достигалось большей конкретизацией признака «места» элемента в системе Менделеева путем раскрытия конфигурации электронной оболочки у атомов различных элементов. Это было достигнуто великим датским физиком Н. Бором в 1913—1921 гг. Большую роль в этом отношении сыграли работы русского физика Д. С. Рождественского.

Прежде всего, приняв планетарную модель Резерфорда, Бор установил, что излучение света атомов происходит прерывисто, целыми порциями (квантами), причем происходит оно, как это допустил Бор, при перескоке электрона с одной орбиты, более удаленной от ядра, на другую, более близкую. Тем самым оптические спектры элементов,

<sup>1</sup> „Philosophical Magazin“, т. 26, 1913, стр. 1024.

обусловленные подобного рода излучениями, и квантовая теория света были приведены в связь с учением об электронном строении атомов.

Но главным положением в работах и открытиях Бора была идея, что между распределением элементов в менделеевской периодической системе элементов, с одной стороны, и распределением электронов внутри электронной оболочки, с другой — имеется глубокая связь, так же как между «местом» отдельного элемента в системе и «местом» отдельного электрона в оболочке атома. Закономерное распределение элементов *по периодам системы Менделеева* наводило на мысль о распределении электронов *по отдельным слоям в оболочке атома*. Так, основным признаком элемента — его «место» в системе Менделеева — получил дальнейшее развитие и конкретизацию в представлении об электронной структуре атома, о конфигурации электронов в атомной оболочке.

Весьма существенно, что благодаря созданию электронной модели атома признак «места» элемента в системе впитал в себя не только те физические данные, которые были связаны с открытием электрона, но и те, которые были связаны с созданием теории квантов и с изучением оптических спектров элементов.

Каждый слой электронов в атоме Бор характеризовал (в 1913 г.) некоторым целым числом  $n$  (главным квантовым числом), которое могло иметь значение от 1 до 7 и которое определяло приблизительно энергию электронов данного слоя. Второе квантовое число (побочное) определяло собой разбивку электронов на подгруппы внутри данного слоя. В 1915 г. к этим двум числам (квантовым «координатам»), характеризующим «место» электрона в оболочке атома, немецким физиком Зоммерфельдом было добавлено третье квантовое число, вытекавшее из данных, касавшихся более тонких деталей оптических спектров.

Все это способствовало дальнейшему развитию менделеевского понятия элемента, обогащая его основной признак — «место» элемента в системе. В 1916 г. этому особенно способствовало создание немецким ученым Косселем и американским физиком Льюисом двух различных электронных теорий валентности, каждая из которых связывала способность атомов образовывать те или иные соединения с «местом» элемента в системе Менделеева.

Могучим толчком для быстрого развития всего учения об атомах и элементах, а значит, и менделеевского понятия элемента послужило искусственное превращение элементов, впервые осуществленное Резерфордом в 1919 г., как об этом говорилось в первой части книги. Резерфорд продолжал ту линию исследования, которая привела его ранее к открытию атомного ядра и которая состояла в том, чтобы в качестве экспериментального приема применять продукты радиоактивного распада, а именно — альфа-частицы. Таким способом удалось вызвать превращение азота в кислород с выделением протонов (ядер водорода).

Через два года подверглись искусственному превращению еще пять легких элементов: бор, фтор, натрий, алюминий и фосфор (в табл. 11 искусственно расщепленные к 1921 г. элементы обозначены звездочками). Это открытие явилось началом развития собственно ядерной физики, занявшей ведущее положение в физике с начала 30-х годов XX в.

Если до 1919 г. физики смогли проникнуть вглубь только электронной оболочки атома, то позднее они впервые проникли вглубь атомного ядра. Это значительно углубило познание элементов и атомов, а тем самым углубило содержание менделеевского понятия элемента.

В 1921 г., когда были искусственно разложены, кроме азота, еще пять других легких элементов, Бор прочитал доклад на тему «Строение

атомов в связи с физическими и химическими свойствами элементов». Касаясь вопроса о типе связи электронов в готовом, сформированном атоме, т. е. о строении атома, Бор говорил:

«В этом вопросе, естественно нас интересующем, путеводной нитью послужит то своеобразное изменение свойств элементов с атомным номером, которое нашло свое выражение в так называемой *периодической системе элементов*. Элементы распадаются на различные периоды, внутри которых их химические свойства изменяются известным, характерным образом. Для истолкования этой своеобразной закономерности естественно предположить отчетливое *разделение электронов в атоме на группы*; с этой точки зрения разделение элементов на группы в периодической системе следует приписать постепенному образованию электронных групп в атоме по мере увеличения атомного номера»<sup>1</sup>.

Здесь Бор прямо связывает группировку электронов в оболочке атома с группировкой элементов в системе Менделеева, видя в этой последней путеводную нить при изучении строения атома.

Рассмотрим, как, по Бору, строятся атомы различных элементов. Первый, самый близкий к ядру слой ( $n=1$ ) может вместить только два электрона. Этому соответствует распределение элементов в первом периоде системы Менделеева, который содержит только два элемента — H и He, причем в атоме H ( $Z=1$ ) имеется один электрон, а в атоме He ( $Z=2$ ) — их два. Два электрона первого слоя вполне соответствуют, таким образом, первому периоду в системе Менделеева. Оба эти электрона относятся к подгруппе электронов, обозначаемой буквой *s*.

Ход рассуждений Бора таков: при выяснении строения у элемента, стоящего на «месте»  $Z$ , он исходит из того, что дана конфигурация  $Z-1$  электронов, соответствующая обычно (когда нет дополнительной перегруппировки электронов) конфигурации электронной оболочки у предыдущего по системе Менделеева элемента, стоящего на «месте»  $Z-1$ . Задача сводится к выяснению того, куда, т. е. в какой слой и какую подгруппу электронов вступит последний,  $Z$ -й электрон.

Так, например, при образовании оболочки гелия ( $Z=2$ ) в качестве исходной служит конфигурация предыдущего по системе элемента, стоящего на «месте»  $Z=1$ , т. е. водорода. В дальнейшем заполненные слои и подгруппы повторяются как уже готовые конфигурации в более сложных электронных постройках. Например, у всех элементов, стоящих в системе после гелия, т. е. имеющих  $Z>2$ , повторяется группировка двух *s*-электронов, заполняющих первый, самый близкий к ядру слой электронов с  $n=1$ .

Следующий, 2-й период ( $n=2$ ) в системе Менделеева содержит 8 элементов (от лития до неона); ему отвечает второй слой в атоме ( $n=2$ ), в котором число электронов возрастает от 1 (у Li) до 8 (у Ne), при заполненном первом слое из двух электронов. Таким образом, и здесь 8 электронов второго слоя вполне соответствуют восьми элементам от Li до Ne во втором периоде системы Менделеева.

Среди этих 8 электронов второго слоя первые два (у Li и Be) относятся к *s*-подгруппе, а остальные 6 электронов к *p*-подгруппе. Следующий, третий слой ( $n=3$ ) может заключать в себе уже 18 электронов, из их 2 *s*-электрона, 6 *p*-электронов и 10 *d*-электронов. Вхождение в оболочку первых 8 электронов отвечает образованию третьего периода в системе Менделеева (от Na до Ar), после чего в этом слое остаются вакантными «места» еще для 10 *d*-электронов.

<sup>1</sup> Нильс Бор, Три статьи о спектрах и строении атомов, 1923, стр. 84—85.

<i>n</i>	I <i>s s'</i>	II <i>s s'</i>	III <i>p d f</i>	IV <i>p d</i>	V <i>p d</i>	VI <i>p d</i>	VII <i>p d f</i>	VIII <i>d</i>	0 <i>s p</i>
1	<sup>1</sup> H								<sup>2</sup> He
2	<sup>3</sup> Li	<sup>4</sup> Be	<sup>5</sup> B* <sup>13</sup> Al*	<sup>6</sup> C	<sup>7</sup> N* <sup>15</sup> P*	<sup>8</sup> O	<sup>9</sup> F*		<sup>10</sup> Ne
3	<sup>11</sup> Na* <sup>19</sup> K	<sup>12</sup> Mg <sup>20</sup> Ca	<sup>13</sup> Al* <sup>21</sup> Sc	<sup>14</sup> Si <sup>22</sup> Ti	<sup>15</sup> P* <sup>23</sup> V	<sup>16</sup> S	<sup>17</sup> Cl		<sup>18</sup> Ar
4	<sup>29</sup> Cu	<sup>30</sup> Zn	<sup>31</sup> Ga	<sup>32</sup> Ge	<sup>33</sup> As	<sup>34</sup> Se	<sup>35</sup> Br		<sup>36</sup> Kr
5	<sup>37</sup> Rb <sup>47</sup> Ag	<sup>38</sup> Sr <sup>48</sup> Cd	<sup>39</sup> Yt	<sup>40</sup> Zr	<sup>41</sup> Nb	<sup>42</sup> Mo	<sup>43</sup> —		<sup>54</sup> Xe
6	<sup>55</sup> Cs	<sup>56</sup> Ba	<sup>57</sup> La ..... <sup>58</sup> Ce ..... <sup>71</sup> Lu	<sup>72</sup> Hf	<sup>73</sup> Ta	<sup>74</sup> W	<sup>75</sup> Re		<sup>76</sup> Os <sup>77</sup> Ir <sup>78</sup> Pt
7	<sup>79</sup> Au	<sup>80</sup> Hg	<sup>81</sup> Tl	<sup>82</sup> Pb	<sup>83</sup> Bi	<sup>84</sup> Po	<sup>85</sup> —		<sup>86</sup> Rn
10	<sup>87</sup> —	<sup>88</sup> Ra	<sup>89</sup> Ac	<sup>90</sup> Th	<sup>91</sup> Pa	<sup>92</sup> U	<sup>93</sup> — ..... <sup>94</sup> — ..... <sup>107</sup> —		
11									<sup>118</sup> —

Табл. 11. Электронно-квантовое истолкование системы Менделеева (1913—1926).

Следующий затем, четвертый слой ( $n=4$ ) может включить в себя уже 32 электрона: 2  $s$ -, 6  $p$ -, 10  $d$ - и 14  $f$ -электронов.

Заполнение здесь идет так, что сначала вступают  $s$ -электроны (у К и у Са), а затем заполнение четвертого слоя временно прерывается, и происходит «достройка» предыдущего слоя, т. е. заполняется подгруппа  $d$ -электронов. Заполнение этой подгруппы заканчивается у никеля, причем происходит перегруппировка электронов так, что два  $s$ -электрона четвертого слоя превращаются в  $d$ -электроны третьего слоя. Это соответствует распределению элементов в первой половине 4-го (большого) периода от К до Ni. В дальнейшем вновь заполняется  $s$ -подгруппа 4-го слоя (у Си и Zn), а затем заполняется,  $p$ -подгруппа этого же слоя (от Ga до Kr). На этот раз в 4-м слое остались свободными «места» для 10  $d$ -электронов и еще для 14  $f$ -электронов. То же можно сказать и о 5-м слое, у которого  $s$ - и  $p$ -подгруппы заполняются в 5-м периоде системы Менделеева (от Rb до Xe).

Переходя к 6-му слою ( $n=6$ ), заметим, что здесь сначала заполняется  $s$ -подгруппа 6-го слоя (у Cs и Ba), затем (у La) начинают заполняться «места» в  $d$ -подгруппе, оставшиеся свободными в 5-м слое, а вслед за тем начинает заполняться  $f$ -подгруппа 4-го слоя, оставшаяся не заполненной при образовании элементов 4-го и 5-го периодов системы Менделеева. Это заполнение более глубокого электронного слоя обусловило образование своеобразного семейства редкоземельных элементов в системе Менделеева с чрезвычайной близостью химических свойств.

Число свободных «мест» в  $f$ -подгруппе равно 14. Это значит, что после лантана должно быть всего 14 редкоземельных элементов (лантаноидов). Так как у лантана  $Z=57$ , то последним лантаноидом должен быть элемент, у которого  $Z=71$ , т. е. лютеций. Значит, следующий, неизвестный тогда еще элемент с  $Z=72$ , является уже не лантаноидом, а аналогом элементов IV группы подгруппы циркония.

С точки зрения взаимоотношения объема и содержания менделеевского понятия элемента здесь повторилось то, что было отмечено выше: углубление содержания этого понятия повлекло за собой расширение его объема. В 1921 г. на основании теоретических соображений относительно распределения электронов в атоме (следовательно, на основании признака конфигурации электронной оболочки) Бор предсказал свойства неизвестного элемента  $Z=72$ , показав, что этот элемент, не принадлежа к редкоземельным элементам, является аналогом циркония, о чем за полвека до этого писал Менделеев. Основываясь на том, что элемент  $Z=72$  является аналогом циркония, Бор указал, где, в каких природных минералах его надо искать. Спустя немного времени неизвестный элемент  $Z=72$  действительно был открыт в норвежской цирконовой руде голландским ученым Костером и венгерским ученым Хевеши и получил название гафния. Предсказание Менделеева и Бора полностью оправдалось.

Другое важное следствие, выведенное Бором из менделеевской периодической системы элементов, истолкованной с точки зрения квантовой и электронной теории, касалось распределения в этой системе неизвестных трансурановых элементов. Бор рассчитал, что в следующей клетке за ураном должно поместиться семейство из 15 химических сходных элементов, подобное семейству лантаноидов. Это предсказание оправдалось спустя 25 лет с тем существенным отличием, что новое семейство попадает не в клетку с  $Z=93$ , а в клетку, занятую актинием ( $Z=89$ ), а потому оно называется семейством актиноидов.

Обозначим, как и ранее, через  $S_7$  содержание менделеевского понятия элемента до создания электронной модели атома, а через  $S_8$  — его

содержание после установления прямой связи между конфигурацией электронной оболочки атомов и их местом в системе Менделеева.

Вновь раскрытое, еще более углубленное содержание понятия элемента, обозначенное через  $S_8$ , показывало, что к *признаку места* плюс *признак заряда ядра прибавился признак конфигурации электронной оболочки*. При этом вновь прибавленный признак означал дальнейшую конкретизацию признака  $Z$ , который в свою очередь был физической конкретизацией признака «места» в системе Менделеева; новый признак говорил о том, как распределены в атоме его  $Z$  электронов.

Далее, обозначив, как и ранее, объем понятия элемента до открытия гафния через  $V_3$ , а после его открытия через  $V_4$ , выразим происшедшую эволюцию менделеевского понятия элемента:

$$\underline{S}_7\underline{V}_3 \text{ превратились в } \underline{S}_8\underline{V}_3, \text{ а далее в } \underline{S}_8\underline{V}_4.$$

Примеры с открытием протактиния в 1918 г. и гафния в 1923 г. говорят о том, что в XX в. примат в эволюции познания элементов, редуцируемого в менделеевском понятии элемента, твердо перешел к содержанию понятия элемента. Объем понятия (круг известных элементов) расширялся уже не благодаря случайным открытиям, как это было еще в XIX в., а благодаря все более и более углубляющимся теоретическим представлениям, благодаря познанию новых сторон объекта (элементов) и законов, которым изучаемый объект подчиняется.

В табл. 11 отражено истолкование менделеевской периодической системы элементов с точки зрения квантовой и электронной теории.

Курсивом обозначены элементы, открытые в период 1918—1925 гг., а также квантовые характеристики электронных слоев и подгрупп. Число  $n$  (слева), совпадающее с номером периода, указывает общее число слоев в оболочке атома у элементов данного периода. Буквы  $s$ ,  $p$ ,  $d$  и  $f$  указывают электронные подгруппы, в которые вступает последний ( $Z$ -й) электрон в оболочке атома данного элемента, например 8-й электрон в атоме кислорода, добавляемый в конфигурацию из семи электронов. Буква  $s'$  (со штрихом) обозначает повторное заполнение  $s$ -подгруппы в данном периоде после того, как вступившие сюда электроны перегруппировались и перешли в  $d$ -подгруппу.

Все элементы, у которых  $Z$ -й электрон вступает в  $s$ - или  $p$ -подгруппу, образуют главные подгруппы элементов в системе Менделеева и помещаются в левой части клеток таблицы элементов; остальные элементы, у которых  $Z$ -й электрон вступает в  $d$ - или в  $f$ -подгруппу предыдущего слоя или же повторно заполняет  $s$ -подгруппу (после перегруппировки электронов), образуют побочные подгруппы в системе Менделеева и помещаются в правой части клеток таблицы элементов.

В отличие от табл. 10 и предыдущих таблиц редкоземельные элементы в табл. 11 помещены в одной клетке с лантаном (III—8), в столбце, отвечающем подгруппе  $f$ -электронов. Курсивом обозначено предсказанное Бором расположение гипотетических трансуранов. (Элементы с достройкой  $f$ -подгруппы соединены между собой пунктирной линией.)

В 1925—1926 гг. были сделаны два важных открытия, углубивших дальше новые представления о периодической системе Менделеева и о «месте» в ней элемента, а значит, углубивших и менделеевское понятие элемента. Прежде всего был открыт так называемый «спин» у электрона, характеризующий некоторое квантовое состояние частицы. Этот «спин» первоначально объясняли следующей механической моделью: подобно тому, как шарик может вращаться вокруг своей оси в двух направле-

ниях — по часовой стрелке и в обратном направлении, так и электрон, рассматриваемый как миниатюрный шарик, тоже может вращаться вокруг своей оси в том или другом из двух направлений. Поэтому «спин» электрона может иметь два значения. «Спин» стал играть роль четвертого квантового числа в характеристике атомов.

Вслед за тем швейцарский физик В. Паули сформулировал принцип, названный его именем и гласивший, что в атоме не может быть двух электронов с одинаковым набором всех четырех квантовых чисел. Этот принцип приводил к выводу, что в атоме инертного газа, которым заканчивается каждый период системы Менделеева, имеется столько «мест» для электронов, сколько возможно различных сочетаний из четырех квантовых чисел, которыми могут характеризоваться электроны данного атома. В атоме гелия (I период системы Менделеева) возможны только два таких различных сочетания квантовых чисел; поэтому в нем может быть не более двух электронов, а, значит, в самом периоде должны быть только два элемента, как это и есть на самом деле. И т. д.

Благодаря введению принципа Паули уточнялось понятие «места» электрона в атомной оболочке и соотносительный ему признак «места» элемента в системе Менделеева. «Место» электрона в атомной оболочке обрело как бы набор квантовых «координат», характерных для него и только для него, в отличие от других «мест» в оболочке, а «место» элемента в системе стало характеризоваться не только значением  $Z$ , но и совокупностью квантовых «координат», характеризующих каждый отдельный электрон в оболочке атома, стоящего на данном «месте» в системе Менделеева.

Все это способствовало дальнейшему углублению содержания менделеевского понятия элемента. Вместе с тем раскрывалось ведущее, направляющее значение менделеевской периодической системы элементов (с признаком «места» элемента) в развитии современного физического учения о строении атома. Нередко в принципе Паули физики видят только одну сторону, а именно то, что он объяснил периодическую закономерность у химических элементов. Между тем самое возникновение принципа Паули было обусловлено периодическим законом Менделеева, который явился не только полем для приложения принципа Паули, но и непосредственным источником, вызвавшим этот принцип к жизни. Это обстоятельство правильно подметил С. И. Вавилов. «Периодический закон в новой физической теории, — писал он, — явился не только материалом для объяснения, не только одной из многих теорем, вытекающих из общих положений теории квантов, но стал источником чрезвычайно важного постулата, так называемого принципа Паули, согласно которому в случае многих электронов в атоме каждое дозволенное теорией состояние может быть занято только одним электроном»<sup>1</sup>.

Установление принципа Паули на основе периодической системы элементов может служить блестящей иллюстрацией того, что развитие научного познания идет от менее глубокого содержания к более глубокому содержанию.

Обозначим через  $S_9$  содержание менделеевского понятия элемента после открытия «спина» и установления принципа Паули.

Общая преемственная линия в эволюции содержания менделеевского понятия элемента от 1871 г. до 1926 г. может быть представлена так: от первоначального содержания  $S_0$  (место) в 1871 г. развитие шло

<sup>1</sup> Труды Юбилейного Менделеевского съезда, т. II, 1937, стр. 10.



через углубление содержания до  $S_7$  (место + заряд ядра) в 1913 г. и далее к установлению нового, еще более обогащенного содержания  $S_9$  (место + заряд ядра + конфигурация электронов) в 1926 г. Во всех этих случаях, равно как и при формировании содержания  $S_7$  через  $S'_4$  и  $S_6$  на первом плане неизменно оставался ведущий, решающий признак менделеевского понятия (и определения) элемента — признак «места» элемента в периодической системе.

Таким образом, за истекшие 50 лет первоначальное менделеевское определение элемента (I) полностью сохранилось и вошло в качестве основы в последующие, более уточненные определения элемента. Поэтому можно сказать, что стержнем всей эволюции современного понятия элемента было последовательное развитие исходного менделеевского определения элемента «через закон», т. е. через «место» элемента в периодической системе, следовательно в конечном счете через периодический закон элементов. Здесь наглядно подтвердилось высказанное Менделеевым в 1880 г. положение, что «в мире идей, совершенно так же, как в материальном, «из ничего ничто не может создаваться»<sup>1</sup>. Другими словами, идеи появляются не внезапно и не случайно, неизвестно откуда, а развиваются одни из других, причем, и это самое главное, их развитие вызывается и стимулируется материальной практикой. Поэтому диалектико-материалистический взгляд на развитие и взаимосвязь научных теорий, понятий, представлений не имеет ничего общего с идеалистической концепцией развития познания как филиации идей.

Следует добавить, что наряду с химико-электрической трактовкой элемента в первой четверти XX в. получила развитие химико-геологическая его трактовка, которая привела в 1925 г. к открытию элемента, стоящего на «месте» № 75 и названного рением. Чтобы не вводить особого обозначения для содержания понятия элемента в его химико-геологической трактовке, обозначим это содержание без изменения через  $S_9$ ; объем же понятия элемента после открытия рения обозначим через  $V_5$ .

Представим теперь графически, как это было сделано выше, эволюцию менделеевского понятия элемента со стороны изменения его содержания и объема в первой четверти XX в. (см. схему III). Обозначения здесь те же, как и в схеме II. Расширение объема понятия элемента, совершающееся за счет открытия новых элементов, представлено как увеличение круга, выражающего графически объем понятия; углубление содержания понятия элемента, совершающееся за счет раскрытия его новых существенных признаков, представлено как распространение вглубь круга зачерненной части, выражающей графически содержание понятия. Признаки, первоначально еще не приведенные в связь с системой Менделеева и «местом» в ней элемента, показаны в виде обособленных концентрических кругов, расположенных внутри основного круга.

Здесь еще резче, чем это было, например, с открытием инертных газов, обнаруживается, каким путем новые признаки элементов, открываемые вначале независимо от периодического закона Менделеева, постепенно, по мере их все более и более глубокого изучения, обнаруживают свою связь с этим законом и вытекающим из него основным признаком элемента — его «местом» в периодической системе. В данном случае три великих открытия в физике, вызвавшие «новейшую революцию в естествознании» (х-лучи, радиоактивность и электрон  $e^-$ ), вначале никак не были связаны с периодическим законом. Лишь в 1913 г. с разных

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 288

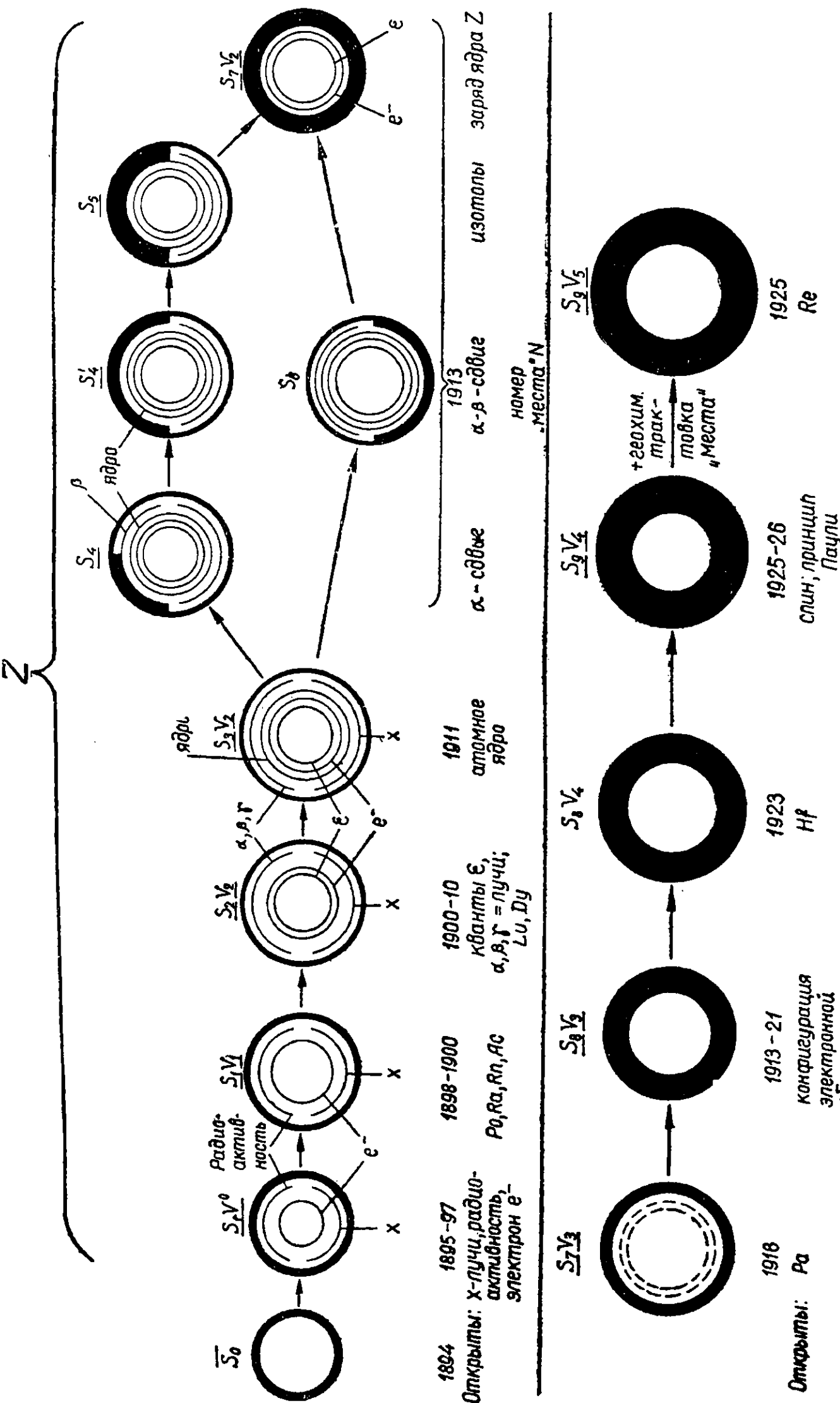


Схема III. Изменение содержания (S) и объема (V) менделеевского понятия элемента в первой четверти XX в. (Основа — заряд ядра Z)

сторон, последовательно стала раскрываться их связь с этим законом; соответственно этому новые признаки элементов, вытекавшие из этих открытий (разложимость, сложность и т. д.), постепенно обнаружили свою связь с основным признаком элемента — его «местом» в системе Менделеева; в конце концов они полностью слились с этим признаком, выступив в качестве различных форм физической конкретизации основного признака элемента, т. е. его «места» в системе Менделеева.

По мере того как химико-электрическая трактовка элемента делала все новые успехи, укрепилось убеждение, что атомный вес (масса) не играет вообще никакой роли в химическом поведении атомов. Казалось бы, что химизм атома почти целиком определяется наружными (валентными) электронами, в меньшей степени — электронами, входящими в более глубокие слои оболочки, и ни в какой степени (по крайней мере практически заметным образом) не определяется массой ядра.

Химико-электрическая трактовка элемента в ее одностороннем противопоставлении прежней, химико-механической его трактовке достигла наивысшего расцвета к началу 20-х годов XX в. Центром этой трактовки стало положение (VIII), которое рассматривалось как отрицающее нацело менделеевское положение (III). Химики и физики в подавляющем большинстве считали положение (III) полностью и окончательно отвергнутым.

В 1922 г. Бор писал, что «свойства элементов разделяются на два резко различных класса»; к одному из них относятся, в частности, химические свойства. «Эти свойства зависят от движения электронной системы и типа изменений этого движения, которые вызываются различными внешними воздействиями... Движение электронной системы зависит очень мало от массы ядра и определяется с большой точностью общим электрическим зарядом ядра. В частности, внутреннее строение ядра и способ распределения электричества и масс по отдельным частицам ядра может оказать только ничтожное влияние на особенности электронной системы, окружающей его».

Ко второму классу Бор отнес радиоактивные свойства, зависящие от ядра, следовательно, и от массы.

«Наши представления о строении атома дают, таким образом, непосредственное объяснение полного отсутствия связи между двумя классами свойств элементов»<sup>1</sup>.

Это резкое, а потому — метафизическое деление свойств элементов на зависящие и независящие от ядра, следовательно, и от массы признавалось тогда почти всеми физиками и химиками. Поскольку химические свойства оказывались, по Бору, среди свойств первого класса, они должны были считаться заведомо не зависящими от массы. Очевидным доказательством этого служили изотопы: у одного и того же элемента наблюдалась, казалось бы, абсолютная химическая тождественность всех его атомов при различии в их массе. Поэтому вполне логично Бор ссылался на изотопы как на подтверждение мнимой правильности его деления свойств элементов на два резко обособленных класса.

Признание полной химической тождественности изотопов у одного и того же элемента становилось, таким образом, опытной основой односторонней химико-электрической трактовки элементов. Ф. Панет, один из наиболее последовательных защитников этой односторонней трактовки, писал, что «атомный вес не есть характерная величина для элемента»<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Н. Бор, О строении атомов. Успехи физических наук, вып. 4, т. III, 1923, стр. 418.

<sup>2</sup> „Zeitschrift für physikalische Chemie“, т. 91, 1916, стр. 186.

и что такие различия, зависящие от ядра, как различия в радиоактивных свойствах, «значат для химика не больше, но даже еще меньше, чем различия в атомных весах»<sup>1</sup>.

«Следовательно,—писал в 1921 г. французский физик Ж. Перрен,— не атомный вес, а заряд ядра характеризует атом, элемент в химическом смысле»<sup>2</sup>.

В этих словах высказаны два положения, обозначенные нами выше, как (VIII) и (VI). Эти же положения защищались и позднее. В 1934 г. Л. Мейтнер говорила, что «место какого-либо элемента в этой (периодической.— Б. К.) системе, а с ним и химические его свойства, вполне определяются положительным зарядом атомного ядра или равным ему числом отрицательных электронов, расположенных в наружной электронной оболочке. Масса и строение атомного ядра при этом не играют роли... Таким образом, атомный вес не определяет однозначно природу химического элемента и не представляет собою его характерной константы, но является характерной постоянной атомного ядра... Для определения химического элемента достаточно одной единственной постоянной; таковой является число электронов, расположенных вокруг атомного ядра, ибо все химические процессы протекают внутри этих электронов, а массы и строение атомного ядра в этих процессах совершенно не принимают участия»<sup>3</sup>.

Таким образом, Л. Мейтнер даже еще в 30-х годах XX в. продолжала защищать все положения (VI), (VII) и (VIII), составившие основу химико-электрической трактовки элемента.

В самом начале второй четверти XX в. произошли новые открытия в физике, которые повели к пересмотру и преодолению односторонности господствовавшей в первой четверти XX в. химико-электрической трактовки элемента; спустя еще несколько лет, на исходе первой трети XX в., эта односторонняя трактовка элемента рухнула под влиянием нового подъема продолжавшейся революции в физике. В результате на смену химико-электрической концепции, метафизически превращенной некоторыми физиками в одностороннюю, пришла новая концепция, в которой глубже и полнее раскрывается по существу диалектический взгляд на химические элементы.

К 30-м годам XX в. период господства химико-электрической трактовки кончился. Начался переход к обоюдосторонней его трактовке с известным возвратом к прежним, менделеевским взглядам на роль массы в определении химизма и всей природы элемента.

<sup>1</sup> „Zeitschrift für physikalische Chemie, т. 91, 1916, стр. 188.

<sup>2</sup> Ж. Перрен, Атомы, стр. 229.

<sup>3</sup> Труды Юбилейного Менделеевского съезда, т. I, 1936, стр. 185.

## Глава XI

### ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ МЕНДЕЛЕЕВСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА В СВЯЗИ С ПЕРЕХОДОМ К ОБОЮДОСТОРОННЕЙ ТРАКТОВКЕ ЭЛЕМЕНТА

(Вторая четверть и середина XX в.)

В середине 20-х годов XX в. наступил новый этап «новой революции в естествознании» в связи с возникновением квантовой, или волновой, механики. Это событие, а в еще большей степени открытия начала 30-х годов XX в., в особенности открытие нейтрона и дейтерия, вызвали новую коренную ломку современного понятия элемента. Однако новая ломка существенно отличалась от предыдущей, которая происходила в течение предшествующей четверти века; в ходе предыдущей ломки дело сводилось к отрицанию прежнего менделеевского положения (III) в целом; теперь же речь шла не о том, чтобы полностью отвергнуть химико-электрическую трактовку элемента, а лишь о том, чтобы преодолеть ее односторонность путем частичного возврата к отвергнутой ранее химико-механической трактовке элемента. Поэтому развитие новой трактовки элемента мы можем проследить по тому, как на сей раз электрические свойства материи и признак  $Z$  не признавались более единственными определяющими признаками элемента и как в меру признания этого во все основные положения, характеризующие природу элемента, шаг за шагом проникало изгоняемое до тех пор из этих положений свойство массы атома или вообще частицы материи.

#### 1. НАЧАЛО ВОЗВРАТА К ПРИЗНАНИЮ МАССЫ В КАЧЕСТВЕ ОДНОГО ИЗ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПРИЗНАКОВ АТОМОВ И ЭЛЕМЕНТОВ

Уже в период создания квантовой, или волновой, механики (с 1924 г. по 1927 г.) во все ее фундаментальные уравнения вошла величина массы микрочастиц. В 1924 г. французский физик Луи де-Бройль высказал идею единства волновой и корпускулярной природы материи. Его основное уравнение связывало длину сопряженной волны  $\lambda$  с массой  $m$  материальной частицы и ее скоростью  $u$

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot u},$$

где  $h$  — планковская постоянная.

Следовательно, по де-Бройлю, длина волны, отвечающей материальной частице, обратно пропорциональна массе этой частицы  $m$ .

В 1926 г. был заложен фундамент квантовой механики. Основное ее уравнение, выражающее вероятность движения частицы и выведенное немецким физиком Э. Шредингером, связывало движение частицы с ее массой  $m$ :

$$\nabla^2\psi + \frac{8\pi^2m}{h^2}(E - U) = 0,$$

где  $\nabla^2$  — лапласовский оператор,  $E$  — полная энергия,  $U$  — потенциальная энергия.

В 1927 г. другим немецким физиком В. Гейзенбергом было установлено так называемое соотношение неточностей, лимитирующее точность одновременного определения скорости  $u$  и положения  $q$  частицы:

$$\Delta q \cdot \Delta u \sim \frac{h}{m}.$$

Следовательно, в соотношении неточностей ошибки, возникающие при одновременном определении положения ( $\Delta q$ ) и скорости ( $\Delta u$ ) частицы, связаны с ее массой  $m$ ; их произведение находится в обратном отношении к величине  $m$ .

Первые два из приведенных выражений являются фундаментальными; на их основе строится современная микромеханика; с ними тесно связано современное физическое учение о химической связи. Величины, определяющие свойства и движение электрона и находящиеся в зависимости от массы электрона  $m$ , характеризуют в квантово-механическом отношении движение тех электронов, которые участвуют при образовании химической связи между атомами. Теория валентности получила благодаря этому дальнейшее развитие.

Поскольку химические свойства атомов обуславливаются движением электронов (прежде всего, самых наружных, или валентных, электронов), а движение электронов подчиняется законам квантовой механики, то уже одно включение величины массы в основные уравнения квантовой механики прямо указывало на то, что масса частиц должна определенным образом влиять на химизм атомов.

То, что сказано об электроне, относится ко всем «элементарным» и сложным частицам — протону, ядру, атому, молекуле. Из приведенных выше выражений следует, что чем больше масса частицы, тем меньше длина сопряженной волны или тем меньше влияние соотношения неточностей. Поэтому, хотя влияние массы имеет место и у частиц, более тяжелых, чем электрон, но это влияние уменьшается по мере возрастания массы. Тем не менее в принципе можно было ожидать, что со временем обнаружится зависимость химических свойств элементов от их массы, т. е. от веса атома, другими словами, что обнаружится химическое различие у изотопов одного и того же элемента как следствие различия их атомных масс. Так это и произошло в действительности.

Следующий важный шаг в сторону признания недостаточности одной лишь электрической теории материи был сделан в 1931 г., когда Паули выдвинул гипотезу о существовании очень легкой электрически нейтральной частицы материи, которая была названа *нейтрино*. Выдвижение этой гипотезы было связано с необходимостью объяснить, каким образом сохраняется энергия при бета-распаде, т. е. при вылете электронов из радиоактивного ядра. Оказывалось, что электроны в среднем уносят только половину той энергии, которую теряет ядро. Тогда Паули предположил, что другую ее половину уносят нейтрино.

Очевидно, что нейтрино, не имея электрического заряда, но имея, по видимому, массу, хотя и исчезающе малую, должны были обладать

совершенно иной, не электромагнитной природой. Эта гипотетическая частица явилась уже четвертой «элементарной» частицей материи, открытой (точнее сказать, — предугаданной) начиная с 1897 г. Но первые три были либо электроразряженными (электрон и протон), либо хотя и не имели электрического заряда, но сами были электромагнитного происхождения (фотоны). Теперь же впервые было предположено существование частицы материи иного характера. Это уже прямо подрывало идею об исключительно электромагнитной природе всех физически «элементарных» видов материи.

Обозначим через  $S_0$  содержание понятия элемента в его химико-электрической трактовке, предшествовавшей рассмотренным открытиям, через  $\bar{S}_1$  — содержание понятия элемента, сложившееся после создания квантовой механики, а через  $\bar{S}'_1$  — после выдвижения гипотезы нейтрино. Развитие понятия элемента за это время можно представить как движение научного познания от менее глубокого содержания к более глубокому содержанию — от  $S_0$  к  $\bar{S}_1$  и от  $\bar{S}_1$  к  $\bar{S}'_1$ . Здесь мы уже начинаем отмечать букву  $S$  двумя чертами — сверху и снизу, дабы подчеркнуть начавшийся переход к обоюдосторонней трактовке элемента.

Решающий удар по односторонней химико-электрической трактовке элемента нанесли два физических открытия в 1932 г.: открытие дейтерия и открытие нейтрона. Оба эти открытия сыграли революционизирующую роль в смысле преодоления устаревшей уже к тому времени точки зрения, согласно которой в основе атомов лежат одни лишь электрические силы, а масса есть нечто вторичное, производное, зависимое от электрического состояния материи. Такая односторонняя точка зрения на природу атомов (и элементов) с особенной наглядностью выступила в беккеровской лекции Резерфорда, прочитанной в Королевском обществе в 1920 г. В ней было сделано предсказание дейтрона (ядра атома дейтерия) и нейтрона. «Кажется весьма правдоподобным, — говорил тогда Резерфорд, — что он — электрон — в состоянии связать также два ядра  $H$ , а может быть и одно ядро  $H$ . Первое предположение влечет за собой возможность существования атома с массой, примерно равной 2, несущего единичный заряд. Такой атом нужно рассматривать как изотоп водорода. В другом случае предполагается возможность существования атома с массой 1 и нулевым зарядом ядра... При определенных условиях не исключена возможность более тесного сочетания электрона с ядром  $H$  и образования своего рода нейтрального дублета»<sup>1</sup>.

Как видим, первоначальная идея нейтрона не противоречила тому, что в конечном счете природа атомов, природа вещества, в том числе и природа нейтрона, носит чисто электрический характер. Открытия 1932 г. не только поколебали, но и прямо подорвали это мнение физиков.

Об открытии американскими учеными (Юри и др.) дейтерия и химического различия у изотопов водорода подробно говорилось в первой части нашей книги.

Благодаря открытию дейтерия было опровергнуто метафизическое положение об абсолютной химической тождественности изотопов одного и того же элемента и была начата ликвидация проведенной Бором резкой грани между свойствами атомов, зависящими от ядра и его массы, и их свойствами, не зависящими от него и целиком обусловленными конфигурацией электронной оболочки. Химические различия между  $H^1$  и  $H^2$  при одинаковой конфигурации электронной оболочки зависели только

<sup>1</sup> «Успехи физических наук», вып. 1, т. XIX, 1937, стр. 33.



от различия масс обоих изотопов водорода. Попытка некоторых физиков объявить изотопы водорода исключением из общего правила не увенчалась успехом, так как аналогичные различия, хотя и менее резкие, были вскоре обнаружены у изотопов других легких элементов. Положение, что химические свойства элемента определяются исключительно зарядом  $Z$ , ставшее догмой, обнаружило свою относительность. Прежней химико-электрической трактовке был нанесен серьезный удар. Физики и химики вынуждены были признать справедливость забытого и отвергнутого ими предостережения Менделеева, которое было сделано за 60 лет до открытия дейтерия. Менделеев предупреждал тогда, что нельзя категорически утверждать, будто химическое притяжение зависит не от массы, а только от валентности (или, как потом стали говорить, — от валентных электронов). «Очевидно, что химическая энергия есть функция не только атомных расстояний, но и весов, и притом довольно сложная»<sup>1</sup>, — писал тогда Менделеев.

Открытие дейтерия блестяще подтвердило справедливость предвидения Менделеева. Оказалось, что действительно химическое притяжение «отчасти обусловлено массой», как на этом настаивал Менделеев. Но разумеется, это был не простой возврат к старой химико-механической трактовке элемента в той ее форме, в какой ее защищали химики XIX в., противопоставляя ее тогдашней химико-электрической трактовке.

Возврат к признанию роли массы в определении химического действия атомов происходил с удержанием всего положительного и ценного, что было накоплено физикой и химией в течение первой четверти XIX в. Более того, по сравнению с влиянием электронной конфигурации в атоме влияние различий масс изотопов было несравненно менее значительным, так что первенствующая роль оставалась за электрическими зарядами, за величиной  $Z$ . Значение открытия дейтерия состояло в том, что известную долю влияния на химизм атомов пришлось приписать и массе. Если до открытия  $H^2$  заряд  $Z$  был «монополистом» по части определения химических свойств элемента, то теперь его роль несколько ограничилась; атомный вес в какой-то степени прорвал монопольное положение заряда ядра<sup>2</sup>.

В еще большей степени оказало влияние на современное понятие элемента в смысле пересмотра его прежней трактовки, сводившей природу элемента только к электричеству, открытие нейтрона. Нейтрон оказался частицей, обладающей примерно той же массой, как и протон, но не имеющей электрического заряда. Это была уже пятая по счету «элементарная» частица, найденная физиками.

Уже сама подготовка открытия нейтрона, а затем и его открытие имели в качестве своей предпосылки отказ от признания чисто электромагнитной природы материи. Еще в 1930 г. было обнаружено особого рода излучение, исходившее из ядер берилля, а также лития и бора, которые подвергались бомбардировке альфа-частицами. Физики предполагали сначала, что обнаруженное излучение («бериллиевое излучение») носит электромагнитный характер подобно гамма-излучению радиоактивных веществ. Но выдающиеся французские физики Ирен (дочь великого польского ученого) и Фредерик Жолио-Кюри доказали, что новое излучение носит отнюдь не электромагнитный характер; далее они же обнаружили, что это излучение способно выбивать протоны (ядра

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 106.

<sup>2</sup> По этому поводу имеется интересная статья С. А. Щукарева «О значении атомного веса для характеристики химических элементов». Труды Юбилейного Менделеевского съезда, т. II, 1937, стр. 355—362.

водорода) из углеводородов (парафина), причем с такой энергией, какую не могло бы сообщить электромагнитное излучение. Из этих открытий логически следовал вывод, что новое излучение, будучи неэлектромагнитной природы, состоит из частиц особого рода — тяжелых, но электронейтральных. Такой вывод и был сделан в 1932 г. английским физиком Дж. Чадвиком.

Одновременно с этим у современных физиков-теоретиков возникла мысль, что в ядре нет готовых, т. е. свободных, электронов, что ядро состоит не из частиц, несущих положительные и отрицательные заряды электричества, но только из протонов и нейтронов. Так возникла идея об истинном составе атомного ядра.

Согласно этой новой идее ядро образовано электроположительными и электронейтральными частицами; поэтому силы взаимодействия между частицами внутри ядра не могут быть электрического характера, а природу массы нельзя трактовать в том смысле, что она в общем случае является электромагнитной по своему происхождению. Со всей резкостью встал вопрос о двойной характеристике атомного ядра, следовательно, и самого атома, а значит и элемента, по величине заряда  $Z$  и по величине массы, точнее — массового числа  $A$ . Если значение  $Z$  показывает число протонов в ядре, то значение  $A$  показывает суммарное число протонов и нейтронов; разность  $A - Z$  дает число нейтронов. Соотношение всех этих величин: массы и заряда, нейтральных и заряженных частиц — составляет основу для характеристики ядра. Если согласно прежней, химико-электрической трактовке элемента для определения элемента требовалось знание одной постоянной  $Z$ , как это выражено в положении (VII), то «для характеристики атомного ядра, наоборот, необходимы две постоянные: вес и положительный заряд ядра... То обстоятельство, что... необходимы две постоянные, можно рассматривать как указание, что атомные ядра построены из двойного рода элементарных частичек... Такими первоначальными частичками являются протоны и нейтроны»<sup>1</sup>.

Современная систематизация атомных ядер строится, поэтому, на основе двухкоординатной системы; в качестве одной координаты служит обычно значение  $Z$  (число протонов), в качестве другой — значение  $A$  (общее число протонов и нейтронов) или значение  $A - Z$  (число нейтронов), или же то, или иное отношение этих чисел. Можно сказать так, что одна из координат выражает разрез, отражающий электрические свойства ядра, другая — разрез, отражающий его общую массу, или же те, или иные соотношения между массой и электрическим зарядом.

Таким образом, систематизация элементов прошла последовательно следующие три стадии:

1) В последней трети XIX в. определяющим признаком считалась масса, или атомный вес  $\bar{A}$ , представляющий, как теперь известно, среднее от массовых чисел  $A$  изотопов, присутствующих в определенных пропорциях. Поэтому можно записать, что при химико-механической трактовке элемента: *средний атомный вес  $\bar{A}$  есть основа для систематизации элементов (a)*.

2) В первой трети XIX в. определяющим признаком элемента считался заряд ядра  $Z$ . Отсюда можно сформулировать, что при химико-электрической трактовке элемента: *заряд  $Z$  есть основа для систематизации элементов (b)*.

3) В настоящее время, после открытия нейтрона, роль массы (точнее массового числа  $A$ ) обнаружилась вновь; поэтому для распределе-

<sup>1</sup> Труды Юбилейного Менделеевского съезда, т. I, 1936, стр. 186.

ния элементов и их разновидностей (изотопов) в периодической системе необходимо учитывать не только  $Z$ , как определяющий признак элемента, но и  $A$ , как определяющий признак изотопа. Отсюда следует, что при обоюдосторонней трактовке элемента: заряд  $Z$  и массовое число  $A$  суть основа для систематизации элементов и их разновидностей (с).

Для того, чтобы лучше продемонстрировать различие всех трех положений как основ для систематизации элементов, составим соответствующую диаграмму (см. ниже). Будем на оси ординат  $y$  откладывать

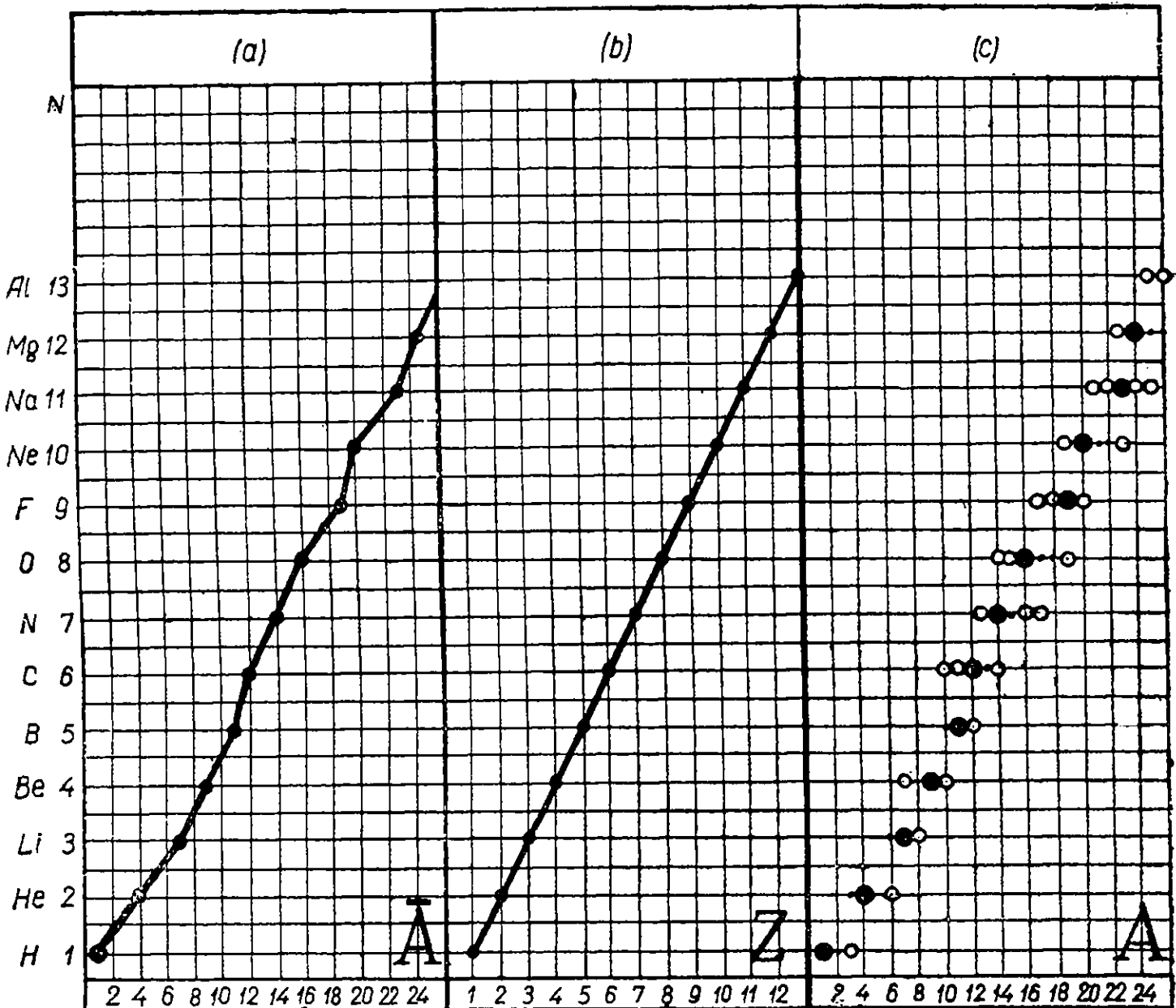


Диаграмма зависимости (а) среднего атомного веса элементов  $\bar{A}$ , (б) заряда ядра  $Z$  и (с) массовых чисел отдельных изотопов  $A$  от номера „места“ элемента в системе Менделеева  $N$ .

признак места элемента в системе в его количественном выражении (т. е. его номер  $N$ , равный  $Z$ ), а на оси абсцисс  $x$  другие физические величины — средний атомный вес элемента  $\bar{A}$ , заряд ядра  $Z$  или массовые числа изотопов  $A$ . Тогда получим следующие три диаграммы: (а) на оси  $x$  отложены значения  $\bar{A}$  элементов; (б) на оси  $x$  отложены значения  $Z$ ; (с) на оси  $x$  отложены значения  $A$  для отдельных изотопов. В последнем случае большим черным кружком изображен наиболее распространенный изотоп данного элемента, кружками поменьше и точками — остальные стабильные его изотопы, белыми кружками — его радиоактивные изотопы. На первой диаграмме (а) изображена ломаная линия (неправильной формы, местами похожая на зигзагообразную), поднимающаяся вверх по мере перемещения по периодической системе с места на место (слева направо). На второй диаграмме (б) изображена

прямая линия, поднимающаяся несколько менее круто. На третьей диаграмме (с) вместо поднимающейся линии изображена поднимающаяся более или менее широкая полоса; если при этом размеры точек изображать пропорционально доле изотопа, то полоса получается резкой в середине и размытой по краям. Новая картина на диаграмме (с) относится к первоначальной картине на диаграмме (а) так, словно мы взглянули на линию, которую считали ломаной линией, через увеличительное стекло и разглядели, что это не резкая линия, а целая область, целая полоса, которая лишь в среднем, при общем нерасчлененном взгляде на нее, создает впечатление резкой линии.

Так эволюционировал принцип систематизации элементов, к которым в XX в. присоединились их разновидности — изотопы. Налицо здесь был определенный возврат к прежним менделеевским взглядам на роль массы, такой возврат, который происходил при удержании всего ценного, достигнутого с помощью химико-электрической трактовки элемента. Обозначив через  $\bar{S}_2$  содержание менделеевского понятия элемента, достигнутое после открытий 1932 г., можно сказать, что развитие этого понятия шло от содержания  $\bar{S}_1$  к содержанию  $\bar{S}_2$ .

Основа современного понятия элемента, выраженная в менделеевском определении элемента через его «место» в периодической системе, оставалась все время неизменной. Это видно хотя бы из того, что во всех трех описанных выше диаграммах осью абсцисс служит один и тот же коренной признак элемента — его «место» в системе Менделеева. Таким образом, эволюция современного понятия элемента шла так, что основа понятия оставалась все время той же, обогащаясь все новыми и новыми признаками, подтверждающими ее. Другими словами, центральное менделеевское положение (I), дополненное положением (V), гласившим, что «место» определяет атомный вес, действительно явилось осью всей эволюции менделеевского понятия элемента. Понятие элемента развивалось от менее глубокого содержания к более глубокому, но развивалось так, что исходное его определение «через периодический закон», т. е. положение (I), неизменно сохранялось в силе. Такова была диалектика развития менделеевского понятия элемента.

Говоря об открытиях ядерной физики 1932 г., надо добавить еще следующее: в этом году впервые была осуществлена ядерная реакция не с помощью продуктов естественного радиоактивного распада, т. е. не с помощью альфа-частиц, а с помощью искусственно ускоренных протонов. Тем самым ядерная физика перестала зависеть от применения редких и дорогостоящих радиоактивных веществ. Вскоре после этого обнаружилось, что ускоренные ядра дейтерия (дейтрона) могут служить еще более эффективными искусственными средствами для осуществления ядерных реакций, чем протоны.

В истории современного учения о веществе 1932 год является столь же знаменательным, как и 1913 год. Оба эти года служат крупными вехами в развитии атомной и ядерной физики.

## 2. ПРОДОЛЖЕНИЕ ВОЗВРАТА К ПРИЗНАНИЮ ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЙ РОЛИ МАССЫ

В 1933 г. американским физиком Андерсоном была открыта шестая «элементарная» частица — антиэлектрон, или позитрон ( $e^+$ ). При этом обнаружилось, что позитрон крайне недолговечен: встречаясь с электроном, он как бы сливается с ним, так что обе электрически заряженные частицы исчезают, превращаясь в фотоны. Вскоре выдающийся французский физик Ф. Жолио-Кюри открыл обратный этому процесс.

когда в поле ядра фотоны превращались в пару противоположно заряженных электрических частиц — электрон и позитрон. Это явление было названо «рождением пары». Взаимное превращение электрических частиц и частиц света (фотонов) свидетельствовало о том, что электрический заряд не есть какое-то вечное, изначальное свойство материи, что он может исчезать и появляться вновь и что, следовательно, он характеризует собою лишь одно из физических состояний материи. Но масса при этих превращениях сохранялась, хотя и меняла свою качественную форму: из «массы покоя» (какой она была у электрона и позитрона) она превращалась в «массу движения» у фотонов — при уничтожении «пары» и из массы движения в массу покоя — при их рождении. Это наводило на мысль о том, что по крайней мере для «элементарных» частиц свойство массы является более основным, более фундаментальным, нежели их электрический заряд, который к тому же отсутствует вовсе у трех из шести таких частиц — у фотона, нейтрино и нейтрона.

Таким образом, и эти новые открытия били в одну и ту же точку: они требовали отказа от односторонней, чисто электрической теории материи и признания определяющей роли массы наряду с электрическим зарядом. Другими словами, они требовали перехода к обоюдосторонней трактовке элементарных физических и химических видов материи — «элементарных» частиц, ядер и атомов, а значит, и к обоюдосторонней трактовке элемента.

В 1934 г. И. и Ф. Жолио-Кюри открыли явление искусственной радиоактивности у легких элементов: излучение типа бета-минус (вылет электронов) и бета-плюс (вылет позитронов); это новое открытие с такой резкостью поставило вопрос о необходимости коренного пересмотра существовавших ранее взглядов на роль массы в характеристике атомного ядра, следовательно и элемента, что отстаивать старые химико-электрические воззрения на элементы стало просто невозможно. Уже ранее было известно, что при радиоактивном распаде тяжелых элементов изменение заряда ядра может происходить двояким путем: с сохранением основной массы ядра (бета-излучение) и со значительной потерей его массы (альфа-распад). При атомных номерах  $N$ , больших, чем 84 (и массовых числах  $A$ , больших, чем 218), преобладает альфа-распад; так, например, в каждом из трех семейств естественной радиоактивности на пять случаев альфа-распада приходится только по два случая бета-распада. Соотношение обоих родов радиоактивного распада меняется с уменьшением  $Z$  (и, соответственно, —  $A$ ) в пользу бета-распада. Для членов семейств с  $Z$  от 81 до 84 и с  $A$  от 210 до 216 на три-четыре случая альфа-распада в каждом семействе приходится столько же случаев бета-распада. Это означает, что с уменьшением  $Z$  и  $A$  относительно уменьшается число случаев спонтанного распада элементов, где меняется не только электрический заряд ядра, но и его масса; соответственно с этим по мере уменьшения  $Z$  и  $A$  растет относительное число случаев, когда спонтанный распад элементов происходит путем изменения одного лишь заряда ядра при сохранении суммарной массы  $A$  (с поправкой, разумеется, на дефект массы в силу известного закона взаимосвязи массы и энергии).

Значение открытия искусственной радиоактивности легких элементов заключалось, в частности, в том, что здесь имеет место исключительно один только бета-распад (со знаком плюс или минус), другими словами, относительно возраставшее число случаев распада с сохранением массы здесь окончательно оттеснило число случаев распада, происходящих с изменением массы и заряда одновременно. Рассмотрим, например, радиоактивный фосфор  $P$ . Его заряд  $Z = 15$ ;  $P^{29}$  и  $P^{30}$  — бета-плюс радио-

активны (испускают позитроны);  $P^{32}$  — бета-минут радиоактивен (испускает электроны);  $P^{31}$  устойчив<sup>1</sup>. Это означает, что только при массе  $A = 31$  элемент  $P$  устойчив. Иначе говоря, этой массе соответствует лишь одно значение:  $Z = 15$ . Если при данном  $Z = 15$  значение массы  $A$  будет больше или меньше 31, то ядро становится неустойчивым. Тогда возникает необходимость такого изменения отношения  $Z/A$ , чтобы дробь  $Z/A$  уменьшилась, если  $A$  было меньше 31, или чтобы она увеличилась, если  $A$  было больше 31. Когда аналогичное неустойчивое состояние создавалось у тяжелых элементов, то нарушенное равновесие восстанавливалось так, что либо менялся один заряд  $Z$  (числитель дроби  $Z/A$ ), либо  $Z$  и  $A$  (числитель и знаменатель дроби одновременно). Поэтому трудно было сказать, какая из двух величин,  $Z$  или  $A$ , играет более фундаментальную, определяющую роль, какая из них регулирует процесс изменения дроби  $Z/A$  и тем самым определяет границы устойчивости элемента.

В случае искусственной радиоактивности легких элементов этот вопрос получил свое исчерпывающее разъяснение. У «радиофосфоров»  $P^{29}$ ,  $P^{30}$ ,  $P^{32}$  масса  $A$  оставалась постоянной; но так как заряд  $Z$  оказывался несоответствующим ей по своей величине, то менялся именно заряд  $Z$ , а не масса  $A$ . Соотношение между  $Z$  и  $A$  изменялось в нужном направлении единственным путем, т. е. путем уменьшения или увеличения значения  $Z$  через соответствующее бета-излучение, следовательно, при сохранении величины  $A$ . Конкретно говоря, «радиофосфоры»  $P^{29}$  и  $P^{30}$ , значение  $Z$  у которых выходило за границу устойчивости ядра при данной  $A$ , уменьшали  $Z$  на единицу путем выбрасывания позитрона (и нейтрино), т. е. путем того, что один ядерный протон как бы «разряжался» и превращался в нейтрон. Общая масса ядра  $A$  оставалась прежней (с поправкой на дефект массы), но элемент фосфор ( $Z=15$ ) превращался в элемент кремний ( $Z=14$ ), стоящий на соседнем от него месте слева. Происходил сдвиг элемента налево при сохранении массы  $A$ .

Напротив, если масса  $A$  превышала границу устойчивости данного элемента, т. е. данного  $Z$ , то происходил бета-минус распад, излучался электрон, другими словами, происходило как бы «заряжение» одного ядерного нейтрона путем выбрасывания электрона (и нейтрино) и превращение нейтрона в протон. В таком случае  $Z$  возрастал на единицу, и элемент превращался в свой изобар справа. Так,  $P^{32}$  путем бета-минус распада превращается в атом серы той же массы  $A = 32$ .

В свою очередь, если соседние с фосфором элементы имеют при данном их заряде  $Z$  несоответствующую массу, они могут таким же точно путем переходить в фосфор, изменяя  $Z$ , но сохраняя массу  $A$ . Так, кремний  $Si^{31}$  ( $Z = 14$ ,  $A = 31$ ), имеющий массу  $A$ , большую, чем необходимо для устойчивости  $Z = 14$ , через бета-минус излучение переходит в устойчивый  $P^{31}$ . Другой сосед фосфора, сера  $S^{31}$  ( $Z = 16$ ,  $A = 31$ ), напротив, имеет массу  $A$ , меньшую, чем требуется для устойчивости  $Z=16$ ; соответственно этому путем бета-плюс излучения он уменьшает свой  $Z$  и переходит в тот же  $P^{31}$ .

Рассмотренные примеры говорят о следующем: масса  $A$  является более фундаментальным и определяющим свойством ядра, а следовательно, и элемента, чем заряд  $Z$ , ибо в случае несоответствия между  $Z$  и  $A$  меняется один только  $Z$ , тогда как  $A$  остается постоянной. Следовательно, выходит так, как если бы масса  $A$  была фундаментальным свойством, регулирующим электрическое состояние ядра, т. е. его заряд  $Z$ . В зависимости от величины массы  $A$  заряд может уменьшаться или расти, тогда как обратного процесса не происходит: масса  $A$  не меняется,

<sup>1</sup> Сверху у символа  $P$  стоит массовое число изотопа  $A$ .



когда заряд требует для своей устойчивости ее уменьшения или роста. Поэтому можно сказать, что масса  $A$  выступает по отношению к заряду  $Z$  как его физический аргумент, а заряд  $Z$  по отношению к массе  $A$  ведет себя, как ее физическая функция, т. е. как зависимая от массы величина.

Таким образом по-новому воскрешается мысль Менделеева об определяющей роли массы в характеристике элемента; в свое время Менделеев указывал, что при всех изменениях в состоянии вещества атомный вес остается постоянным и переходит вместе с самим элементом без изменений из одного его состояния или соединения в другое. Теперь то же можно сказать и о массовом числе  $A$ : оно остается в случае радиоактивности легких элементов постоянным и переходит без изменения из одного электрического состояния ядра в другое, т. е. сохраняется при изменении  $Z$ , следовательно, при превращении самих элементов.

Все это говорит о том, что во всяком случае нельзя игнорировать роль массы в характеристике элемента. Если химические свойства элемента определяются по преимуществу наружными валентными электронами и первенствующую роль при определении их конфигурации, как и конфигурации всей электрической оболочки атома, играет заряд  $Z$ , то по отношению к заряду  $Z$  столь же решающую роль играет масса  $A$ , которая определяет границу устойчивости  $Z$ , а тем самым и границы устойчивости элемента. Эту зависимость можно выразить в форме следующего положения:

*А определяет устойчивость  $Z$ , а значит — и элемента, поскольку  $Z$  есть определяющий признак элемента (IX).*

Последующие годы принесли ряд открытий в области ядерной физики, которые способствовали укреплению и развитию нового взгляда на элементы. В 1935 г. группой советских физиков во главе с И. В. Курчатовым было открыто явление ядерной изомерии у элементов с искусственной радиоактивностью; было найдено, что радиоактивный изотоп атома брома  $\text{Br}^{80}$  имеет две разновидности, обладающие различным запасом внутренней энергии (а значит, и массы — в силу закона взаимосвязи массы и энергии). Оказалось, что период полураспада одного ядерного изомера  $\text{Br}^{80}$  равен 4,4 часам, а другого — 18 мин. Это открытие свидетельствовало о том, что различие между атомами одного и того же элемента может быть обусловлено не только различием их массовых чисел  $A$ , но и менее значительным различием массы ядер при одинаковом их массовом числе. В связи с этим еще больше возростала роль массы в характеристике атомов и элементов.

В 1937 г. был открыт новый вид радиоактивных превращений, названный  $K$ -захватом. Это явление совершается так, что один из электронов, находящихся в первом от ядра слое, называемом также  $K$ -слоем, захватывается ядром. Поэтому по своим результатам  $K$ -захват равносителен бета-плюс распаду (излучению одного позитрона), следовательно, уменьшению заряда  $Z$  на 1. По предположению, прежняя аномалия периодической системы Менделеева, состоящая в том, что более тяжелый аргон ( $A_r=39,9$ ) помещается перед более легким калием ( $K=39,1$ ), а не после него, объясняется следующим образом: в атомах изотопа калия с массовым числом 40 ( $K^{40}$ ) происходит  $K$ -захват, вследствие чего изотоп калия превращается в изотоп аргона ( $A^{40}$ ).

Явление  $K$ -захвата, подобно явлению искусственной радиоактивности у легких элементов, свидетельствовало в пользу определяющей роли массы: при данной массе 40 заряд 19 становится неустойчивым. Благодаря этому силы притяжения электрона ядром превышают действующие между ними силы отталкивания, электрон притягивается и поглощается.



ядром, заряд последнего уменьшается, но значение его массового числа остается без изменения.

В табл. 12 представлены важнейшие открытия ядерной физики, сделанные в течение пятилетия с 1932 г. по 1937 г. (кроме позитрона, мезона и превращения «пар»). Открытие химической делимости изотопов водорода показано жирной чертой, разделяющей их массовые числа 1 и 2. Открытие нейтрона показано как обнаружение у бериллия особого рода излучения неэлектромагнитного характера. Открытие искусственной радиоактивности легких элементов изображено как создание двух новых изотопов у фтора с  $\beta^+$  ( $F^{18}$ ) и  $\beta^-$  ( $F^{20}$ ) распадом. Открытие К-захвата отмечено как установление способности ядра изотопа  $K^{40}$  поглощать электрон  $e^-$  и переходить в  $Ar^{40}$ . Открытие ядерной изомерии показало, как обнаружение двух разновидностей у  $Bg^{80}$  с двумя различными периодами полураспада. Так неуклонно обогащался определяющий признак менделеевского понятия элемента — «место» элемента в системе Менделеева.

Дальнейший подрыв монополярного положения электромагнитной трактовки материи совершался в связи с развитием новой протонно-нейтронной модели ядра. Возникал вопрос о природе взаимной связи структурных частиц внутри ядра, т. е. о природе внутриядерных сил. Было очевидно, что эти силы не могут быть электромагнитной природы, хотя бы уже по одному тому, что в состав ядра входят частицы не электромагнитного характера — нейтроны. К тому же эти силы должны быть значительно более мощными, чем те, которые возникают между электрическими зарядами. В 1934 г. советские физики И. Е. Тамм и другие выдвинули идею, что внутриядерные силы обусловлены тем, что тяжелые частицы, входящие в ядра, осуществляют свое взаимодействие при помощи легких частиц как передатчиков внутриядерного взаимодействия частиц.

Год спустя, в 1935 г., японским ученым Юкава было высказано предположение о существовании физической частицы с зарядом, равным заряду электрона, но с массой, во много раз превышающей массу электрона. В 1937 г. такая частица действительно была открыта Блэккетом в космических лучах и получила название сначала «тяжелого электрона», а затем «мезона», или «мезотрона». Это была уже седьмая по счету «элементарная» частица, открытая после 1897 г. С ее открытием значение массы в характеристике частиц материи еще больше повысилось. Подобно тому, как различие между протоном и дейтроном, равно как между протоном и позитроном только в массе, но не в их электрическом заряде, так и различие между электроном и отрицательным мезоном тоже только в массе, но не в их электрическом заряде.

Таким образом, возврат к признанию определяющей роли массы совершался в прямой связи с открытием и изучением «элементарных» частиц. Помимо открытых ранее «элементарных» частиц (фотона, электрона, протона, нейтрона, позитрона и гипотетического нейтрино), были открыты три вида новых частиц — мезонов: отрицательной мезон («тяжелый электрон»), положительный мезон и нейтральный мезон («нетретьто»). Образовалось три группы «элементарных» частиц (не считая полей): легкие, полутяжелые (мезоны) и тяжелые (нуклеоны). При этом изменился взгляд на взаимоотношения «элементарных» частиц, входящих в одну и ту же группу. Так, например, протон и нейтрон физики стали рассматривать не как две разные «элементарные» частицы, а как одну частицу (нуклеон), находящуюся лишь в различных состояниях: электрозаряженном и нейтральном. При переходе из одного состояния в другое масса нуклеона остается почти без изменения. Можно было по-

этому сказать, что не масса есть нечто производное от электрического заряда, возникающее в результате его движения, а скорее электрический заряд есть состояние определенной массы. Частица данной массы может потерять этот заряд, изменить свое состояние, не переставая обладать массой того же порядка, следовательно, оставаясь той же частицей (нуклеоном).

Таким образом было установлено, что самый фундамент вещества составляет не одни только электрически заряженные частицы материи, как думали физики до 1932 г., но и нейтральная масса. Более того, позднее для каждой группы «элементарных» частиц (легких, полутяжелых, тяжелых), не говоря уже о физических полях, было установлено существование электронейтральной формы частиц, иногда, правда, пока еще только гипотетической: нейтрино в группе легких частиц, нейтретто в группе полутяжелых частиц (мезонов), нейтрон в группе тяжелых частиц (нуклеонов). В силу этого можно было развить положение о том, что в общем случае наличие электрического заряда или его отсутствие не есть фундаментальный признак «элементарной» частицы, но есть лишь ее состояние, способное к перемене: тяжелая частица (нуклеон) может существовать в двух состояниях — нейтральном и заряженном положительно; полутяжелая частица (мезон) в трех состояниях — нейтральном и двух электрически заряженных (противоположных по знаку заряда); легкая частица — в тех же трех состояниях. На новый лад подтвердилось прежнее положение Менделеева, что «при всей перемене в свойствах простых тел (в данном случае «элементарных» частиц. — Б. К.), в свободном их состоянии, нечто остается постоянным...»<sup>1</sup>.

Этим материальным нечто, относящимся не к состоянию отдельного простого тела, а к самому элементу, является, по Менделееву, атомный вес, или масса.

Разумеется, в новых условиях нет прямого возврата к трактовке Менделеева, нет простого повторения его мысли, что неизменная масса составляет фундаментальное свойство элементов. Напротив, в силу закона взаимосвязи массы и энергии убыль или прибыль энергии происходит в строго определенном количественном соотношении с убылью или прибылью массы, поскольку энергия неразрывно связана с массой. Однако порядок значения массы остается постоянным: например, при переходе нейтрона в протон сохраняется значение массы порядка одной атомной единицы, которая является признаком нуклеона в любом его состоянии; следовательно, в настоящее время можно и нужно говорить не о постоянстве значений массы, но о постоянстве пределов, в которых происходит ее изменение для данного рода «элементарных» частиц.

Можно сказать, что на новый лад повторяется еще одна мысль Менделеева о различии между элементом (который характеризуется определенным значением массы) и простым телом как формой существования элемента, как его изменчивым состоянием. Роль элемента выполняет теперь тип «элементарных» частиц (нуклеон, мезон и др.), роль простого тела — отдельная конкретная «элементарная» частица — нейтральная или заряженная электричеством того или иного знака.

Обозначив через  $\bar{S}_3$  содержание понятия элемента, сложившееся в 1933—1934 гг., а через  $\bar{S}_3'$  — в 1935—1937 гг., можно сказать, что его развитие шло от менее глубокого содержания  $\bar{S}_2$  к более глубокому  $\bar{S}_3$  и к еще более глубокому  $\bar{S}_3'$ .

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 8.

### 3. ЭВОЛЮЦИЯ МЕНДЕЛЕЕВСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА ПОСЛЕ 1937 г.

Рассмотрим теперь общий характер эволюции учения об элементах после физических открытий 1937 г. Прежде всего отметим, что в 1937 г. во Франции был открыт среди веществ, обладающих естественной радиоактивностью, новый элемент с  $Z=87$ , названный францием (см. табл. 12).

	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1		${}^1_1\text{H}^{1/2}$							
2	2	3	$(\pi^0)$ ${}^4_2\text{Be}$	5	6	7	8	$\xleftarrow{\beta^+} \text{}^9_9\text{F} \xrightarrow{\beta^-}$ 18,20	
3	10	11	12	13	14	15	16	17	
4	${}^{40}_{18}\text{Ar}$	${}^{40}_{19}\text{K}$	20	21	22	23	24	25	26 27 28
5		29	30	31	32	33	34	${}^{80}_{35}\text{Br}$ 44 1801	
6	36	37	38	39	40	41	42	43	44 45 46
7		47	48	49	50	51	52	53	
8	54	55	56	57-71	72	73	74	75	76 77 78
9		79	80	81	82	83	84	85	
10	86	${}^{87}_{87}\text{Fr}$	88	89	90	91	92		

Табл. 12. Открытия ядерной физики, сделанные в 1932—1937 гг.

Это был последний элемент из числа обнаруженных до сих пор в естественных условиях. В системе Менделеева оставались теперь пустыми только три клетки с  $Z$ , равным 43, 61 и 85. Однако эти элементы, будучи неустойчивыми, в природе не могли встретиться. Поэтому, единственный путь их открытия состоял в том, чтобы приготовить их искусственно при помощи ядерных реакций, т. е. при помощи воздействия альфа-частицами, дейтронами, протонами или нейтронами на ядра соседних с ними (по системе Менделеева) элементов. Таким путем в течение 1938—1940 гг. были «открыты», т. е. синтезированы искусственно, упомянутые три элемента: Tc ( $Z=43$ ), Pm ( $Z=61$ ) и At ( $Z=85$ ).

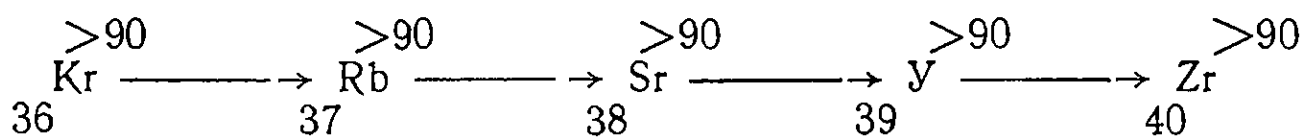
«Открытие» новых элементов путем их синтеза коснулось пока что только таких «мест» в системе Менделеева, которые располагались внутри ее первоначальных границ (т. е. между  $Z=1$  и  $Z=92$ ).

Тем не менее был найден принципиально новый, дотоле невиданный и дотоле практически невозможный путь заполнения системы Менделеева новыми элементами. Невозможным этот путь был ранее потому,

что, во-первых, технические средства для проведения такого рода экспериментов были еще весьма слабы, необходимы же были способы для получения частиц с большой энергией для осуществления соответствующих ядерных реакций, а, во-вторых, еще слабо была разработана теоретическая сторона дела, без которой немислимо осуществление сложнейших ядерных процессов, вызываемых физиками-атомниками.

«Открытие» новых элементов путем их синтеза может служить ярким примером того, как содержание понятия элемента, в котором обобщаются и резюмируются все более и более углубляющиеся знания химических элементов, становится ведущим, как оно влечет за собой, по мере своего углубления, возможность расширения объема этого понятия. Это мы можем выразить, если обозначим через  $V_0$  объем понятия элемента, каким он был в начале второй четверти XX в. (после открытия рения), а через  $\bar{V}_1$  — его объем после открытия Tc, Pm и At. Тогда мы сможем сказать, что  $\bar{S}_3' V_0$  превратились в  $\bar{S}_3' \bar{V}_1$ .

Эволюция менделеевского понятия элемента продолжалась дальше. Открытие нейтрона повлекло за собой открытие новых типов ядерных реакций, начальная фаза которых состояла в искусственном увеличении значения  $A$  с вытекающим отсюда нарушением соотношения  $Z/A$ . В результате изучения реакции воздействия нейтроном на ядра самых тяжелых элементов, а именно на ядра урана, в 1939 г. немецким физиком О. Ганом был открыт новый тип ядерных превращений — деление ядер. Весьма интересно отметить, что поведение продуктов деления (вторичное бета-излучение осколков ядра) целиком подтверждает предыдущие рассуждения и положение (IX). Так, например, осколок ядра урана с массой  $A$ , большей, чем 90 ( $A > 90$ ), претерпевает последовательный ряд бета-минус излучений, причем масса осколка остается все время постоянной, как бы регулируя собою значение  $Z$ . Так как при сдвиге элемента с конца системы в ее середину соотношение  $Z/A$  оказывается смещенным в сторону преувеличения  $A$ , то происходит цепочка бета-радиоактивных превращений, сводящихся к последовательному возрастанию  $Z$  (т. е. к излучению электронов). Например, в случае деления ядра урана на криптон и барий, криптон ведет себя так:



Здесь внизу слева у символа стоит значение  $Z$ . Так как  $Z$  каждый раз возрастает на единицу, то это означает, что каждый раз происходит одно бета-минус излучение. Такой же процесс происходит и с барием.

Таким образом, регулирующая, определяющая роль массы  $A$  не ограничивается верхней областью периодической системы, где расположены легкие элементы, но распространяется и на среднюю область системы, где расположены полутяжелые элементы. Существенно и то, что даже при очень резком нарушении соотношения  $Z/A$  в сторону преувеличения  $A$ , равновесие восстанавливается здесь лишь путем изменения  $Z$  (электрического состояния ядра), но не путем изменения его массы  $A$ , хотя бы для этого требовалось несколько последовательных бета-распадов.

Более того, на основании всего, что сейчас известно, можно сказать, что даже самое появление качественно новых ядерных и радиоактивных превращений, отличных от бета-распада, происходит на определенной ступени количественного увеличения массы. Так, например, изотопы со свойством альфа-радиоактивности появляются впервые в конце средней

части менделеевской системы у самария ( $Z = 62$ ,  $A = 152$ ) (полутяжелый элемент). В этой части системы этот тип распада является пока еще одиночным явлением.

Начиная с полония ( $Z = 84$ ,  $A = 208$ ), альфа-распад делается типичным для радиоактивных превращений, причем бета-плюс излучение (выбрасывание позитронов) в нижней части системы Менделеева, у тяжелых элементов, стоящих после свинца, уже не наблюдается. Это означает, что, начиная с массы  $A = 204$  и выше, уменьшение заряда  $Z$  при неизменном  $A$  может происходить только путем  $K$ -захвата или же оно должно совершаться путем одновременного уменьшения также и массы. Изменение заряда ядра как бы начинает увлекать с собой и часть массы. С дальнейшим ростом массы  $A$ , о чем уже говорилось выше, растет относительная доля альфа-превращений по сравнению с бета-превращениями. Наконец, в самом конце системы у некоторых изотопов тория, урана, плутония при искусственном увеличении их массы  $A$  на единицу, при действии на них нейтронами происходит еще один новый тип превращения — деление ядра. В 1940 г. было открыто советскими физиками К. А. Петржаком и Т. Н. Флеровым явление спонтанного деления урана, происходящее в самой природе.

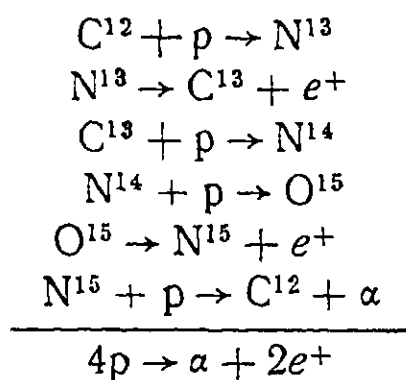
Из всего сказанного можно сделать следующее заключение: для области элементов с малыми и средними массами типичным и характерным является бета-распад (изменение заряда  $Z$  при сохранении массы  $A$ ). Для области элементов с большими массами специфическим, типичным становится альфа-распад. Для области элементов со сверхбольшими массами, стоящими в самом конце периодической системы на границе устойчивости элементов вообще, специфически характерным делается деление ядер. На каждой следующей (высшей стадии) сохраняются и предшествующие черты: в области тяжелых элементов сохраняется  $K$ -захват и бета-минус распад; в области сверхтяжелых элементов сохраняется  $K$ -захват, бета- и альфа-распад. Но важно, что появление качественно новых типов превращений элементов связано с количественным ростом их массы  $A$ ; при этом прямое включение массы в радиоактивные изменения в меньшей (альфа-распад) или в большей (деление) степени есть также следствие ее количественного возрастания. Таким образом, здесь мы имеем новый пример превращения количественных изменений в качественные, происходящие в природе.

Открытие деления тяжелых ядер позволило объяснить еще одну прежнюю аномалию периодической системы Менделеева, связанную с атомными весами теллура и йода. По предположению, в результате деления тяжелых ядер должны образовываться в качестве конечных продуктов этого деления более тяжелые изотопы теллура ( $\text{Te}^{128}$  и  $\text{Te}^{130}$ ), что и обуславливает наличие у теллура такого среднего атомного веса, который превышает атомный вес йода.

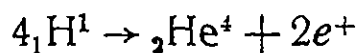
В 1942 г. советским физиком А. П. Ждановым было открыто явление полного расщепления ядер некоторых элементов под воздействием космических лучей. Так, например, ядро серебра распадалось на все 47 входящих в него протонов и, повидимому, на все входящие в него нейтроны.

Развитие ядерной физики шло не только в сторону все более глубокого изучения реакций расщепления и распада атомных ядер, в частности ядер тяжелых элементов, но и в сторону изучения реакций синтеза ядер легких элементов. Особый интерес представляет открытие реакции синтеза ядра гелия (альфа-частицы) из четырех ядер водорода (протонов). Такая реакция протекает при очень высокой температуре в глубинах Солнца и звезд и служит источником излучаемой ими энергии; она называется термоядерной (водородной) реакцией.

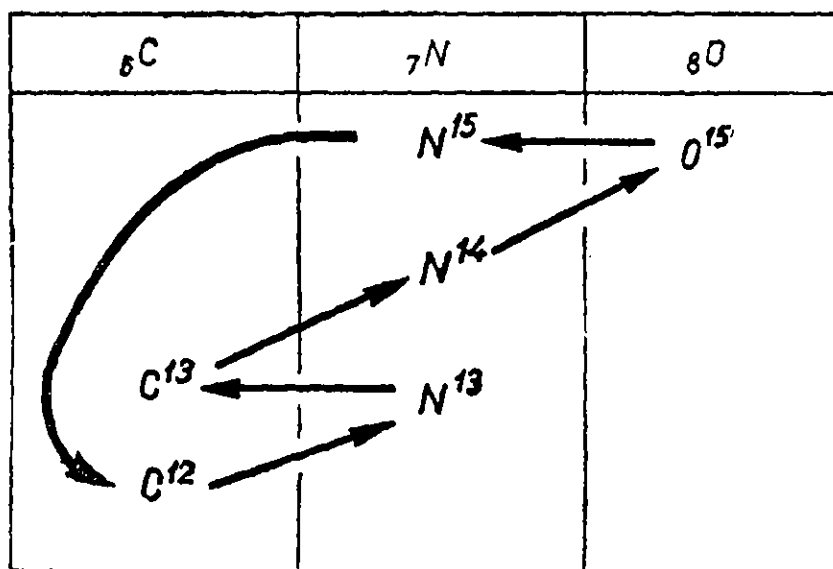
В 1939 г. физик Бете нашел, что шесть последовательно протекающих ядерных реакций образуют собой определенный цикл, т. е. приводят к исходному ядру, с которого начался данный процесс. Итогом такого цикла («цикла Бете») является образование ядра гелия ( $\alpha$ ) из четырех протонов ( $p$ ) с выделением двух позитронов ( $e^+$ ) и огромного количества энергии. Эти реакции протекают следующим образом:



Этот итог можно записать еще иначе:



Самый же цикл можно изобразить как шесть последовательных «сдвигов» по периодической системе Менделеева:



Здесь наклонные стрелки изображают реакцию присоединения протона, горизонтальные — бета-распад, а дугообразная стрелка изображает реакцию выделения альфа-частицы после воздействия протона на ядро.

Новейшие открытия ядерной физики, последовавшие за открытием нейтрона, чрезвычайно обогатили содержание понятия элемента. Эволюция понятия элемента шла от содержания менее глубокого к содержанию все более глубокому, причем все яснее обнаруживалось, что углубление содержания понятия элемента выступает как первичное, определяющее по отношению к росту его объема. Как мы уже говорили выше, открытие новых закономерностей, сторон и свойств у элементов (в части их атомных ядер) позволяло уже не просто отыскивать в природе существующие, но неизвестные еще нам элементы, но и готовить их заново, искусственно, по нашему желанию. Так, в 1940 г. были созданы синтетически не найденные еще в самой природе на Земле первые два новых элемента (трансурана), занявшие «места» за прежними пределами системы Менделеева: нептуний ( $Z = 93$ ) и плутоний ( $Z = 94$ ).

Обозначим, как и раньше, содержание понятия элемента, существовавшее до 1926 г., через  $S_0$ , достигнутое к 1937 г. — через  $S'_3$ ; обозначим

далее его содержание, достигнутое к 1940 г. (т. е. после открытия деления ядер), через  $\bar{S}_4$  и достигнутое к 1942 г.— через  $\bar{S}'_4$ . Далее, обозначим объем понятия элемента, существовавший до 1932 г. через  $V_0$ , а достигнутый к 1940 г.— через  $\bar{V}_1$  и достигнутый к 1942 г.— через  $\bar{V}_2$ . Тогда эволюцию понятия элемента, вызванную открытиями 1932—1937 гг., можно сжато изобразить так:

$$\bar{S}_0 V_0 \text{ превратились в } \bar{S}'_3 V_0.$$

(Объем понятия элемента не расширился, поскольку до 1937 г. не было открыто новых элементов, хотя были открыты новые структурные и «элементарные» частицы и новые свойства элементов.)

В 1937 г., как уже было сказано выше, был открыт франций в качестве продукта естественной радиоактивности. Последовавшее затем «открытие» (приготовление) новых элементов, занимающих «места» внутри системы Менделеева, с помощью более глубоких представлений об элементах и знания более совершенных способов воздействия на них означало дальнейшее расширение объема понятия «элемент»:

$$\bar{S}'_3 V_0 \text{ превратились в } \bar{S}'_3 \bar{V}_1.$$

Здесь прирост объема понятия произошел исключительно благодаря предшествующему углублению его содержания. Иначе синтез новых элементов был бы невозможен.

То же самое, но только в еще большей степени, относится и к последующему этапу развития ядерной физики. Открытие деления ядер и овладение этим процессом, резюмированные в небывалом углублении содержания понятия элемента, явились необходимой предпосылкой синтеза первых трансурановых элементов. Весь этот познавательный процесс сжато можно выразить в виде соответствующего изменения объема и содержания понятия элемента:

$$\bar{S}'_3 \bar{V}_1 \text{ переходит в } \bar{S}_4 \bar{V}_1 \text{ и, далее, в } \bar{S}_4 \bar{V}_2 \text{ и в } \bar{S}'_4 \bar{V}_2.$$

В табл. 13 отражены открытия ядерной физики, сделанные в 1938—1942 гг. Открытие деления ядра урана представлено в виде двух стрелок, исходящих от урана к двум первичным осколкам, образующимся при делении его ядра — бария и ксенона. (Как известно, в качестве первичных продуктов деления урана могут возникать и другие элементы с зарядами  $Z$  и  $92 - Z$ .) Открытие спонтанного деления урана выражено тем, что массовое число изотопа урана 235 изображено курсивом. Образование более тяжелых изотопов теллура в качестве конечных продуктов деления тяжелых ядер изображено так, что слева от них стоят стрелки, указывающие, что эти изотопы образовались в результате вторичного бета-минус-распада, а сами массовые числа 128 и 130 отмечены жирным шрифтом. Открытие полного расщепления ядер изображено пунктирным подчеркиванием порядкового числа у Ag. Цикл Бете изображен соответствующими стрелками у C, N и O и у H и He.

В 1945—1946 гг. были синтезированы еще два новых трансурановых элемента — Am ( $Z = 95$ ) и Cm ( $Z = 96$ ), а в 1950 г. — еще два Bk ( $Z = 97$ ) и Cf ( $Z = 98$ ).

Главная роль в этих открытиях принадлежала американскому физiku Сиборгу и его сотрудникам. Вместе с тем обнаружилось, что все трансураны, а также все ранее известные элементы, занимающие в системе Менделеева «места» после актиния ( $Z = 89$ ), образуют семейство актиноидов, аналогичное семейству редкоземельных элементов.



	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	0
1							H <sup>1</sup> 1		He <sup>4</sup> 2
2				13 12	15 14 13	15			
3	11	12	13	6 C 14	7 N 15	8 O 16	9		10
4	19	20	21	22	23	24	25	26 27 28	18
5	29	30	31	32	33	34	35		36 Kr
6	37	38	39	40	41	42	43 Tc	44 45 46	
7	47 Ag	48	49	50	51	52 Te 128 130	53 J 127		54
8	55	56 Ba	57-71 Pm	72	73	74	75	76 77 78	
9	79	80	81	82	83	84	85 At		86
10	87	88	89	90	91	92 U 235	93 Np	94 Pu	

Табл. 13. Открытия ядерной физики, сделанные в 1938—1942 гг.

В самое последнее время в США были «открыты», т. е. синтезированы, еще три новых элемента, имеющих порядковые номера большие, чем у калифорния: элемент № 99, названный «эйнштейнием» (Ei), элемент № 100, названный «фермием» (Fm), и элемент № 101, названный в честь Менделеева «менделевием» (Mv). Название «менделевий» символизирует собою ту высокую и вполне заслуженную оценку, которую дают американские ученые и вообще ученые всего мира заслугам нашего великого соотечественника перед мировой наукой. Вместе с тем это название свидетельствует о том, что, наряду с признанием решающего значения для развития всей современной ядерной физики открытия радия, сделанного супругами Кюри, в честь которых один из трансурановых элементов был назван «кюрием», не менее важное значение приписывается и открытию периодического закона Менделеевым, ибо этот именно закон составил общую теоретическую основу прогресса всего современного учения об атомах и химических элементах.

То же можно сказать об открытиях выдающихся физиков Эйнштейна и Ферми, в честь которых названы элементы  $Z = 99$  и  $Z = 100$ .

«Открытие» сто первого элемента, названного именем великого русского химика, как бы подытоживает длительный путь развития современного учения о веществе с момента открытия периодического закона в 1869 г. и до сегодняшнего дня, а вместе с тем подытоживает эволюцию понятия «химический элемент», которая совершалась в неразрывной связи с экспериментальными открытиями и развитием теоретических представлений в данной области.

Несомненно, что успехи современной ядерной физики приведут в скором времени к синтезированию новых элементов с порядковыми номерами, большими, чем № 101. Но тот факт, что сто первое место в периодической системе элементов занимает отныне «менделевий», навсегда останется наглядным свидетельством законного признания значения открытия периодического закона для развития ядерной физики и, в частности, для дела синтеза новых элементов.

Эволюция понятия элемента происходит и в настоящее время.

Обозначив вновь достигнутое в 1956 г. содержание понятия элемента через  $\bar{S}_5$ , а его объем — через  $\bar{V}_3$ , мы можем кратко изобразить эволюцию понятия элемента за время после 1942 г. так:

$$\bar{S}_4 \bar{V}_2 \text{ превратились в } \bar{S}_5 \bar{V}_3.$$

В табл. 14 отражено включение в систему Менделеева вновь синтезированных трансуронов и образование семейства актиноидов.

Можно изобразить графически эволюцию понятия элемента со стороны его содержания и объема, как это уже делалось раньше (см. схему IV). Обозначения здесь те же, что и на предыдущих схемах.

Определяющую роль во всех случаях играет содержание понятия элемента; иначе говоря, сначала меняется содержание этого понятия, а за ним и в зависимости от него — его объем. Для установления такой зависимости имеются свои материальные причины. Знание законов природы, овладение сущностью явлений выражаются в углублении содержания соответствующих научных понятий, в которых резюмируются наши знания о предмете. Но именно эти знания законов природы ложатся в основу соответствующих технических, материальных приемов, которыми человек воздействует на вещество. Пока речь шла о нахождении элементов в природе, открытие элементов могло происходить более или менее случайным образом; в силу этого сначала расширялся объем понятия элемента, а затем вновь открытые элементы позволяли углублять знания свойств элементов. Так обстояло дело до открытия Менделеева.

В последней четверти XIX в. дело существенным образом изменилось. Знание периодического закона, т. е. углубленное содержание понятия элемента, вело мысль исследователей-химиков и направляло ее на открытие новых элементов. Однако наряду с этим сохранялся отчасти и прежний путь, когда сначала находились независимо от периодического закона новые элементы (расширялся объем понятия элемента); это позволяло затем найти новые свойства и признаки у элементов и тем самым углубить содержание понятия элемента и всего учения о периодическом законе. Последнее же способствовало открытию еще новых элементов; следовательно, в свою очередь, углубление содержания понятия элемента вело к расширению его объема. Это мы видели на истории открытия инертных газов и введения нулевой группы в систему Менделеева. В значительно большей степени это повторилось и в XX в. в истории открытия радиоактивных элементов и закона сдвига. Однако во второй трети XX в. в силу того, что открытие новых элементов означало уже не просто нахождение готовых веществ в природе, а искусственное приготовление их заново, случайное расширение объема элементов (круга известных элементов) было заранее исключено. Только на основе все более и более глубокого проникновения в сущность элементов и все более полного раскрытия закономерностей ядерных превращений и строения ядра могла возникнуть самая возможность синтетического получения новых элементов. Материальная практика опиралась на знание законов ядерной физики; в понятии же элемента эти законы выступали и резю-

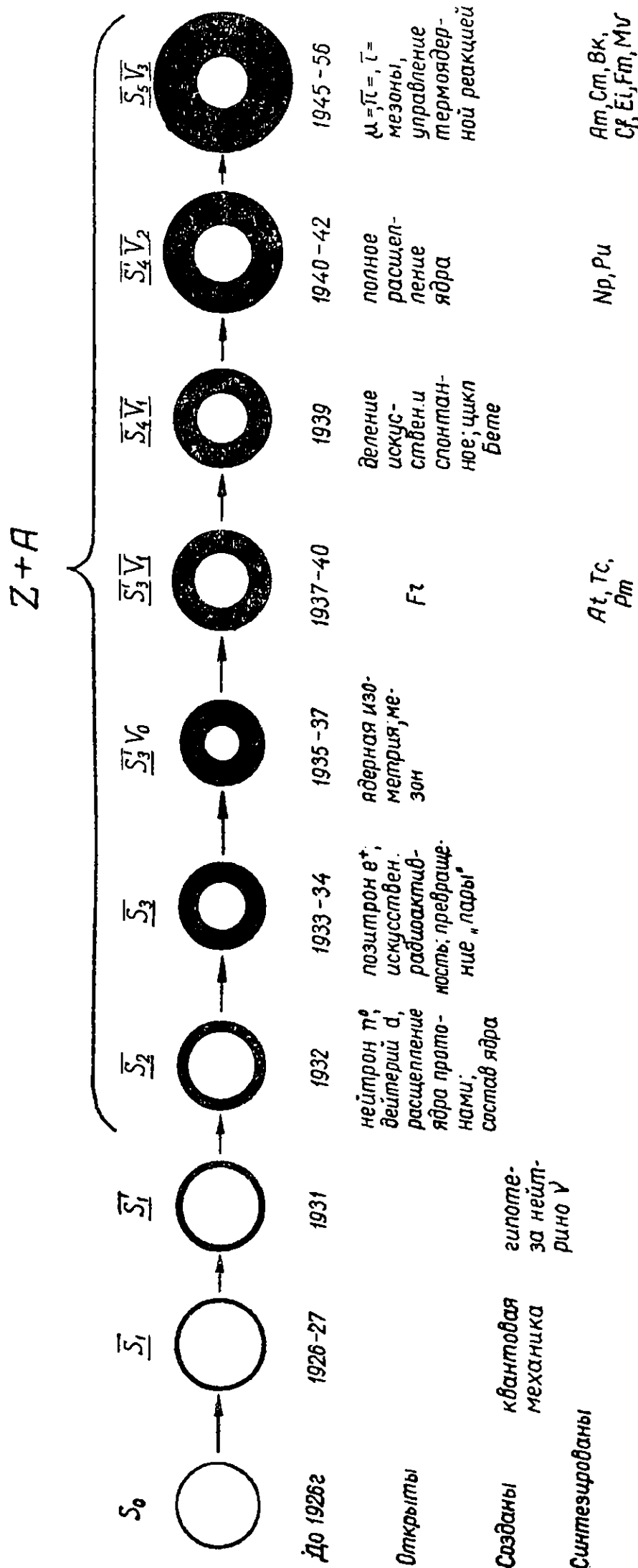


Схема IV. Изменение содержания (S) и объема (V) менделеевского понятия элемента во второй четверти и середине XX в. (Основа — заряд ядра Z и массовое число A)

	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1		1							
2	2	3	4	5	6	7	8	9	
3	10	11	12	13	14	15	16	17	
4	18	19	20	21	22	23	24	25	26 27 28
5		29	30	31	32	33	34	35	
6	36	37	38	39	40	41	42	43	44 45 46
7		47	48	49	50	51	52	53	
8	54	55	56	57-71	72	73	74	75	76 77 78
9		79	80	81	82	83	84	85	
10	85	87	88	89 Ac 90 Th 91 Pa 92 U 93 Np 94 Pu 95 Am 96 Cm 97 Bk 98 Cf 99 Es 100 Fm 101 Md					

Табл. 14. Выделение семейства актиноидов в системе Менделеева (1945—1950 гг)

мировались как углубление его содержания. Поэтому по отношению к росту объема понятия элемента его содержание могло играть и по необходимости стало играть роль примата, поскольку такая роль принадлежит практике по отношению к нашему познанию вообще.

В итоге всех открытий физики, начиная со второй четверти XX в., и особенно — ядерной физики, обнаружилось, что менделеевская «периодическая система элементов» действительно представляет собой отображение истории развития химических элементов, их атомов и ядер, причем обнаруживалось это несравненно более полно и глубоко, чем раньше.

Характеризуя общие пути развития современной физики в связи с интересующим нас вопросом, С. И. Вавилов составил следующий список новых фундаментальных фактов, имеющих принципиальное значение:

«1. Строение молекул, атомов и атомных ядер определяется квантовыми законами.

2. Силы, сдерживающие составные части ядра (нейтроны и протоны), имеют особую, до сих пор не выясненную природу, отличаясь от сил электромагнитных и гравитационных.

3. Свет обладает волновыми и корпускулярными свойствами.

4. Частицы вещества, так же как и свет, имеют двойную корпускулярную и волновую природу.

5. Частицы вещества могут превращаться в свет и обратно»<sup>1</sup>.

По поводу этих фундаментальных открытий физики Вавилов писал: «Такой список мог бы привести в оцепенение физика XIX в. Не абсурд ли единство корпускулярных и волновых свойств материи? Как может свет превращаться в вещество?»

Требуется большая сосредоточенность и внутренняя борьба с укоренившимися привычками обыденного мышления, чтобы спокойно рассмотреть и обдумать раскрывающиеся перед нами явления и согласиться, что перед нами не абсурд, а действительная природа во всей ее диалектической сложности и подвижности. Она не может испугать физика, действительно твердо стоящего на почве диалектического материализма»<sup>2</sup>.

Сказанное полностью относится и к современному состоянию менделеевского понятия «химический элемент».

#### 4. ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ ХАРАКТЕР РАЗВИТИЯ МЕНДЕЛЕЕВСКОГО ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА

Из предыдущего рассмотрения истории менделеевского понятия элемента мы можем сделать вывод, что развитие этого понятия носило ясно выраженный диалектический характер. Мы отметим две его стороны, в которых раскрывается диалектика его развития: а) скачкообразный характер его развития и б) противоречивый характер его развития.

**Скачкообразный характер развития понятия элемента.** Развитие менделеевского понятия элемента с самого его возникновения протекало и протекает в настоящее время не как простой количественный рост, но как такой процесс, при котором на известной ступени количественных изменений закономерно возникает коренное, качественное изменение, возникает нечто новое; возникновение нового происходит не как плавный процесс, а скачкообразно, путем перерыва количественной постепенности предшествующей эволюции. Характеризуя диалектический взгляд на развитие, Ленин писал:

«Развитие скачкообразное, катастрофическое, революционное; — «перерывы постепенности» — превращение количества в качество»<sup>3</sup>.

Ленин решительно возражал против идеи плоской эволюции, когда развитие сводится к плавному, строго количественному процессу роста и увеличения, искусственно «очищенному» от революций и скачков, и когда в связи с этим подчеркивается лишь одна сторона в развитии научных идей, а именно — преемственность между старыми и новыми взглядами.

История естественнонаучных понятий, в том числе понятия элемента, доказывает ограниченность чисто эволюционистской точки зрения и необходимость рассмотрения развития науки с диалектической точки зрения. Последняя предполагает, что в мышлении происходят свои скачки, свои революции, свои переходы количественных изменений в качественные. Эти скачки и революции носят названия научных открытий. Об одном из таких величайших открытий в истории человеческой мысли, об открытии марксизма, А. А. Жданов говорил:

<sup>1</sup> Философские вопросы современной физики, изд. АН СССР, 1952, стр. 13.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> В. И. Ленин, Маркс, Энгельс, марксизм, 1946, стр. 13

«Конечно, как и всякое открытие, как и всякий скачок, перерыв постепенности, всякий переход в новое состояние, оно, это открытие, не могло произойти без предварительного накопления количественных изменений»<sup>1</sup>.

Подчиняясь тому же закону диалектики, шло развитие менделеевского понятия элемента. Открытие Менделеевым периодического закона и образование на его основе современного понятия элемента явилось крупнейшим скачком, подлинной революцией в развитии химии и физики XIX в. Но это открытие не было случайным; оно было подготовлено предшествующей эволюцией химической науки и самой практики, подготовлено тем, что в течение нескольких десятилетий постепенно накапливались количественные изменения, касавшиеся представлений об атомных весах элементов и данных о соотношениях между атомными весами сходственных элементов, а также сведений о редких элементах; оно было подготовлено тем, что непрерывно шло усовершенствование приемов экспериментального исследования вещества. Об этом подробно рассказано в «Фарадеевском чтении» Менделеева. Когда запас сведений достиг достаточного объема, произошло внезапное глубокое изменение в содержании самого понятия элемента, быстро и коренным образом изменилось представление об элементах под влиянием сделанного Менделеевым открытия периодического закона. Как было объяснено выше, Менделеев решительно разрушил первый и второй пункты старого, метафизического представления об элементах (признание полной независимости элементов; истолкование их природы в духе механицизма) и утвердил вместо разрушенных пунктов старых воззрений краеугольный камень новых воззрений на элементы (признание взаимной, органической, закономерной связи между всеми элементами; признание скачкообразности перехода от одного элемента к другому). Самое открытие периодического закона, сделанное Менделеевым, произошло именно скачкообразно, т. е. так, как происходят революции, завершающие собой предшествующую эволюционную подготовку. Оно представило собой переход количественных изменений в качественные, и этим качественным изменением в понятии элемента явилось возникновение нового, менделеевского понятия элемента, основанного на признаке «места» элемента в периодической системе.

Точно так же происходили в дальнейшем и другие скачки в развитии понятия элемента; один из них произошел на рубеже XIX и XX вв. благодаря начавшейся «новейшей революции в естествознании»; он так же был подготовлен в течение предшествующих десятилетий разработкой электрохимии, учения об электричестве, оптики, термодинамики и других отраслей физики и химии. Но открытия в физике 90-х годов XIX в. не были простым, плавным продолжением этих работ, а являлись подлинной революцией, которая была подготовлена предшествующими ей работами и завершила собою их результаты. Аналогично этому и в истории современного понятия элемента произошла такая же революция, круто изменившая старый взгляд на элементы, вызвавшая, по выражению Ленина, «крутую ломку» старых понятий. Суть этой революции во взглядах на элементы состояла, как было показано выше, в том, что третий, центральный пункт старых, метафизических воззрений на элементы был разрушен до основания (признание неизменности элементов) и вместо него был воздвигнут прямо противоположный ему пункт новых воззрений, признававший изменчивость элементов.

Соответственно с этим столь же резким, скачкообразным путем была отвергнута в относительно короткий срок старая, химико-механи-

<sup>1</sup> «Вопросы философии», 1947, № 1, стр. 258.

ческая трактовка элемента и утверждена новая, химико-электрическая трактовка элемента. Эта смена воззрений происходила столь быстро и решительно, затрагивала такие коренные вопросы естествознания, что Ленин справедливо именовал этот процесс *революцией* в естествознании.

Наконец, новая волна грандиозных открытий, последовавшая в физике в начале второй четверти XX в., вызвала новый подъем революции в естествознании. Этот новый скачок в истории физики был так же, как и оба предыдущие, подготовлен предшествующими работами в различных областях физики, которые выступили по отношению к нему как накопление количественных изменений в науке. Перейдя в качественное изменение, эти количественные изменения вызвали коренной переворот во взглядах физиков на свой объект, вызвали, как мы видели, смену прежней электромагнитной картины мира новой, квантово-механической. Эта смена произошла столь же революционным путем, каким сменилась на рубеже XIX и XX вв. старая, механическая картина мира электромагнитной. Теперь очередь пришла за этой последней. Началась смена прежней, уже устаревшей, односторонней химико-электрической трактовки элемента новой, обоюдосторонней, учитывающей не только электрические (заряд  $Z$ ), но и механические (масса  $A$ ) свойства и отношения у элементов.

Открытия последнего времени, повидимому, покажут еще более сложную физическую картину мира, в которой должна раскрываться природа внутриядерных сил, природа «элементарных» частиц и, возможно, природа массы.

Мы говорили до сих пор о крупных скачках в развитии физики и химии, о коренных переворотах в естественнонаучных взглядах на мир, о смене одной физической картины мира другой, качественно от нее отличной. Но в промежутках между этими крупными скачками и в ходе самих этих крупных скачков («внутри» них) происходили и происходят более мелкие скачки; через эти более мелкие скачки реализуются крупные скачки. Так, например, крупный скачок от старой, химико-механической трактовки элемента к новой, химико-электрической его трактовке включал в себя несколько менее крупных скачков, каковыми были, например, три открытия 90-х годов XIX в. (рентгеновы лучи, радиоактивность, электрон); открытия начала XX в. (открытие и измерение светового давления, создание теории квантов, открытие фотона); открытие 1911 г. (атомное ядро); пять открытий 1913 г. (порядковый номер, закон сдвига, изотопия, заряд ядра, электронная модель атома); открытия 1916 г. (электронные теории валентности); открытие 1919 г. (искусственное расщепление элементов); открытие 1921 г. (усовершенствованная модель атома, объясняющая закономерности периодической системы); открытие 1925—1926 гг. («спин», принцип Паули) и многое другое.

Каждая группа этих скачков представляет собой достаточно выдающиеся сами по себе открытия; каждое из них влекло за собой углубление содержания понятия элемента, качественно обогащая его новыми признаками, в которых отражались новые стороны и свойства, открытые у элементов, или же общие закономерности, которым подчиняется вещество. Каждое такое открытие подготовлялось эволюционно и происходило в результате определенного накопления количественных изменений в данной области науки.

В свою очередь рассмотренные, менее крупные скачки включали в себя целый ряд сравнительно мелких скачков. Так, например, открытие изотопии включало в себя: открытие химического тождества у ряда радиоактивных продуктов; открытие совпадения «места» элемента после



трех последовательно совершившихся (в любом порядке) радиоактивных превращений — одного альфа- и двух бета-излучений; открытие «метанеона» и другие открытия. С другой стороны, открытие нового закона природы или создание новой естественнонаучной теории предполагает проверку их на практике путем опытного подтверждения вытекающих из них следствий. Поэтому история открытия Менделеевым периодического закона охватила собой не только начальный момент (1869—1871 гг.), но и последующие открытия трех элементов (1875—1886 гг.); каждое из этих открытий было более мелким скачком «внутри» большого скачка, каким было открытие периодического закона от первого предположения о существовании закономерной связи между элементами до утверждения этой мысли в форме общепризнанного закона.

Точно так же история открытия закона сдвига не ограничивалась 1913 годом, но захватила и 1918 год, когда на основании этого закона был открыт протактиний; аналогично создание усовершенствованной модели атома в 1921 г. и последовавшее на ее основе открытие графния составляют звенья одного и того же общего скачка, одного и того же научного открытия.

В свою очередь, каждый более мелкий скачок может быть также представлен состоящим из еще более мелких скачков, вплоть до установления отдельного нового факта в физической лаборатории или зарождения отдельной новой мысли в голове ученого.

Перефразируя известные слова Энгельса, можно сказать, что в развитии познаний природы, как и в самой природе, нет скачков и именно потому, что оно слагается сплошь из скачков. Наглядным примером этого может служить история менделеевского понятия элемента.

Говоря о переходе количественных изменений в качественные в области истории физико-химических воззрений и понятий, необходимо пояснить, что мы принимаем здесь за качественную сторону развития, а что — за его количественную сторону. Коренное изменение в понятии элемента означает прежде всего изменение и углубление его содержания. Именно качественная сторона развития понятия элемента выражается в углублении его содержания, в достижении новой ступени познания сущности изучаемого предмета. Наоборот, количественная сторона в развитии понятия элемента выступает прежде всего как расширение его объема, в смысле открытия новых фактов, новых элементов, охватываемых данным понятием; в более широком смысле слова количественная сторона выступает здесь как общий запас фактических знаний об изучаемом предмете (в данном случае об элементах), причем этот запас знаний, по мере своего роста, время от времени, вызывает коренные изменения во взглядах на данный предмет (элементы). В самом деле: из наличного запаса фактических знаний об элементах все время делаются обобщающие теоретические выводы; результаты эмпирических сведений резюмируются в виде нового понятия элемента или в виде дальнейшего углубления, или коренной перестройки существующего понятия; во всех этих случаях запас (объем) фактических знаний об элементах приводит к качественным изменениям в научных представлениях об элементах; короче говоря, так совершался и совершается переход количественных изменений в качественные в истории научных представлений об элементах.

Говоря о менделеевском понятии «элемент», мы понимаем под его содержанием прежде всего совокупность существенных, определяющих признаков элемента, вытекающих из периодического закона и указывающих на связь между каждым отдельным элементом и общим законом, охватывающим все элементы.

Содержание менделеевского понятия «элемент» менялось и меняется всегда резко скачкообразно, путем изменения его определения, путем добавления нового определяющего признака или исключения старого. Чисто эволюционным количественным путем такие изменения понятия совершаться не могли. Для таких изменений требуется вместо одного сказать или написать другое, старое заменить новым, заново дать определение только что сделанному открытию. Так было в 1913 г., когда было выдвинуто новое понятие изотопа, и этим сразу был обобщен весь запас данных, касавшихся явления изотопии. Понятие изотопа родилось скачком, но подготавливалось оно эволюционно. Количественный рост данных (их объема) на определенной ступени их накопления привел к возможности их теоретического обобщения, приведения их в связь с периодической системой и т. д. Но как только это было сделано, оказалось, что для того, чтобы выдвинуть новое понятие, необходимо коренным образом сокрушить последний, четвертый пункт старого, метафизического понятия элемента (признание полной тождественности атомов у каждого элемента) и утвердить вместо него прямо противоположный ему пункт нового понятия элемента, допускающий включение различия в тождество. Рождение понятия изотопа и выразило собой этот новый переворот во взглядах на элементы. Поэтому оно (в смысле своего содержания) могло появиться только скачком. Можно сказать так: иногда развитие понятия элемента приобретало революционный характер, когда совершалась коренная ломка старых представлений об элементах. Но никогда развитие науки, развитие научного познания не происходило и не происходит путем внезапного уничтожения старого полностью и создания нового. В этом отношении развитие научного познания сходно с развитием языка. Но в языке не совершается не только взрывов, в нем не совершается вообще никаких переворотов, революций; в науке же такие перевороты и революции совершаются, и этим развитие научного познания отличается от развития языка.

Итак, история менделеевского понятия «элемент» доказывает применимость закона о переходе количественных изменений в качественные, к познанию вещества, к познанию химических элементов.

**Противоречивость развития менделеевского понятия «элемент» как отражение противоречивости объекта.** Постараемся теперь выяснить с логической точки зрения, каким образом совершился отмеченный выше частичный возврат к воззрениям Менделеева в течение второй четверти XX в. Возникает вопрос: не могла ли мысль физиков и химиков пойти таким путем, чтобы сразу же начать учитывать обе стороны в характеристике элемента — и массу  $A$ , и заряд  $Z$  — и не создавать сначала односторонних концепций элемента для того, чтобы затем преодолевать их односторонность путем возврата к тому, что, казалось, было уже окончательно отвергнуто?

На эти вопросы можно ответить так: развитие менделеевского понятия «элемент» с частичным возвратом к исходным взглядам Менделеева протекало не случайно, а в полном соответствии с общим характером самого изучаемого предмета (элементов). Можно сказать так: познание элементов развивалось и развивается противоречиво потому, что самому объекту познания, самим элементам реально свойственны внутренние противоречия. Изучая элементы с присущими им противоречивыми сторонами и отражая их в форме менделеевского понятия «элемент», химики и физики так или иначе отражают и те противоречия, которые присущи элементам. Это и проявилось в самом познании элементов, в самом их современном понятии, которое развивалось весьма противоречиво: сначала оно отразило одну сторону элементов, затем другую, ей проти-

воположную, а затем обе стороны в их взаимосвязи. В самом деле: если отвлечься от всякого рода случайностей и неизбежных зигзагов мысли и выделить лишь общее направление в познании элементов, то развитие менделеевского понятия «элемент» в основном можно резюмировать следующим образом: на определенной ступени развития химии и физики новый круг научных представлений об элементах начинался с раскрытия одной из их противоречивых сторон (обозначим ее через  $a$ ); при этом другая, противоположная сторона элементов (обозначим ее через  $не-a$ ) оставалась на втором плане и даже иногда отрицалась вовсе.

Так было в последней четверти XIX в., когда Менделеев развивал химико-механическую трактовку элементов, отрицая химико-электрическую их трактовку.

Вслед за тем, когда на рубеже XIX и XX вв. новые открытия выдвинули на первый план химико-электрическую трактовку элемента, химии и физики не просто учли эту сторону объекта наряду и в связи с изучающейся ранее (стороны  $a$ ), но сделали ее единственно заслуживающей внимания. Таким образом, учитывая химико-электрические отношения у элементов, ученые стали вообще отрицать прежнюю сторону химико-механических отношений у тех же элементов, что было, разумеется, неверно. Поэтому вновь раскрываемая сторона у элементов выступила в форме отрицания предыдущей их стороны (т. е. в форме  $не-a$ ).

Но как было сказано выше, элементы по своей природе противоречивы. Это значит, что обе их противоречивые стороны (отражаемые как  $a$  и как  $не-a$ ) существуют не параллельно и независимо друг от друга, а в их единстве, в их взаимосвязи. Как только познание изолированной стороны химико-электрических отношений ( $не-a$ ) достигло известной глубины, то обнаружилось, что эта сторона сама переходит в свою противоположность, что заряд  $Z$  не только не противостоит массе  $A$ , но обуславливается и регулируется ею. И чем больше пытались физики настаивать на односторонней химико-электрической концепции материи, тем неувловимее становилась для них эта сторона в ее изолированном виде. Получилось так, как если бы познание проникало вглубь элементов «по дуге» (со стороны обоих ее концов). Вначале оба конца дуги резко противостояли один другому. Но по мере проникновения вглубь элементов, оказывалось, что оба направления сходятся и переходят друг в друга и что этот взаимный переход отражает собою противоречивость самих элементов.

Раскрытие единства разорванных ранее противоположных сторон элементов выступает как блестящее доказательство диалектико-материалистических взглядов на элементы; оказывается, что истина лежала не в односторонней химико-электрической трактовке элемента, как думали Бор и его последователи, а в одновременном учете обеих противоречивых сторон элементов в их взаимозависимости. Следовательно, учет в какой-то мере не только химико-электрических, но и химико-механических отношений у элементов означает по существу преодоление метафизичности прежних взглядов на элементы путем мысленного восстановления единства двух противоречивых сторон у элементов ( $a$  и  $не-a$ ); здесь это выступает как своего рода восстановление исходной, первоначальной концепции Менделеева, но восстановление не полное, не механическое, не прямое, а совершившееся на новой, более высокой основе. Этой основой является раскрытие диалектического противоречия, лежащего в сущности самих элементов и представляющего неразрывную связь двух противоположных сторон: массы  $A$  ( $a$ ) и заряда  $Z$  ( $не-a$ ).

Таким образом, рассмотренный путь познания элементов есть прямое следствие того, что их познание развивалось противоречиво: сначала оно

раздвоилось и как бы поляризовалось в ходе своего поступательного движения к истине; этим своим раздвоением оно отразило противоречивость самого объекта, т. е. самих элементов. Затем оно раскрыло единство обеих противоречивых сторон у элементов и этим еще глубже и еще полнее раскрыло их внутреннюю противоречивость, их объективную диалектику.

Мы отнюдь не собираемся делать здесь каких-либо обобщений относительно развития всякого научного познания. Мы лишь констатируем тот факт, что развитие познания элементов, резюмируемого в менделеевском понятии «элемент», шло действительно противоречиво и что эта противоречивость познания обусловлена в данном случае противоречивостью самого объекта, который отражается определенным физико-химическим понятием.

Однако поскольку в данном случае развитие рассматриваемого понятия шло действительно противоречиво, постольку закономерность его развития носит ясно выраженный диалектический характер. Как отмечал еще Ф. Энгельс, диалектический характер развития означает не только «взаимное проникновение полярных противоположностей и превращение их друг в друга, когда они доведены до крайности», но и «развитие путем противоречия, или отрицание отрицания, — спиралевидная форма развития»<sup>1</sup>.

Когда же в ходе все углубляющегося познания внутренней природы элементов был совершен переход от одностороннего учета одних лишь химико-электрических отношений элементов к раскрытию их связи с ранее уже изученными химико-механическими отношениями, то этот вполне закономерный переход выглядел, как отрицание химико-электрической трактовки элементов, взятой в ее односторонности, и как «возврат» в известной степени к первоначальной их трактовке. Иначе говоря, здесь произошло «отрицание отрицания», поскольку развитие самого познания, идя противоречиво, завершило некоторую часть (как бы один «виток») той спирали, по которой оно двигалось.

Таким образом, в истории познания химических элементов подтверждаются и конкретизируются определенные черты или «элементы» материалистической диалектики.

Характеризуя в целом диалектический путь познания химических элементов, а значит, и путь развития понятия о них, мы можем сказать так, что этот путь служит подтверждением и конкретизацией общей характеристики диалектики как учения о развитии, данной В. И. Лениным в статье «Карл Маркс». В этой статье сказано:

«Развитие, как бы повторяющее пройденные уже ступени, но повторяющее их иначе, на более высокой базе («отрицание отрицания»), развитие, так сказать, по спирали, а не по прямой линии; — развитие скачкообразное, катастрофическое, революционное; — «перерывы постепенности»; превращение количества в качество; — внутренние импульсы к развитию, даваемые противоречием, столкновением различных сил и тенденций, действующих на данное тело или в пределах данного явления или внутри данного общества; — взаимозависимость и теснейшая, неразрывная связь *всех* сторон каждого явления (причем история открывает все новые и новые стороны), связь, дающая единый, закономерный мировой процесс движения, — таковы некоторые черты диалектики, как более содержательного (чем обычное) учения о развитии»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 1.

<sup>2</sup> В. И. Ленин, Маркс, Энгельс. Марксизм, 1946, стр. 13—14.

Это же положение подчеркивал В. И. Ленин еще и в другом месте. Он писал: «Познание человека не есть (respective не идет по) прямая линия, а кривая линия, бесконечно приближающаяся к ряду кругов, к спирали. Любой отрывок, обломок, кусочек этой кривой линии может быть превращен (односторонне превращен) в самостоятельную, целую, прямую линию...»<sup>1</sup>.

Эту мысль В. И. Ленин применяет к выяснению гносеологических корней идеализма. Но она с равным основанием может быть применена к общей характеристике человеческого, научного познания, в том числе и к развитию понятия «химический элемент», поскольку, повторяем, его развитие совершалось диалектически. В самом деле: его эволюция началась с раскрытия одной стороны у химических элементов, а именно с изучения их химико-механических отношений. Этот момент познания был затем как бы «вырван» из всего хода познания элементов и превращен в якобы единственное и исчерпывающее знание о них. Иными словами, будучи «вырванным» из всего процесса познания элементов, он как раз и представлял собою тот «отрывок», «обломок», «кусочек» общей закономерной («кривой») линии познания, превращенный в самостоятельную, целую, прямую линию, о чем говорит В. И. Ленин.

Когда дальнейшее познание элементов, которое объективно, реально двигалось отнюдь не прямолинейно, а противоречиво, следовательно, по спирали, криволинейно, перешло к раскрытию противоположной стороны у химических элементов, то эта их другая сторона, представленная химико-электрическими их отношениями, была истолкована как полное отрицание предыдущей их стороны. Иначе говоря, она была в свою очередь «вырвана» из всего связного, закономерного процесса познания элементов и в качестве «обломка», «отрывка» этого процесса также превращена в самостоятельную целую, прямую линию.

Все эти черты диалектики, перечисленные В. И. Лениным, нашли свое отражение в истории наших знаний о химических элементах, в истории развития понятия «химический элемент». Остановимся сейчас на первых трех чертах диалектики из числа приведенных Лениным, а именно на тех ее чертах, которым соответствуют три главных, по определению Энгельса, закона диалектики: превращение количества в качество, взаимное проникновение, или единство противоположностей и отрицание отрицания. Сравнивая развитие с простейшим случаем движения, которое само по себе уже есть противоречие, как это показал еще Ф. Энгельс, мы можем образно охарактеризовать названные три закона диалектики так:

Закон перехода количественных изменений в качественные раскрывает внутренний «механизм» процесса развития, детали перехода от одной стадии развития к другой, более сложной и высокой по восходящей лестнице развития.

Закон единства и борьбы противоположностей раскрывает «движущую пружину» развития, его внутренний источник, его стимул — «самодвижение», составляющее внутреннее содержание всего процесса развития, в том числе и переходов количественных изменений в качественные.

Закон отрицания отрицания раскрывает общий итог или путь развития, его «траекторию», представляющую результат действия единства и борьбы противоположностей, т. е. результат того, что развитие совершается посредством противоречия.

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 330.

Сопоставляя все три закона диалектики между собою, мы обнаруживаем, что их общим стержнем, их общей основой служит закон единства и борьбы противоположностей, который рассматривался В. И. Лениным вполне оправданно как «ядро диалектики».

История наших знаний об элементах, история эволюции понятия элемента служит иллюстрацией и подтверждением перечисленных законов диалектики, их взаимосвязи между собой и только что изложенной их характеристики как «механизма», «движущей пружины» и «траектории» развития.

---

## Глава XII

### БОРЬБА МАТЕРИАЛИЗМА И ИДЕАЛИЗМА ВОКРУГ АТОМИСТИЧЕСКОЙ ТРАКТОВКИ ЭЛЕМЕНТА

Более чем двухсотлетнее развитие атомно-теоретического понятия элемента с самого его возникновения и до настоящего времени протекало в условиях ожесточенной борьбы между материализмом и идеализмом. Эта борьба непосредственно была связана именно с атомистической трактовкой элемента, ибо признать такую трактовку означало признать существование определенных дискретных форм *материи*; признание же *материальных* частиц было неразрывно связано с признанием материи как объективной реальности. Можно сказать так, что материализм в химии и физике XVIII—XIX вв. и даже начала XX в. конкретизировался прежде всего в форме атомистики. Поэтому не случайно то обстоятельство, что нападки идеалистов на материализм в области физики и химии шли в течение почти 200 лет прежде всего по линии нападков на атомистику. Это можно проследить исторически на примере борьбы материализма и идеализма вокруг атомистики (а) в течение XVIII в. и первых двух третей XIX в., т. е. до открытия периодического закона Менделеевым, (б) в последней трети XIX в.— в первой четверти XX в., т. е. после открытия периодического закона Менделеевым, и начала новейшей революции и кризиса в физике, и (в) во второй четверти XX в., т. е. в современной физике.

#### 1. БОРЬБА МАТЕРИАЛИЗМА И ИДЕАЛИЗМА ВОКРУГ АТОМИСТИКИ В ХИМИИ ДО ОТКРЫТИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА МЕНДЕЛЕЕВЫМ

Рассмотрим прежде всего борьбу Ломоносова против идеалистической монадологии, борьбу атомистов начала XIX в. против динамической теории Канта, Шеллинга и Гегеля, против эмпиризма и скептицизма Лавуазье и его последователей, борьбу Герцена в 40-х годах XIX в. против агностиков и скептиков, сомневавшихся в реальности атомов, борьбу Бутлерова против агностицизма и субъективизма сторонников теории типов.

**Ломоносов против монадологии Лейбница.** Будучи великим естествоиспытателем, Ломоносов был вместе с тем ученым-материалистом, основоположником материализма в России, зачинателем той «солидной материалистической традиции» у передовых мыслителей нашей страны, о которой в 1922 г. писал В. И. Ленин в своей замечательной статье «О значении воинствующего материализма». Самое создание химической атомистики Ломоносовым и неразрывно связанной с нею первой атомно-



теоретической трактовки химического элемента опиралось на прочные основы материализма. «Материя, — по Ломоносову, — есть то, из чего состоит тело и от чего зависит его сущность»<sup>1</sup>. Признание атомов и корпускул Ломоносов прямо связывал с признанием материи. В одной из своих 276 заметок по физике он писал: «В начале рассуждения о материи надо поместить определение ее: материя есть протяженное несопроницаемое, делимое на нечувствительные части (сперва, однако, надо сказать, что тела состоят из материи и формы, и показать, что последняя зависит от первой)... Надо сказать, что существуют неделимые корпускулы»<sup>2</sup>.

Вопрос о протяженности материи и ее частиц представлял в то время особый интерес с точки зрения защиты материализма и его дальнейшего развития. Дело в том, что в середине XVIII в., особенно в Германии, пользовалось поддержкой идеалистическое учение о бестелесных, непротяженных, духовных монадах. Монада, по Лейбницу, — это своего рода элементарная, неделимая «душа», нечто вроде духовного атома.

Ломоносов отвергал идеалистическое признание духовных монад в качестве первичных элементов мироздания и противопоставлял ему материалистическое признание *физических монад*, обладающих всеми признаками материальных тел, но только очень малых размеров, а потому — нечувствительных для нас, т. е. не обнаруживаемых непосредственно нашими органами чувств; поэтому, по Ломоносову, мы можем оперировать ими только в нашем мышлении, в нашей абстракции.

«Корпускулы совершенно недоступны для зрения,... — писал Ломоносов, — поэтому свойства их и способ взаимного расположения должно исследовать при помощи рассуждения»<sup>3</sup>.

Отвергая идеалистическую монадологию Лейбница, Ломоносов прежде всего доказывает, что никаких непротяженных монад в природе не существует и что физические монады имеют протяжение. Он пишет, что «нечувствительные физические частицы, не имеющие протяжения, приведенные в соприкосновение, не производят ничего протяженного, т. е. не могут образовать никакого тела...»<sup>4</sup>. Отсюда он делает вывод: «невозможно, чтобы нечувствительные физические частицы тел не имели протяжения, т. е. тела состоят из имеющих протяжение физических нечувствительных частиц»<sup>5</sup>.

Опровергая другое положение лейбницевской монадологии о бестелесности монад, Ломоносов доказывает, что они телесны, что они обладают такими материальными свойствами, как инерция и масса. Он пишет: «Тяжесть физических монад пропорциональна плотности их материи»<sup>6</sup>.

Желая подчеркнуть не только совершенно беспочвенный характер идеалистической монадологии, но и ее враждебность науке, Ломоносов иронически окрестил ее сторонников так: «шершни монадисты».

**Атомисты начала XIX в. против динамизма и скептицизма.** Борьба материализма и идеализма в химии в конце XVIII и начале XIX вв. приняла характер борьбы между атомистическими и антиатомистическими воззрениями, ибо материализм в химии попрежнему конкретизировался в виде атомизма. Попытки отвергнуть атомизм и подорвать доверие к нему со стороны химиков и физиков в конце XVIII в. в основном шли:

<sup>1</sup> М. В. Ломоносов, Полное собр. соч., т. I, 1950, стр. 173.

<sup>2</sup> Там же, стр. 107.

<sup>3</sup> Там же, стр. 25.

<sup>4</sup> Там же, стр. 201.

<sup>5</sup> Там же.

<sup>6</sup> Там же, стр. 249.

по двум направлениям: со стороны И. Канта, который создал в Германии теорию динамизма, т. е. идеалистическую теорию первичности «сил» и вторичности материи, якобы образованной чистыми «силами», и со стороны Лавуазье во Франции, который отрицал роль гипотезы, сомневался в существовании атомов и молекул и предлагал ограничиваться лишь непосредственно наблюдаемыми фактами.

Свою динамическую теорию Кант изложил в 1786 г. в «Метафизических началах естествознания». Здесь Кант пишет о «конструкции материи из притягательных и отталкивательных сил», причем «силы» образуют материю *сплошным* образом, т. е. они заполняют пространство непрерывно, без каких-либо пустых промежутков, но только с разной интенсивностью. Тем самым отвергается в корне идея дискретности материи, идея ее атомного строения, ибо, по Канту, материя должна делиться до бесконечности.

С таких идеалистических, антиатомистических позиций Кант пытался дать «динамическую» трактовку основных химических и физических свойств тел, например, их объема, плотности, сцепления, трения, объяснить природу агрегатных состояний (жидкого и твердого), истолковать процессы химического и механического разделения и соединения. Исходя из динамической концепции, Кант признавал взаимное слияние и взаимное проникновение химических элементов, вследствие чего любая, сколь угодно малая, частица сложного вещества содержит в себе оба элемента слитыми нераздельно друг с другом.

Учение Канта о химических элементах и их соединениях было в корне неверным; оно оказало отрицательное, тормозящее воздействие на развитие химии того времени. Химики, находившиеся под влиянием динамизма (Хиггинс в Англии, Фишер в Германии и др.), не могли открыть стехиометрических законов (к открытию которых они вплотную подошли) или же правильно истолковать уже открытые стехиометрические законы именно потому, что они находились под пагубным влиянием динамизма, который отрицал идею дискретности материи, между тем как эти законы могли быть открыты и поняты, только исходя из этой идеи и на ее основе.

В 1797 г. в работе «Идеи о натурфилософии» немецкий идеалист Шеллинг продолжал развивать динамизм и, в частности, положение о том, что химический процесс есть результат столкновения двух противоположных сил.

Тот исторический факт, что Дальтон, идя фактически, сам того не подозревая, по пути Ломоносова, экспериментально открыл закон простых кратных отношений, исходя из атомистических воззрений и руководствуясь ими, нанес сокрушительный удар по динамизму в химии. В самом деле: кратность отношений составных частей в химически сложных телах прямо и непосредственно свидетельствовала о том, что эти тела построены из дискретных частиц материи, т. е. из атомов. Если на одно и то же весовое количество углерода С в одном случае приходилось одно весовое количество кислорода О, а в другом — ровно *вдвое* большее, то единственным разумным объяснением этого факта могло быть признание, что в первом случае атом С соединяется с *одним* атомом О, а во втором — с *двумя*. Атомизм становился насущно-необходимой теорией химии. Он сразу же вытеснил из химии динамическую теорию, как явно противоречившую фактам.

В связи с этим в 1807 г. даже защитник динамизма Гильденбрандт (из Эрлангена) указывал, что опытные данные химии великолепно объясняются с помощью атомистических воззрений и что без атомистических

представлений невозможно понять существование химически разнородных элементов.

В 1808—1810 гг. Дальтон опубликовал две части первого тома своей «Новой системы химической философии», в которой атомная гипотеза, а вместе с нею и материализм в химии были развиты дальше и экспериментально обоснованы.

Характерно, что в свою материалистическую атомистику Дальтон пытался включить учение о взаимодействии двух противоположных сил, или тенденций, — притяжения и отталкивания. Это учение составляло сильную сторону динамической теории, но развивалось ею на идеалистической основе. Дальтон пытается перевести его на материалистическую основу, отвергает идею первичности «сил» и образования ими материи, и приписывает эти силы материи и ее частицам (атомам). По Дальтону, движущей силой всех физических и химических процессов является разность двух противоположных сил — притяжения, присущего самим атомам, и отталкивания, присущего теплородным оболочкам, которые якобы окружают атомы.

Когда спустя несколько лет Берцелиус создал свою электрохимическую теорию, то он наделил химические атомы электрически-противоположными полюсами. Химическое взаимодействие, по Берцелиусу, выступало как взаимодействие между противоположными по знаку заряда полюсами, которое порождало и притяжение, и отталкивание атомов.

Таким образом, химики-атомисты начала XIX в. нанесли сокрушительный удар по динамизму и сильно укрепили позицию материализма в химии и физике. Тогда в защиту разгромленного динамизма выступил немецкий философ Гегель. В своей «Науке логики» Гегель нападает на Берцелиуса за то, что тот в своем «Учебнике химии» называет динамическую теорию «умозрительной философией известных немецких школ» и отбрасывает ее в интересах превосходной «атомистической философии»<sup>1</sup>.

Гегель тщетно пытается отрицать тот неоспоримый факт, что без признания атомистической гипотезы невозможно было не только открыть стехиометрические законы, но даже объяснить их правильно, после того как они были открыты. «Берцелиус неправ, указывая, — заявляет Гегель, — будто под господством «динамического воззрения» явления определенных пропорций остались бы «навсегда неизвестными», — в том смысле, что это воззрение не согласуется с определенностью пропорций»<sup>2</sup>.

Это заявление Гегеля голословно; никакими фактами он не в силах был обосновать его; напротив, все факты прямо опровергали его.

Защищая динамическую теорию в интересах идеализма, Гегель изо всех сил, но безуспешно, пытался «опровергнуть» атомистику именно как конкретную форму материализма в естествознании. Гегель не жалеет унижительных кличек для материализма и его позиций в науке; он именует атомистику «лежащею вне опыта пустынею», пытаясь показать, по его выражению, «нищету тех категорий, на которых основывается как прежняя, так и желающая быть новою атомистическая философия».

В. И. Ленин, критикуя гегелевский идеализм, вскрыл натяжки Гегеля-идеалиста в его отношении к атомистическому материализму Левкиппа, Демокрита и Эпикура<sup>3</sup>. Это полностью относится и к позиции Гегеля, касающейся современной ему химической атомистики.

<sup>1</sup> Г. Гегель, Наука логики, кн. I, стр. 251, М., 1929.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 248—250, 271—277.

В своей «Философии природы» Гегель вынужден был под давлением неопровержимых фактов признать ту роль, какую сыграла атомистика в деле экспериментального открытия Дальтоном закона кратных отношений. Но тут же Гегель стремился принизить значение атомистики, дабы не подумали, что она необходима для естествознания. Гегель пишет:

«Первые опыты в этой области были сделаны Дальтоном, который, однако, облек свои выводы в наихудшую форму атомистической метафизики (здесь в смысле — материализма. — Б. К.): он обозначил первые элементы или простую массу как атом и говорил о весах и весовых отношениях этих атомов...; затем он показывает, как определять их относительные веса и диаметры, а равно и их число в сложных телах»<sup>1</sup>. Но Гегель «забывает» добавить, что следующим шагом у Дальтона вслед за этими определениями было открытие того самого закона кратных отношений, который служил Гегелю иллюстрацией для узловой линии отношений меры при прогрессивном изменении количеств химически взаимодействующих веществ. Эта «забывчивость» есть прямой результат не объективности и пристрастности Гегеля-идеалиста в отношении материалистической атомистики в химии начала XIX в.

Несмотря на все потуги Гегелю не удалось спасти динамическую теорию и «опровергнуть» атомизм. Позиции материализма и атомистики укреплялись с каждым новым физическим и химическим открытием, а идеализм и динамизм терпели одно поражение за другим.

Другое направление в химии, боровшееся против атомистики с позиций эмпиризма, субъективизма и скептицизма, было представлено прежде всего Лавуазье и его последователями во Франции, а также некоторыми химиками-эмпириками в Англии. Следуя завету Ньютона — не создавать гипотез, Лавуазье исключал из области науки все, что не вытекало непосредственно из опытов и наблюдений, следовательно, все гипотетическое, что не поддавалось непосредственному восприятию органами чувств, т. е. все то, для оперирования над которым необходимо было теоретическое мышление. Отсюда вытекало отрицательное отношение Лавуазье к атомистике, в том числе к атомно-теоретической трактовке элемента; в противоположность этой последней Лавуазье стремился построить понятие элемента на чисто эмпирической аналитической и вместе с тем субъективистской основе (см. выше главу I). В своем «Введении к элементарному курсу химии» Лавуазье писал:

«Все, что можно сказать о числе и свойствах элементов, сводится, по-моему, к чисто метафизическим спорам; это неопределенные проблемы, которые люди берутся разрешить, но которые допускают бесчисленное множество решений и относительно которых можно с большой вероятностью утверждать, что ни одно из них не согласуется с природой. Поэтому я скажу лишь, что, если названием элемента мы хотим обозначить простые и неделимые молекулы, из которых состоят тела, то весьма вероятно, что мы их не знаем...»<sup>2</sup>.

Антиатомистическую линию Лавуазье продолжили во Франции его последователи, в частности Пруст, открывший закон постоянства состава, и Гей-Люссак, открывший закон объемных отношений реагирующих газов. И тот и другой не разделяли, подобно Лавуазье, атомистических воззрений и ограничивали себя только чисто эмпирическими исследованиями. Поэтому их открытия не имели особого теоретического интереса до тех пор, пока Дальтон не истолковал с позиций химической атоми-

<sup>1</sup> Г. Гегель, Соч., т. II, стр. 331.

<sup>2</sup> Антуан Лоран Лавуазье, Мемуары. Серия «Классики мировой науки», Л., 1929, стр. 59

стики открытый Прустом стехиометрический закон, а Авогадро и Ампер не истолковали с позиций молекулярной гипотезы закон объемов газов, открытый Гей-Люссаком. Эмпиризм и скептицизм не раскрывали перспектив дальнейшего развития, не давали объяснения уже сделанных научных открытий и прямо препятствовали тому, чтобы такие открытия могли быть сделаны. Ярким примером такого губительного влияния скептицизма и эмпиризма может служить английский химик-аналитик Уолластон, открывший родий и палладий. Уолластон одновременно с Дальтоном вплотную подошел к открытию закона кратных отношений; он уже непосредственно наблюдал и описал отношения составных частей в кислых и средних солях, но не увидел в этих фактах общего закона; этому помешал его сугубый эмпиризм и скептическое отношение к атомной гипотезе.

Герцен против химиков-агностиков и химиков-скептиков первой половины XIX в. Скептицизм в химии, берущий начало в сугубом эмпиризме Лавуазье и его последователей, усиливался по мере того, как возрастали трудности определения истинных атомных весов элементов. Скептический и прямо агностический взгляд на атомы высказывал, например, Дэви, предлагавший отказаться от понятия атома вообще и вместо этого говорить только о пропорциях в химическом составе сложных веществ. Продолжая развивать свой скептицизм в химии, связанный с сугубым эмпиризмом, Уолластон предложил в 1819 г. заменить понятие атома эмпирическим представлением об эквивалентах и вместо поисков истинных атомных весов ограничиться эмпирическими сведениями об эквивалентных весах. Позднее Рамзай писал по поводу этих агностических шатаний своих соотечественников-химиков: «Сэр Гэмфри Дэви вместо слова «атом» употреблял слово «пропорция»; д-р Уолластон предпочитал слово «эквивалент»<sup>1</sup>.

В связи с отвержением молекулярной гипотезы и возникшей отсюда путаницей понятий «атом», «молекула» и «эквивалент» химики того времени не сумели однозначно определить атомные веса элементов и установить атомные формулы химических соединений. Однако причину постигших их на этом пути неудач химики стали видеть не в ограниченности и метафизичности своего способа мышления, а в том, что атомы признавались до тех пор реально существующими частицами материи и что им приписывались объективные свойства, в том числе масса (атомный вес). На такой почве возникали агностические тенденции в среде химиков — объявлять понятие атома, как и все научные понятия вообще, не отражением объективной реальности, а только лишь рабочим орудием, не имеющим объективного значения и придуманным исключительно ради удобства, для целей классификации опытных данных.

Агностические шатания химиков по вопросу об атомистике, т. е. о признании реальности и познаваемости атомов, достигли больших размеров к началу 40-х годов XIX в. Против этих шатаний, опасных для науки и ее материалистических устоев, со всей страстностью воинствующего материалиста, борца за передовое, подлинно научное мировоззрение выступил в 40-х годах XIX в. великий русский материалист А. И. Герцен. Герцен горячо и убедительно защищал материалистический взгляд на атомы. В своих знаменитых «Письмах об изучении природы» он сравнивал современную ему химию 40-х годов XIX в. с химией 20-х годов; тогда, 20 лет тому назад, агностицизм и скептицизм в химию только что еще начали проникать по линии отрицания атомистики; большинство химиков находилось тогда под влиянием материалистических взглядов на

<sup>1</sup> В. Рамзай, Новейшая химия, 1910, стр. 16.

атомы и считали атомы объективно-существующими, реальными и познаваемыми частицами материи; теперь же, 20 лет спустя, положение дел изменилось существенным образом. В 1844 г. Герцен в письме, которое имело заглавие «Эмпирия и идеализм», писал: «Химия и физика принимают атомы,—лет двадцать тому назад (т. е. в 20-х годах XIX в.—Б. К.) атомы составляли основание всех химических исследований. Принимая их, вас предупреждают обыкновенно на первой странице (Герцен говорит о своих современниках. — Б. К.), что естествоиспытателям, собственно, дела нет, в самом ли деле тела состоят из крупинок чрезвычайно неделимых, невидимых, но имеющих свойства, объем и вес, или нет, что их принимают так, для удобства. Таким ленивым принятием они сами уронили свою теорию; они виноваты в том, что прошедшая философия (подразумевается идеализм.— Б. К.) напала на атомы с злым ожесточением; она рассматривала его в том бедном виде, в каком атомизм излагался во введениях к курсам физики и химии»<sup>1</sup>.

Герцен гневно бичует тех современных ему физиков и химиков, которые пытаются принизить и умалить объективное значение атомистики; он противопоставляет им древних материалистов, которые «вовсе не шутили атомами»: «Атомизм составлял убеждение, верование Левкиппа, Демокрита и др.,— указывал Герцен.— Физики же с первого слова согласны, что их теория, может быть вздор, но вздор облегчительный. А почему же они предают атомы и соглашаются, что может быть вещество не из атомов? На том же прекрасном основании лени и равнодушия, на котором принимаются всякого рода предположения. Если откровенно выразиться, то это можно назвать цинизмом в науке»<sup>2</sup>.

Эти слова были направлены не в бровь, а в глаз тем ученым, которые легко отказывались от материализма, превращали понятие атома в шутку и предавали идеализму и агностицизму свою основную теорию и связанную с нею атомно-теоретическую трактовку химических элементов.

Позднее, в 1912 г., давая высокую оценку рассматриваемому письму Герцена, Ленин отмечал: «Первое из «Писем об изучении природы»,— «Эмпирия и идеализм», — написанное в 1844 году, показывает нам мыслителя, который, даже теперь, головой выше бездны современных естествоиспытателей-эмпириков и тьмы тем нынешних философов, идеалистов и полуйдеалистов»<sup>3</sup>.

**Бутлеров против агностицизма сторонников теории типов в химии.** К середине XIX в. перед химиками со всей остротой встал вопрос о строении органического вещества, т. е. о взаимосвязи атомов внутри органической молекулы. Решению этого вопроса и даже просто его осознанию химиками мешал распространенный в то время среди химиков агностицизм. Сомневаясь в объективности атомов, химики-агностики, естественно, должны были сомневаться в реальности атомного строения вещества и уже во всяком случае — в способности человеческого разума познать это строение. Согласно агностической теории типов, возникшей в 40-х годах XIX в., химические формулы выражают не *строение* вещества, т. е. не взаимную связь атомов в молекуле, а только химические свойства вещества, его способность к определенным химическим реакциям. Таких реакций у каждого вещества может быть несколько, и каждой из них отвечает особая формула. Например, для уксусной кислоты одновременно приписывалось до 12 различных формул, якобы со-

<sup>1</sup> А. И. Герцен, Избр. философ. произв., т. I, 1946, стр. 104.

<sup>2</sup> Там же, стр. 105.

<sup>3</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 18, стр. 10.



существующих одна наряду с другой. Никакой *единой* формулы строения у данного органического вещества не признавалось. Химические формулы объявлялись лишь описывающими превращения веществ, но не отражающими внутреннее строение самих веществ. Этим химики-агностики объясняли, почему так легко можно отказаться от любого понятия в науке, от любой формулы, гипотезы и даже теории, как только обнаруживается, что они перестают быть удобными и полезными в качестве «рабочих орудий».

Химики-эмпирики, не желавшие видеть в атомистике ее объективное содержание, склонялись, таким образом, к чисто агностической трактовке понятия атома и атомистической теории как условных символов, имеющих якобы только утилитарный характер. Немецкий химик-органик А. Кекуле, который своими открытиями (представление о 4-атомности С и др.) способствовал подготовке структурной теории, был в действительности сторонником теории типов. В год создания Бутлеровым теории химического строения (1861) он писал: «Какой из различных рациональных формул мы будем пользоваться в определенном случае, это, по существу, — вопрос удобства. В том, что было сказано о правильности допущения различных рациональных формул, нельзя сомневаться. В то же время мы не должны забывать, что *рациональные формулы* являются не чем иным, как формулами, выражающими лишь некоторые отношения. Строения тела они не представляют, они суть лишь выражения для метаморфоз тела и для сравнения различных тел и вовсе не имеют в виду представлять строение тела или расположение атомов в веществе, как таковом»<sup>1</sup>.

Ясно, что, стоя на такой сугубо агностической позиции, Кекуле *не мог* создать теории строения, поскольку такая теория могла возникнуть только на основе материалистической теории познания. Именно на такой основе в 1861 г. создал теорию химического строения Бутлеров. Эта теория смела ограниченную, агностическую и метафизическую теорию типов, служившую опорой и исходным пунктом для воззрений Кекуле.

Материалистический взгляд Бутлерова на атомы выражался, во-первых, в признании их объективной реальности, и, во-вторых, в признании их познаваемости, в признании того, что структурная химическая формула есть действительное отражение внутренних связей атомов в молекуле, т. е. строения вещества, и что единой по своему строению молекуле отвечает и единый ее образ, единая структурная химическая формула.

В 1861 г. в своей статье «О химическом строении веществ» Бутлеров писал: «Если попытаемся теперь определить химическое строение веществ и если нам удастся выразить его нашими формулами, то формулы эти будут, хотя еще не вполне, но до известной степени, настоящими *рациональными* формулами. Для каждого тела возможна будет, в этом смысле, лишь одна рациональная формула, и когда сделаются известными общие законы зависимости химических свойств тел от их химического строения, то подобная формула будет выражением всех этих свойств. Типические формулы в их нынешнем значении должны бы тогда были выйти из употребления или, по крайней мере, употребляться лишь там, где желают выразить, по возможности кратко, ряд определенных аналогий. Дело в том, что эти формулы тесны для настоящего состояния науки!»<sup>2</sup>.

Бутлеров защищал не только материализм в химии против идеализма и агностицизма, но он развивал по своему существу диалектиче-

<sup>1</sup> А. Кекулé, Lehrbuch der organischen Chemie, т. I, 1861, стр. 157.

<sup>2</sup> А. М. Бутлеров, Избранные работы по органической химии, 1951, стр. 78.



ский взгляд на строение вещества в противовес механистической концепции, согласно которой целое (молекула) образуется путем чисто внешне-го, механического расположения атомов. Механистической идее, что различие изомеров объясняется просто иным пространственным, чисто внешним расположением одних и тех же атомов, Бутлеров противопоставлял глубоко диалектическое положение о взаимном химическом влиянии атомов друг на друга, которое обуславливает качественное различие не только самих молекул, но и атомов, различным способом заключенных в них. «Химические свойства сложного тела, — писал Бутлеров в той же статье, — устанавливаются преимущественно химическим отношением элементов, его составляющих. Исходя из мысли, что каждый *химический* атом, входящий в состав тела, принимает участие в образовании этого последнего и действует здесь определенным количеством принадлежащей ему химической силы (сродства), я называю *химическим строением* распределения действия этой силы, вследствие которого химические атомы, посредственно или непосредственно влияя друг на друга, соединяются в химическую частицу»<sup>1</sup>.

В 1868 г. Менделеев следующим образом охарактеризовал философское значение открытий Бутлерова. Указав, что создатель теории типов Жерар отказался «от идеи проникнуть во внутреннее атомное строение вещества», Менделеев противопоставляет ему Бутлерова, который «стремится проникнуть в самую глубь тех причин, которые связывают разные элементы в одно целое, придают каждому элементу самостоятельную способность вступать в известное число реакций, и различие свойств приписывает различной связи элементов»<sup>2</sup>.

Менделеев особо подчеркивает, что работы Бутлерова нанесли сильный удар по взглядам сторонников теории типов, таких, «как Кекуле, которые ясно доказали, что ничему не верят, что все теоретическое считают только одним способом систематики». Но «после статей Бутлерова и Кекуле заговорит иным языком»<sup>3</sup>.

Против материалистической теории Бутлерова ополчились химики, отстаивавшие реакционные философские установки в химии. Немецкий химик-эмпирик Кольбе, злейший враг теории строения, издевался над самой идеей атомного строения вещества, называя ее фантазмагорией. С особенной яростью Кольбе нападал на голландского химика-материалиста Я. Г. Вант-Гоффа, который вслед за Бутлеровым, развил идею пространственного расположения атомов, создав тетраэдрическую модель распределения связей в углеродном атоме. Предполагаемое расположение атомов в пространстве Кольбе считал пустым фокусничаньем, а признание их движения — галлюцинацией.

Русский химик Н. А. Меншуткин также встал на защиту агностицизма в химии, провозглашавшего непознаваемость отношений атомов в молекуле. Меншуткин заявлял, что «входить в ближайшее исследование того, как построены частицы химических соединений из атомов, нет возможности». Отстаивая материализм в химии, Бутлеров выступил против взглядов Меншуткина. В статье на тему «Химическое строение и «теория замещения» Бутлеров формулирует положение о реальности и познаваемости атомов и их связей. На вопрос: «что такое атом и существует ли он реально?», Бутлеров отвечает: «Атом на столько же реальная вещественная величина, как и частица... атому химиков соответствует нечто реальное, о чем они могут рассуждать с полным правом...

<sup>1</sup> А. М. Бутлеров, Избр. работы по органической химии, 1951, стр. 71—72.

<sup>2</sup> Д. И. Менделеев, Соч., т. XV, стр. 296—297.

<sup>3</sup> Там же, стр. 297.

Мы должны говорить о них, как о реальных предметах, если не хотим впасть в полнейшую темноту и неопределенность. Что бы значила, спрашивается, любая из наших формул с ее атомными знаками, если бы понятие об атоме не соответствовало для нас некоторой определенной реальности?»<sup>1</sup>.

Далее Бутлеров выводит и обосновывает важное положение: «Можно с полным правом говорить о взаимном химическом отношении атомов в частице, как о реальном»<sup>2</sup>.

Можно сказать, что вместе с созданием и закреплением в науке бутлеровской теории химического строения позиции материализма в органической химии были упрочены в неизмеримой степени, а идеализм и агностицизм были вытеснены из этой области знания.

## 2. БОРЬБА МАТЕРИАЛИЗМА И ИДЕАЛИЗМА ВОКРУГ АТОМИСТИКИ В ХИМИИ ПОСЛЕ ОТКРЫТИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА МЕНДЕЛЕЕВЫМ

Рассмотрим теперь борьбу материалистов химиков и физиков конца XIX и начала XX вв. против идеализма и агностицизма по вопросам атомистики; эта борьба была связана с отстаиванием положения об объективности периодического закона как закона природы, с разоблачением махизма, отрицавшего объективность атомов и молекул, с преодолением энергетики Оствальда, отрицавшей существование частиц материи и заменявшей понятие «материя» понятием «энергия».

**Борьба Менделеева за признание объективности периодического закона против субъективистов и скептиков.** По поводу великого открытия Менделеева некоторые химики высказывали ложное мнение в духе скептицизма, подрывавшее доверие ученых к периодическому закону как действительному закону природы. Один из этих ученых, немецкий химик Лотар Мейер трактовал открытый Менделеевым закон не как закон природы, а субъективистски, как удобное средство для классификации элементов, пытаясь тем самым лишить периодический закон Менделеева его объективного значения. Именно поэтому Л. Мейер не отважился делать из периодического закона далеко идущие выводы, касающиеся изменения эмпирически найденных, но неверных, атомных весов, а тем более предсказания новых, еще неизвестных элементов. В 1870 г. Л. Мейер писал о периодическом законе, что «было бы поспешно изменять донныне принятые атомные веса на основании столь непрочного исходного пункта»<sup>3</sup>.

Субъективизм Л. Мейера был тесно связан с его механицизмом, в силу которого Мейер ограничивался лишь учетом чисто количественной, внешней стороны взаимоотношений между элементами, но не проникал в самое их существо. Тем не менее он стал оспаривать приоритет Менделеева в открытии периодического закона. Отстаивая свое законное право на авторство этого великого открытия, Менделеев показывает, что Л. Мейер с его философскими установками не только не открыл, да и не мог открыть периодического закона, но что он даже после его открытия не понял существа этого закона. «Г-н Мейер вовсе не дал тех соотношений элементов друг к другу, которые дал я,— писал Менделеев.— Он всего только сопоставил группы аналогичных элементов»<sup>4</sup>. Позднее Мен-

<sup>1</sup> А. М. Бутлеров, Избранные работы по органической химии, 1951, стр. 439, 440.

<sup>2</sup> Там же, стр. 445.

<sup>3</sup> Цит. по кн.: Д. Менделеев, «Основы химии». Дополнения, изд. 8, 1906, стр. 618.

<sup>4</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 223.

делеев указывал, что «г-н Л. Мейер первый из всех немецких химиков принял внешнюю сторону идей, соответствующих периодическому закону», «однако не вник во внутреннюю сущность периодического закона после появления моего первого (в 1869 г.) доклада...»<sup>1</sup>.

Характеризуя механистические установки естествоиспытателей последней трети XIX в., Энгельс писал: «Химия, повидимому, находится на верном пути к тому, чтобы из отношения атомных объемов к атомным весам объяснить целый ряд химических и физических свойств элементов. Но ни один химик не решится утверждать, что все свойства какого-нибудь элемента исчерпывающим образом выражаются его положением на кривой Лотара Мейера, что этим одним можно будет когда-нибудь объяснить, например, своеобразные свойства углерода, которые делают его главным носителем органической жизни, или же необходимость наличия фосфора в мозгу. И тем не менее «механическая» концепция сводится именно к этому»<sup>2</sup>.

Другим претендентом на авторство открытия периодического закона был английский химик И. А. Ньюлендс, который сформулировал так называемый «закон октав». Однако Ньюлендс был весьма ограниченным мыслителем, способным классифицировать лишь то, что уже известно; он не обладал теоретическим мышлением, проникающим за пределы известного, предвидящим новое, еще непознанное человеком. К тому же он находился под пагубным для ученого влиянием юмовского скептицизма. Поэтому Ньюлендс не сумел увидеть не открытых еще элементов; правда, вначале он подошел к тому, чтобы предсказать промежуточный между кремнием и оловом элемент (будущий германий), но тут же убоился этого и поставил между ними индий. Точно так же Ньюлендс убоился отстаивать свой «закон октав» после того, как этот закон встретил ироническое к себе отношение со стороны химиков-эмпириков. Скептическое неверие в объективность законов природы, в частности в закон, которому подчиняются химические элементы, погубило творческое начинание Ньюлендса и помешало ему довести свое начинание до подлинно научного открытия.

С позиций энергетизма, о котором речь идет дальше, боролся против объективного характера периодического закона В. Оствальд. Как и Л. Мейер, он пытался доказать, что это — не закон природы, а только некоторый субъективный прием классификации химических элементов. По поводу периодической системы элементов он писал, что «здесь мы имеем дело не с законом природы в строгом смысле слова, но с принципом классификации чего-то, не вполне определенного»<sup>3</sup>.

Таким образом, химиков, которые склонялись к скептицизму и агностицизму, субъективизму и механизму, объединяло в их отношении к периодическому закону Менделеева одно — стремление подорвать материалистический взгляд на этот закон. Напротив, Менделеев горячо и убежденно защитил и отстоял в борьбе против философских шатаний своих противников именно этот, оспариваемый ими, *материалистический взгляд* на открытый им закон. Он писал:

«Законы природы исключений не терпят и этим явно отличаются от правил и правильностей, подобных, например, грамматическим и другим людским изобретениям, приемам и отношениям. Утверждение закона возможно только при помощи вывода из него следствий, без него невозможных и не ожидаемых, и оправдания тех следствий в опытной про-

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 287.

<sup>2</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 201.

<sup>3</sup> В. Оствальд, Основы неорганической химии, М., 1914, стр. 741.

верке. Поэтому-то, увидев периодический закон, я с своей стороны (1869—1871) вывел из него такие логические следствия, которые могли показать — верен он или нет... Надобно что-либо одно — или считать периодический закон верным до конца и составляющим новое орудие химических знаний, или его отвергнуть. Признавая путь опыта единственно верным, я сам проверял, что мог, и дал в руки всем возможность проверять или отвергать закон... По моему мнению, следовало новую точку опоры, представляемую периодическим законом, или утвердить, или отвергнуть, а опыт ее везде оправдал, где ни прилагались к тому усилия. Без такого способа испытания не может утвердиться ни один закон природы. Ни de Chancourtois, которому французы приписывают право на открытие периодического закона, ни Newlands, которого выставляют англичане, ни L. Meyer, которого цитировали, иные, как основателя периодического закона, — не рисковали предугадывать свойства неоткрытых элементов, изменять «принятые веса атомов» и вообще считать периодический закон новым, строго постановленным законом природы, могущим охватывать еще доселе необобщенные факты, как это сделано мною с самого начала (1869)»<sup>1</sup>.

Так боролся Менделеев за правильное освещение истории открытия периодического закона, связывая эту борьбу с материалистическим истолкованием открытого им закона. В этой борьбе горячую поддержку оказывал ему чешский химик Б. Ф. Браунер. Отмечая, что знаменитую идею периодического закона выразил член нашей великой славянской семьи Д. И. Менделеев, Браунер с горечью говорил: «Я видел, как эта великая идея оставалась без внимания, по всей вероятности, потому, что принадлежала русскому химику»<sup>2</sup>. Обращаясь к Менделееву, Браунер писал о работе «над глубокими философическо-химическими понятиями, открытыми в Вашем периодическом законе»<sup>3</sup>. Браунер гордился тем, что он один из первых химиков узнал глубокую философскую мысль и значение закона Менделеева и что он мог пожертвовать свою жизнь разработке этого закона<sup>4</sup>. Недаром Менделеев называл имя Браунера в числе укрепителей периодического закона.

Материалистический взгляд Менделеева на периодический закон был неразрывно связан с его общим материалистическим взглядом на атомы и элементы. Уже самое открытие периодического закона Менделеев строил на основе признания материальных атомов и присущих им материальных свойств. Он указывал на атомный вес элемента как на «нечто материальное», что «составляет характеристику соединений, заключающих данный элемент» и что относится «к той материальной части, которая обща и свободному простому телу, и всем его соединениям»<sup>5</sup>.

Позднее, в 1894 г., Менделеев писал в статье на тему «Вещество»: «Хотя поныне самые атомы химических элементов остаются неизвестными в своей сущности и представляют только гипотезу или известную форму отвлечения от наблюдаемых химических превращений и явлений, тем не менее реальное познание о них постепенно накапливается, узнаются естественные законы, управляющие этими гипотетическими существами, рождается возможность предугадывания свойств неизвестных элементарных атомов, а по ним — и свойств образуемых ими частиц и веществ. Ни одно из достоверно установленных явлений не указывает на недоста-

<sup>1</sup> Д. Менделеев, Основы химии. Дополнения, изд. 8, 1906, стр. 617—618.

<sup>2</sup> Журнал Русского физико-химического общества, т. XXXIV, 1902, отд. 1, стр. 143.

<sup>3</sup> «Успехи химии», т. XIII, 1944, стр. 326. (В тексте публикации допущена ошибка: вместо «философическо» напечатано «философско». — Б. К.)

<sup>4</sup> См. там же.

<sup>5</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 8.

точность гипотезы о самостоятельном существовании весовых атомов, самостоятельных химических элементов. Всякая иная гипотеза, отрицающая существование самостоятельных химических атомов элементов, может тогда только получить некоторое право гражданства в естествознании, когда она даст познания о веществе и о химических явлениях, с ним происходящих, более, чем может дать атомная гипотеза. Ни динамическая гипотеза, ни какая-либо другая из известных донныне даже не пытались заменить современную атомную гипотезу химии, а потому ныне атомистическая гипотеза в том видоизменении, какое ей дано в химии, общепринята естествознанием, то-есть философией природных явлений, совершающихся в веществе»<sup>1</sup>.

Далее Менделеев указывает, что «даже самый язык химических сведений сложился под влиянием основного понятия о том, что частицы сложены из атомов, а вещество сложено из частиц, и это мировоззрение поныне не привело к сомнению о справедливости такого представления, хотя и неоднократно являлись попытки вырваться из круга атомистических понятий о сложении вещества»<sup>2</sup>.

Еще далее Менделеев пишет: «Если отнять от современной химии атомистические представления о сложении вещества, то не будет никакого понимания множества твердо установленных сведений, и наступит тот грубейший эмпиризм, в котором смешивается изучаемое с изучающим и теряется возможность обладания невидимым в такой же мере, в какой грубый эмпиризм останавливается лишь на видимом и чувственном. Гипотеза атомизма скрепляет отрывочное эмпирическое знание химических наук в такой же мере, как уверенность во всеобщности общих законов природы и в неисчерпаемости вещества перед глазами наблюдателя»<sup>3</sup>.

В одной из последних своих работ «Попытка химического понимания мирового эфира» Менделеев отстаивал то же положение об объективности атомов и молекул. Он писал: «Химическое мирозерцание можно выразить образно, уподобляя атомы химиков небесным телам: звездам, солнцу, планетам, спутникам, кометам и т. п. Как из этих отдельных (индивидуумов) слагаются системы, подобные солнечной, или системам двойных звезд, или некоторым созвездиям (туманностям) и т. п., так представляется сложение из атомов целых частиц, а из частиц тел и веществ. Это для современной химии не простая игра слов или не одно уподобление, а сама реальность, руководящая всеми исследованиями, всякими анализами и синтезами химии. У нее свой микрокосм в невидимых областях, и, будучи архиреальной наукою, она все время оперирует с невидимыми своими отдельностями...»<sup>4</sup>.

Из приведенных высказываний Менделеева мы видим, что если свой периодический закон Менделеев обосновывал материалистическими представлениями о реальности атомов и их свойств, то, в свою очередь, открытие периодического закона, связывающего свойства элементов с весом их атомов, служило дальнейшему упрочению материалистической атомистики.

Выдающийся русский химик Н. Н. Бекетов высказался по поводу значения трудов Менделеева для материалистической философии следующим образом: «Слава научных трудов Дм. Ив. для нас, русских химиков, вдвойне дорога: и как великий прогресс науки, и как национальная

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Избр. соч., т. II, стр. 377.

<sup>2</sup> Там же, стр. 381.

<sup>3</sup> Там же, стр. 383.

<sup>4</sup> Там же, стр. 469.

гордость... Периодический закон, кроме своего, так сказать, конкретного значения, имеет еще другое — научно-философское. Этот закон укрепил наши воззрения на атомистическое учение и из области гипотетического существования сделал химические элементарные атомы настоящею реальностью»<sup>1</sup>.

**Борьба материалистов против отрицания атомистики энергетиками в конце XIX и начале XX вв.** На рубеже XIX и XX вв., в связи с переходом капитализма в стадию империализма, началась активизация всякого рода реакционных философских течений в науке о природе. Идеализм сделал попытку вытеснить материализм из естествознания, в том числе из физики и химии. С этой целью «физические» идеалисты использовали великие открытия в физике конца XIX в., вызвавшие новейшую революцию в естествознании (электрон, радиоактивность и др.). На почве реакционной попытки идеализма использовать физические открытия в своих партийных целях возник кризис физики. Анализируя этот кризис, Ленин писал:

«Суть кризиса современной физики состоит в ломке старых законов и основных принципов, в отбрасывании объективной реальности вне сознания, т. е. в замене материализма идеализмом и агностицизмом. «Материя исчезла» — так можно выразить основное и типичное по отношению ко многим частным вопросам затруднение, создавшее этот кризис»<sup>2</sup>.

Отрицание материи идеалистами и агностиками распространялось и на конкретные виды и частицы материи, на атомы и молекулы. Обнаружение сложного строения атома из электронов использовалось для того, чтобы «доказать», что атомов вообще нет в природе и что материя сводится к электричеству. Ниже мы рассмотрим два антиматериалистических течения в физике и химии, из которых одно (энергетика Оствальда) полностью отбрасывало понятие атома и молекулы, не считая их даже за удобное средство систематизации опыта, а другое (махизм и прочий «физический» идеализм) считало атомы и молекулы лишь «рабочей гипотезой», т. е. лишало их всякого объективного значения.

Еще в 1895 г. В. Оствальд предложил заменить понятие материи (и ее частиц) понятием энергии. Позднее Оствальд писал: «Итак, мы попытаемся построить мировоззрение исключительно из энергетического материала, не пользуясь понятием материи»<sup>3</sup>. «Особенно важным результатом энергетического воззрения следует считать замену понятия материи понятием комплекса известных энергий, подчиненного пространству»<sup>4</sup>. «Таким образом, все более и более исчезает потребность в традиционном «носителе» различных энергий, и в то же время понятие «материи» замещается понятием энергии»<sup>5</sup>. Так возникло особое течение в современной реакционной философии, — «энергетика» Оствальда, которую Ленин охарактеризовал как «путаный агностицизм, спотыкающийся кое-где в идеализм»<sup>6</sup>.

Агностицизмом оствальдовская энергетика была потому, что Оствальд отрицал способность человеческого разума проникнуть в сущность явлений природы, объявлял эту сущность непознаваемой или даже несуществующей вовсе. В связи с этим Оствальд отрицал объективное значение научных гипотез и вообще их роль в науке. Исходя из таких

<sup>1</sup> Труды Первого Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. СПб., 1909, стр. 33, 35.

<sup>2</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 245.

<sup>3</sup> В. Оствальд, Философия природы, СПб., 1903, стр. 119.

<sup>4</sup> Там же, стр. 176.

<sup>5</sup> Там же, стр. 190.

<sup>6</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 218.



философских установок, Оствальд вдвойне отвергал материалистические, атомно-молекулярные представления, поскольку они, во-первых, опирались на признание материи и ее частиц, и, во-вторых, представляют собой попытки проникнуть в скрытую сущность физических и химических явлений.

Оствальд приветствует такой чисто описательный путь исследования, на котором постоянно отбрасываются «все гипотезы о так называемой сущности различных энергий»<sup>1</sup>.

Например, он подвергает резкой критике молекулярно-кинетическое объяснение явления перехода тела из твердого состояния в жидкое. Он пишет: «И это явление «объясняется» тоже гипотетически ослаблением притяжения между мельчайшими частицами. Сущность дела заключается в том, что при плавлении поглощается определенное количество энергии. Так как различие между телами заключается только в различии их энергий, то не требуется никакого «объяснения» того, что вследствие поглощения энергии твердым телом образовалось тело с иными свойствами»<sup>2</sup>.

По поводу атомистической гипотезы в химии Оствальд писал: «Однако, теперь, повидимому, уже исчерпаны пределы ее пригодности, и все громче и громче раздаются голоса, свидетельствующие о ее недолговечности во многих отделах науки»<sup>3</sup>.

Оствальд взялся выполнить сам задачу изгнания из химии ее основной теории — атомистики. В этом плане он написал в 1907 г. «Введение во все учебники химии», озаглавив его «Принципы химии»<sup>4</sup>. Хотя это «Введение» представляет объемистый труд, занимающий более 300 страниц печатного текста, но в нем нет ни слова об атомах. Отвергая представление об атомах, Оствальд, естественно, отрицал и основывающийся на этих представлениях периодический закон Менделеева; о нем также нет ни слова в оствальдовском «Введении». Материалистическим воззрениям в химии Оствальд противопоставил идеалистически истолкованную химическую термодинамику или, шире, энергетику. Здесь наглядно обнаружилось, что борьба Оствальда против материализма в химии была тесно связана с борьбой не только против атомистики, но и против признания периодического закона Менделеева в качестве объективного закона природы.

Видя, что атомистика составляет опору материализма в области химии и пытаясь во что бы то ни стало вытравить ее влияние на химиков, Оствальд шел на прямую фальсификацию не только теоретических воззрений современной ему химии, но и ее истории. В этом духе он составил общий курс истории химии<sup>5</sup>.

В 1904 г. в своем «Фарадеевском чтении» на тему «Элементы и соединения» Оствальд изложил свою теорию *химической динамики*, которая-де «сделала атомистическую теорию излишней», ибо «на основании химической динамики возможно без дальнейших предпосылок (т. е. без атомистики.— Б. К.) вывести стехиометрические законы»<sup>6</sup>. Обращаясь к своим слушателям-химикам, которые в своем большинстве были стихийными материалистами, Оствальд признавался: «Я знаю, господа, что, утверждая это, я становлюсь в некотором роде на вулкан. Лишь весьма немногие из нас не станут мне возражать, что их вполне удовлетворяет

<sup>1</sup> В. Оствальд, *Философия природы*, СПб., 1903, стр. 159.

<sup>2</sup> Там же, стр. 144.

<sup>3</sup> В. Оствальд, *Основания теоретической химии*, М., 1902, стр. 9.

<sup>4</sup> Вильгельм Оствальд, *Принципы химии*, М., 1910.

<sup>5</sup> См. В. Оствальд, *Эволюция основных понятий химии*.

<sup>6</sup> В. Оствальд, *Насущная потребность*, 1912, стр. 261, 262.



теория атомов и что они совершенно не чувствуют потребности заменять это понятие каким-либо другим»<sup>1</sup>.

Оствальд рассчитывал на то, что, если ему удастся доказать, что стехиометрические законы могут быть выведены и объяснены без помощи атомистики, то тем самым ему удастся изгнать материализм и атомистику из химии. Но тщетны были все его попытки в этом направлении. Столь же тщетными были попытки Оствальда объяснить радиоактивные превращения без помощи атомистики на основе чистой энергетики, в чем, по его словам, с ним солидаризировался Рамзай в связи с открытием превращения радия в гелий. (Напомним, что, как мы видели в главе II, Рамзай, говоря об электроде, одобрительно отозвался о философии Маха и, особенно, Оствальда.) Но именно открытие электрона и радиоактивности было использовано Оствальдом в борьбе против атомистики и материализма. В 1907 г., всего за год до признания своего поражения (о чем сказано ниже), Оствальд в статье на тему «Судьба атома» издевался над понятием «атом» в связи с новыми взглядами на строение атомов из электронов и на способность некоторых из них внезапно и самопроизвольно распадаться. «Не очень симпатично, не правда ли? — иронизировал Оствальд. — Никто никогда не подумал бы, что догадка веселого Демокрита повлекла за собой такие анархические последствия»<sup>2</sup>.

Все свои бесконечные писания на этот счет Оствальд неизменно заканчивал призывом к химикам — отказаться от материализма и атомистики и перейти на позиции чистой энергетики.

Против энергетики в защиту материализма решительно выступил Менделеев. Еще в 1869 г. он подверг резкой критике динамизм, союзником которого впоследствии стала энергетика Оствальда. Говоря об атомном представлении о веществе и о его применимости к изучению химических явлений, Менделеев писал:

«Родилось оно еще в древности, и до последнего времени борется с другим гипотетическим представлением о природе вещества; это последнее учение носит название динамического и считает материю только проявлением сил. Как атомное учение переносит все изучение о веществе на атомы, так динамическое учение сводит все явления на изучение сил, считает материю только их проявлением. Еще у древних философов существовали эти две школы; в новейшее же время большинство натуралистов держится атомистической гипотезы, в особенности опираясь при этом на то, что дает химия»<sup>3</sup>.

Спустя четверть века, в 1894 г., т. е. за год до выступления Оствальда со своим «Ниспровержением научного материализма», Менделеев продолжал защищать те же материалистические положения в химии. Он писал:

«Две гипотезы с древних времен существуют в отношении к определению природы вещества: динамическая и атомистическая... Первая определяет вещество как встречу сил или как результат их взаимодействия, т. е. придает веществам значение временного сочетания сил, так что категории (в философском смысле) вещества исчезает. Вторая же признает само вещество в числе самостоятельных категорий (как, например, дух, время и энергию или силу), т. е. говорит, что вещество состоит из самобытных атомов и не может производиться игрою или сочетанием сил»<sup>4</sup>. К этому месту Менделеев делает примечание: «В динамизме движется так сказать «ничто».

<sup>1</sup> В. Оствальд, *Насущная потребность*, 1912, стр. 262.

<sup>2</sup> Там же, стр. 317.

<sup>3</sup> Д. И. Менделеев, *Соч.*, т. XIII, стр. 336.

<sup>4</sup> Д. И. Менделеев, *Избр. соч.*, т. II, стр. 367—368.

Еще немного позднее, защищая идею о материальности атомов, Менделеев указывал, что «за последние годы явно видна реакция против такого представления». С особенной силой Менделеев нанес удар энергетикам, разоблачая их связь с субъективным идеализмом. Он писал об энергетиках:

«Одни вовсе отрицают вещество, ибо, говорят они, мы знаем только энергию, веществом предьявляемую (жестокость, сопротивление, вес и т. п.) и след. вещество есть только энергия. Такое, на мой взгляд, чисто схоластическое представление очень напоминает тот абстракт, по которому ничего не существует, кроме «я», потому, что все проходит через сознание. Полагать можно, что подобные представления, несмотря ни на какую диалектику (здесь это слово употреблено в смысле софистики.— Б. К.) удержаться не могут в умах сколько-либо здравых»<sup>1</sup>.

Горячую поддержку Менделееву в его борьбе против энергетики оказал химик Н. Н. Бекетов. Из физиков против оствальдовской энергетики выступали материалисты А. Г. Столетов, Л. Больцман и многие другие. Столетов высмеивал утверждения Оствальда о том, будто энергия существует «сама по себе», без материального носителя, что она «носится через абсолютную пустоту», «имеет упругость»<sup>2</sup> и т. п.

Столетов особенно ясно показал полнейшую бесплодность энергетики в области физики, где она «до сих пор не открыла ничего, что не лежало бы в обыкновенных теориях, и в лучшем случае, при осторожном употреблении, дает только мнемонические правила для частных случаев»<sup>3</sup>. Вскрывая извращение законов термодинамики энергетиками, Столетов замечает: «Общие энергетические рассуждения в книге Оствальда изобилуют странностями и недоразумениями, и нельзя не пожалеть, что почтенный химик берется за несвойственную ему задачу»<sup>4</sup>.

Австрийский физик Л. Больцман также подверг критике энергетиков и разоблачил несостоятельность их доводов против атомистики и материализма. Ряд своих статей Больцман специально посвятил этой цели. (См. его статьи «Математика об энергетике», третий раздел которой посвящен докладу Оствальда о научном материализме; «Об энергетике»; «О неизбежности атомистики в естественных науках»; «Еще раз об атомистике» и др.)

В. И. Ленин отмечал в связи с этим: «Против оствальдовской энергетики Л. Больцман полемизировал неоднократно с точки зрения физика, доказывая, что формулы кинетической энергии (половина массы, помноженная на квадрат скорости) Оствальд ни опровергнуть, ни устранить не может и что он вертится в порочном кругу, выводя сначала энергию из массы (принимает формулу кинетической энергии), а потом массу определяя как энергию»<sup>5</sup>.

Но среди естествоиспытателей начала XX в. были и такие, которые поддерживали Оствальда. К их числу относились — чешский химик Ф. Вальд, упоминавшийся уже выше Я. И. Михайленко и многие другие. В 1904 г., когда Оствальд в своем «Фарадеевском чтении» открыл поход против атомистики в химии, Михайленко стал оспаривать у Оствальда приоритет на опровержение атомного учения, в связи с чем написал статью на тему «К вопросу о выводе стехиометрических законов

<sup>1</sup> Д. И. Менделеев, Основы химии, изд. 8, 1906, стр. 485.

<sup>2</sup> А. Г. Столетов, Соч., т. II, стр. 320.

<sup>3</sup> Там же, стр. 321.

<sup>4</sup> Там же. Примечание.

<sup>5</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 274—275.

химии без помощи атомической теории»<sup>1</sup>. При этом Михайленко ссылаясь на свою статью, которую он напечатал в «Университетских известиях Киевского университета» в 1900 г., т. е. за 4 года до оствальдовского похода против атомистики; в этой статье говорилось, что «Атомная теория как бесплодная для химии должна быть отброшена и заменена новой схемой».

Этот спор о приоритете между двумя энергетиками, т. е. спор о том, кто раньше нанес удар по материализму и атомистике в химии, при всем его комизме в свете скоро наступившего провала оствальдовской энергетике, не лишен все же интереса. Этот спор замечательно иллюстрирует следующую ленинскую оценку перспектив подобного рода споров между представителями различных реакционных течений в современном естествознании:

«Проиграно дело основателей новых философских школок, сочинителей новых гносеологических «измов», — проиграно навсегда и безнадежно. Они... могут стараться занять нескольких поклонников интересным спором о том, сказал ли раньше «э!» эмпириокритический Бобчинский или эмпириомонистический Добчинский, могут создавать даже обширную «специальную» литературу подобно «имманентам», — ход развития естествознания, несмотря на все его шатания и колебания, несмотря на всю бессознательность материализма естественников, несмотря на вчерашнее увлечение модным «физиологическим идеализмом» или сегодняшнее — модным «физическим идеализмом», отбрасывает прочь все системки и все ухищрения, выдвигая снова и снова «метафизику» *естественно-исторического материализма*»<sup>2</sup>.

В своей книге «Материализм и эмпириокритицизм» Ленин с позиций диалектического материализма подверг сокрушительной критике оствальдовскую энергетику. Ленин вскрыл ее существо, заключающееся в том, что подмена материи энергией означает на деле идеалистический отрыв движения от материи, означает попытку мыслить движение без материи.

«Энергетическая физика, — писал Ленин, — есть источник новых идеалистических попыток мыслить движение без материи — по случаю разложения считавшихся дотоле неразложимыми частиц материи и открытия дотоле невиданных форм материального движения»<sup>3</sup>.

Очень важно отметить, что возникновение и распространение энергетике Ленин связывает с разложением частиц материи (атомов), считавшихся неразложимыми, и открытием новых видов материи и новых форм движения. Ленин приводит следующие изречения известного кантрианца-идеалиста Германа Когена: «Атомизм должен был уступить место динамизму». «Замечательный поворот состоит в том, что углублению в химические проблемы вещества суждено было привести к принципиальному преодолению материалистического взгляда на материю... Теории электричества суждено было произвести величайший переворот в понимании материи и посредством превращения материи в силу привести к победе идеализма»<sup>4</sup>.

Разоблачая эту откровенную проповедь идеалистической энергетике и динамизма, Ленин пишет: «Превращение материи в силу» является здесь для Когена главным завоеванием идеализма, — совершенно так же, как для тех естествоиспытателей-«духовидцев», которых разоблачал

<sup>1</sup> См. журнал Русского физико-химического общества. Часть химическая, 1904, стр. 1120.

<sup>2</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 336.

<sup>3</sup> Там же, стр. 260.

<sup>4</sup> См. там же, стр. 269.

в 1869 году И. Дицген. Электричество объявляется сотрудником идеализма, ибо оно разрушило старую теорию о строении материи, разложило атом, открыло новые формы материального движения, настолько непохожие на старые, настолько еще неисследованные, неизученные, необычные, «чудесные», что можно протащить толкование природы, как *нематериального* (духовного, мысленного, психического) движения. Исчез вчерашний предел нашего знания бесконечно малых частиц материи, — следовательно, заключает идеалистический философ, — исчезла материя (а мысль осталась). Всякий физик и всякий инженер знает, что электричество есть (материальное) движение, но никто не знает толком, что тут движется, — следовательно, заключает идеалистический философ, — можно надуть философски необразованных людей соблазнительно «экономным» предложением: давайте *мыслить* движение *без материи...*»<sup>1</sup>.

Ленин дал исключительно глубокую характеристику энергетики, рассматривая ее в связи с поступательным движением научного познания вглубь материи от одной своей вехи (атома) к другой (электрону). «Для философов, — писал Ленин, — энергетика послужила поводом к бегству от материализма к идеализму. Естествоиспытатель смотрит на энергетику, как на удобный способ излагать законы материального движения в такое время, когда физики, если можно так выразиться, от атома отошли, а до электрона не дошли»<sup>2</sup>.

Отсюда следовало, что по мере того, как ученые все ближе будут подходить к электрону, роль энергетики неизбежно должна будет падать. Произошло все так, как это вытекало из характеристики, данной Лениным энергетике.

**Борьба материалистов на рубеже XIX—XX вв. против отрицания махистами объективности атомов и молекул.** В своей борьбе против материализма махизм, как и весь «физический» идеализм, особое внимание обратил на то, чтобы вызвать сомнение у естествоиспытателей в объективной значимости таких понятий, как «атом» и «молекула». В то время как энергетики лезли из кожи вон, чтобы изгнать атомистику вовсе, из химии и физики, некоторые махисты не возражали против использования атомистических представлений, однако, при обязательном условии, что атомы и молекулы рассматриваются не как объективно существующие, а только в качестве «удобного орудия» и «рабочей гипотезы».

Такой подход махистов к атомистике был неразрывно связан с их отрицанием объективной истины, с их субъективно-идеалистической трактовкой научных теорий и понятий не как отражения объективной реальности, а как условных знаков или символов.

Сам Мах резко обрушивался на материалистическую атомистику именно за то, что она признавала атомы и молекулы реальностью<sup>3</sup>. Ему вторили его последователи-махисты. Они требовали объявления всех научных понятий только символами, а не образами действительного мира. Упомянувшийся уже в главе IV химик-махист Шарвин писал:

«Материя есть лишь символ, который говорит, что ощущения различных наших чувств, а также и ощущения различных людей находятся в определенной взаимной связи. В постоянстве этой связи заключается и все постоянство материи. Материя есть понятие символическое, тем не менее нет никакой необходимости изгонять его из тех областей, для которых оно инстинктивно сформировалось; должно лишь правильно смот-

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 270.

<sup>2</sup> Там же, стр. 271.

<sup>3</sup> См. Э. Мах, Познание и заблуждение, стр. 112—113.

реть на него. То же самое следует сказать и относительно других символов более узкого значения, каковы, например, атом или молекула. Эти понятия символизируют известный физико-химический опыт. Употребление их в соответственных областях удобно, полезно, целесообразно и до поры до времени даже необходимо. Но не следует превращать их в реальности, не должно забывать, что подобно символам алгебры они не могут дать нам больше того, чего в них вложено»<sup>1</sup>.

«Плененные действительно блестящими успехами атомистическо-структурной теории некоторые ученые начали забывать, что мы имеем здесь дело лишь с аналогией, что атомы суть продукты нашей фантазии, а структурные формулы только символы для обозначения известных опытных данных, что вся вообще теория есть лишь средство для исследования химических явлений. Некоторым стало казаться, будто атомы имеют реальное, а не символическое только существование и что именно они, эти атомы, а не просто химические факты, должны составлять предмет нашего исследования»<sup>2</sup>.

Приведенные цитаты ясно показывают, чего боялись махисты и чего они добивались. Они боялись не слов «материя», «атомы» и т. д., а признания того, что эти слова и связанные с ними понятия выражают собой нечто реальное, существующее вне и независимо от нашего сознания. Поэтому махисты добивались прежде всего того, чтобы этим понятиям химики не придавали материалистического значения, чтобы за словом «атом» химики не показали никакой реально существующей вещи.

Не случайно, приводя примеры из истории химии, Шарвин обходит имя Бутлерова, создателя материалистической теории строения, и ссылается на имя Кекуле, защитника агностической теории типов<sup>3</sup>.

Попытку убедить химиков, не отвергая атомистики, отказаться от признания объективно атомов, предпринял другой химик-махист М. Ю. Гольдштейн, о котором также уже говорилось в главе IV. Гольдштейн поставил перед собой задачу вывести основные идеи атомистики не из объективного мира, т. е. не из природы вещества, а исключительно из особенностей человеческого сознания. Прежде всего, повторяя Маха и К<sup>о</sup>, Гольдштейн заявляет: «Теперь атомизм может быть рассматриваем, как рабочая гипотеза, т. е. как гипотеза, при помощи которой мы, при наименьшей затрате нашей мыслительной энергии, можем удержать в памяти и в представлении наибольшее число имеющихся в науке фактов»<sup>4</sup>.

Объявив атомизм «рабочею» гипотезою или схемою, Гольдштейн выясняет «психологический генезис атомизма»<sup>5</sup>. Ставя вопрос: почему наука до сих пор упорно держится за атомы и не хочет признать сплошности тел, автор отвечает так: «Корень этому лежит, повидимому, не в том, что в атомизме больше истинности, чем в противоположном воззрении, а в чисто психологическом основании, явившемся в свою очередь результатом постоянного наблюдения и опыта... Первоначальное наблюдение дает нам лишь части, правда фактически неотделенные, но могущие быть отделенными. Понятие же о теле, как целом, является лишь после того, как отдельные части изучены. В этом, мы полагаем, и лежит зародыш атомизма»<sup>6</sup>.

<sup>1</sup> В. В. Шарвин, Как создается наука. (Воззрения Эрнста Маха.) М., 1906, стр. 52.

<sup>2</sup> Там же, стр. 28.

<sup>3</sup> См. там же, стр. 27—28.

<sup>4</sup> М. Ю. Гольдштейн, Основы философии химии, СПб., 1902, стр. 28.

<sup>5</sup> Там же, стр. 18.

<sup>6</sup> Там же, стр. 19.

Отсюда следует общий вывод в духе типичнейшего махизма: «Атомическая гипотеза является гипотезою психологически необходимою. В той или другой форме — более или менее скрытой, мы ее видим везде. Непрерывности мы не можем постигнуть, не расчленяя ее на части: отсюда понятие о времени, о пространстве, понятие о прямой-линии, как элементе кривой, понятие об атоме, понятие о клетке, как биологическом атоме, понятие о человеке, как о социологическом атоме и т. д.

*Атомическая гипотеза выражает не строение тел, а скорее строение нашей познавательной способности»<sup>1</sup>.*

Субъективно-идеалистическая трактовка атомистики здесь представлена чрезвычайно выпукло. Такие же махистские установки Гольдштейн проводит в оценке периодической системы Менделеева и ее гипотетического истолкования Круксом в смысле признания единства происхождения всех химических элементов. Так, например, Гольдштейн замечает по поводу гипотезы Крукса: «Если вместе с философами эмпирико-критической школы признать, что прогресс науки заключается в отыскании наиболее общих схем, т. е. таких, применяя которые, мы при наименьшей затрате умственной энергии можем охватить и описать наиболее широкий цикл явлений, то гипотеза Крукса, как схема эволюционизма, проведенная в учение о происхождении элементов — есть несомненный шаг вперед»<sup>2</sup>.

Как видим, Гольдштейн пытается с философских позиций махизма рассмотреть все основные химические теории и гипотезы.

Против махизма, так же как и против энергетики и всего «физического» идеализма в целом, боролись ученые-материалисты: Менделеев, Столетов, Ланжевен, Больцман и др. Отвергая выпады махистов против материализма и атомистики, разоблачая их стремление посеять скептическое сомнение в объективной значимости физико-химических теорий и понятий, Менделеев писал:

«...За атомизмом есть свои заслуги, своя история. Простой же чистый скептицизм есть сумбур и ведет к губительному резонерству и бездеятельности, пагубной для отдельных лиц и всяких их совокупностей»<sup>3</sup>.

Со своей стороны Столетов также подвергал резкой критике махизм, который еще не успел получить в 90-х годах XIX в. большого распространения среди физиков и химиков. (Столетов умер в 1896 г.) Столетов особенно резко критиковал сведение махистами научных понятий и теорий к символам: «Такое направление, — говорил он, — весьма напоминает нам символизм так называемых декадентов, проявившийся в новейшей литературе. Не так смотрят на дело наиболее глубокие умы нашего времени...»<sup>4</sup>. Здесь Столетов имеет в виду современных ему физиков, стоящих на позиции стихийного материализма.

Защищал материализм выдающийся французский физик-материалист П. Ланжевен. В то время как махисты и всякого рода философские путаники в связи с открытием электронов кричали об «исчезновении материи», о «сведении материи к электричеству» и т. д., подразумевая, что электроны суть нечто нематериальное, Ланжевен дал вполне материалистическое объяснение новых физических открытий. В 1904 г. в статье на тему «Физика электронов» он писал, что обычная материя «неотделима от электрических зарядов и, по всей вероятности, состоит из скопления электронов»<sup>5</sup>; далее он указывал, что «электронная теория

<sup>1</sup> М. Ю. Гольдштейн, Основы философии химии, СПб., 1902, стр. 57—58.

<sup>2</sup> Там же, стр. 126.

<sup>3</sup> Д. И. Менделеев, Основы химии, изд. 8, 1906, стр. 485.

<sup>4</sup> А. Г. Столетов, Собр. соч., т. II, 1941, стр. 321.

<sup>5</sup> П. Ланжевен, Избр. произв., 1949, стр. 78.



материи, согласно которой материя, по крайней мере частично, становится синонимом движущегося электричества, повидимому, соответствует множеству фактов, число которых непрерывно увеличивается...»<sup>1</sup>. Следовательно, в противоположность тем, кто кричал, что «материя исчезла», «материя заменилась электричеством» и т. п., Ланжевен показал, что суть новых открытий состоит в том, что создана новая теория строения материи, что электричество и электроны сами суть материальные образования.

Что касается Больцмана, то его борьбу против махизма отметил Ленин в своей книге «Материализм и эмпириокритицизм». Ленин писал: «Борясь против «феноменологической» физики Маха и К<sup>о</sup>, Больцман утверждал, что «те, кто думает устранить атомистику посредством дифференциальных уравнений, не видят за деревьями леса» (144). «Если не делать себе иллюзий насчет значения дифференциальных уравнений, то не может быть сомнения в том, что картина мира (посредством дифференциальных уравнений) все-таки необходимо будет атомистическая, картина того, как по известным правилам будут изменяться во времени громадные количества вещей, расположенных в пространстве с тремя измерениями. Вещи эти могут быть, разумеется, одинаковыми или различными, неизменными или изменяемыми» и т. д. (156). «Совершенно очевидно, что феноменологическая физика только прикрывается облачением дифференциальных уравнений,— говорил Больцман в 1899 г. в речи на Мюнхенском съезде естествоиспытателей,— на самом же деле она исходит равным образом из атомообразных отдельных существ (Einzelwesen). И так как эти существа приходится представлять себе обладающими то одними, то другими свойствами для разных групп явлений, то скоро обнаружится потребность в более простой и единообразной атомистике» (223). «Учение об электронах развивается именно в атомистическую теорию всех явлений электричества» (357)»<sup>2</sup>.

Сокрушительный удар по махизму нанес Ленин своим бессмертным произведением «Материализм и эмпириокритицизм». Разоблачая махизм как реакционное, идеалистическое течение, Ленин показал реакционность позиций махистов и по вопросу об атомах и молекулах. Ленин приводит рассуждения стихийного материалиста Риккера, противопоставляя их рассуждениям спиритуалиста Уорда. Риккер возражал против того, что идеалисты заявляют, что раз молекул и атомов нельзя видеть, то, значит, они могут быть пригодны, только как «простые понятия», «но их нельзя рассматривать, как реальности». Однако, как отмечает Риккер, ряд фактов, наблюдений и опытов доказывает, что материя состоит из отдельных частиц или зерен. «Ошибки в частностях тут неизбежны,— замечает Ленин,— но вся совокупность научных данных не оставляет места для сомнения в существовании атомов и молекул»<sup>3</sup>.

Отвергая положение, что атомы — только «простые понятия», но не реальности, Риккер защищает материалистический тезис, что «атомы — не только вспомогательные понятия для математиков, а физические реальности».

Ленин показывает, как на эту довольно робкую защиту материализма Риккером обрушился открытый идеалист Уорд, который заявил, что «атомистическая и другие теории строения материи суть только рабочие гипотезы и притом строго ограниченные физическими явлениями...».

<sup>1</sup> Ланжевен, Избр. произв., 1949, стр. 84.

<sup>2</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 275—276. (В скобки Ленин ставит страницы книги Больцмана.— Б. К.)

<sup>3</sup> Там же, стр. 262.



Вскрывая истинный смысл этого заявления, Ленин пишет: «Чрезвычайно верно зато поставлен спиритуалистом вопрос об атомах и пр., как «рабочей гипотезе». Бóльшего, чем объявления понятий естествознания «рабочими гипотезами», современный, культурный фидеизм (Уорд прямо выводит его из своего спиритуализма) *не думает и требовать*. Мы вам отдадим науку, г.г. естествоиспытатели, отдайте нам гносеологию, философию, — таково условие сожительства теологов и профессоров в «передовых» капиталистических странах»<sup>1</sup>.

Далее, на примере идеалиста Гартмана Ленин показывает, как идеализм пытается более последовательно вытеснить материализм из всех областей естествознания, лишив все это понятия и категории их объективной значимости. С точки зрения последовательного идеализма «Нельзя только атомы, электроны, эфир считать простым символом, простой «рабочей гипотезой», — надо объявить «рабочей гипотезой» и время, и пространство, и законы природы, и весь внешний мир. Либо материализм, либо универсальная подстановка психического под всю физическую природу»<sup>2</sup>.

К каким реакционным выводам, пагубным для науки, приводят подобного рода махистские установки, Ленин показывает на примере самого Маха. «Вредным», — пишет Ленин, — является идеалистический взгляд Маха на пространство и время, ибо он, во-первых, раскрывает настежь дверь фидеизму, а, во-вторых, самого Маха *соблазняет* на реакционные выводы. Например, в 1872 году Мах писал, что «химические элементы не обязательно представлять себе в пространстве с тремя измерениями...». «Нет никакой необходимости мыслить чисто мыслительные вещи... пространственно...». «Что до сих пор не удалось создать удовлетворительную теорию электричества, это зависит, может быть, от того, что электрические явления непременно хотели объяснить молекулярными процессами в пространстве с тремя измерениями»<sup>3</sup>.

Ленин показывает, что это — позиция прямого и незапутанного махизма: «если молекулы, атомы, словом, — химические элементы нельзя ощущать, то они, значит, «только мыслительные вещи»... А раз так и раз пространство и время не имеют объективно-реального значения, то ясно, что вовсе не обязательно представлять себе атомы *пространственно!*. Рассуждение Маха есть переход из лагеря естествознания в лагерь фидеизма. Естествознание и в 1872 г. и в 1906 г. искало, ищет и находит — по крайней мере, *нащупывает* — атом электричества, электрон, в пространстве с тремя измерениями. Естествознание не задумывается над тем, что вещество, которое им исследуется, существует не иначе, как в пространстве с 3-мя измерениями, а следовательно, и частицы этого вещества, хотя бы они были так мелки, что видеть мы их не можем, «обязательно» существуют в том же пространстве с 3-мя измерениями»<sup>4</sup>.

Вскрывая классовую роль махизма как прислужника фидеизма, Ленин приводит ряд примеров, которые касаются атомистики и ее понятий. Ленин подвергает уничтожающей критике утверждение махиста Петцольдта, что «совершенно все равно, держится ли мир на сказочном слоне или на молекулах и атомах, если мыслить их себе в гносеологическом отношении реальными, а не только для метафоры употребляемыми» (понятиями. — Б. К.).

«Ведь это все — *сплошной обскурантизм*, — гневно замечает Ленин, — самая отъявленная реакционность. Считать атомы, молекулы, электроны

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 267.

<sup>2</sup> Там же, стр. 273.

<sup>3</sup> Там же, стр. 167.

<sup>4</sup> Там же, стр. 167—168

и т. д. приблизительно верным отражением в нашей голове *объективно реального движения материи*, это все равно, что верить в слона, который держит на себе мир! Понятно, что за подобного *обскуранта*, наряженного в шутовской костюм модного позитивиста, ухватились *обеими руками* имманенты. Нет *ни одного* имманента, который бы с пеной у рта не накидывался на «метафизику» естествознания, на «материализм» естествоиспытателей *именно за это признание* естествоиспытателями объективной реальности материи (и ее частиц), времени, пространства, закономерности природы и т. д. и т. п.<sup>1</sup>

Далее Ленин приводит выступление американского ученого Карла Снайдера в защиту стихийного материализма; Снайдер иронизирует над попытками махистов объявить теорию атомов и все подобные учения просто удобными «рабочими гипотезами». Вслед за тем Ленин цитирует махиста Рудольфа Вилли, который утверждал, будто «атомы и пустое пространство суть лишь фиктивные понятия, оказывающие просто услуги, как пособия..., принимаемые по соображениям целесообразности, пока они удобны для употребления»<sup>2</sup>.

Сопоставив оба высказывания, Ленин заключает: «Представьте себе горькую участь махиста, когда его излюбленные утонченные построения, сводящие категории естествознания к простым рабочим гипотезам, высмеиваются, как сплошной вздор, естественниками по обе стороны океана!..

Есть от чего в отчаяние придти! Совсем «по-новому», «эмпириокритически» доказали, что и пространство и атомы — «рабочие гипотезы», а естественники издеваются над этим *берклеанством...*»<sup>3</sup>.

Но иногда случалось и так, что ученый, стоящий в основном на позициях стихийного материализма, делал уступки модной идеалистической философии махизма заигрывал с нею, отходил от своего материализма. Ленин приводит, например, стихийно-материалистические рассуждения химика У. Рамзая, который писал, что «электричество есть вещь; оно *есть* эти маленькие тельца», что «электричество есть особая форма материи», что оно «есть на самом деле субстанция», что превращение радия в гелий есть превращение его «в более простую форму материи»<sup>4</sup>.

В другом месте Рамзай писал, что «атомистическая теория есть теория», — предположение, являющееся, как мы полагаем, истинным», что «мы допускаем существование молекул и атомов, считая, что для этого существуют веские основания»<sup>5</sup>. Материальность, вещественность электрона была для Рамзая несомненна, ибо он трактовал электрон как химический элемент. Однако когда перед Рамзаем возникает необходимость выбрать из двух гипотез одну, то он выбирает «механическую» (т. е. атомистическую) не потому, что она соответствует действительности, а потому только, что она более *удобна*, чем другая: «Так как дело здесь сводится к вопросу удобства, то я сознательно выбираю, подобно большинству других химиков и физиков, «механическое» объяснение природы»<sup>6</sup>. Сделав правильный выбор в пользу материализма и атомистики, Рамзай аргументирует его неправильно, по-махистски. Здесь у него обнаруживается явная философская уступка противникам материализма, Маху и Оствальду, перед которыми он счел нужным расшаркаться на предыдущей странице своей статьи.

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 332—333.

<sup>2</sup> Там же, стр. 339.

<sup>3</sup> Там же, стр. 339—340.

<sup>4</sup> См. там же. Примечание, стр. 299.

<sup>5</sup> «Новые идеи в химии», № 4, стр. 4, 6.

<sup>6</sup> Там же, стр. 6.

На этом примере мы видим, что стихийный материализм естествоиспытателей, будучи неосознанным, не в состоянии вести последовательной борьбы против враждебной материализму и передовому естествознанию философии. Не может провести такой борьбы и метафизический, механистический и вульгарный материализм. Только с позиций марксистского, т. е. диалектического материализма, можно вести и провести такую борьбу последовательно до конца, до полного разоблачения и разгрома противника. Классическим образцом такой борьбы служит книга Ленина «Материализм и эмпириокритицизм». Ленин писал:

«Материалистический основной дух физики, как и всего современного естествознания, победит все и всяческие кризисы, но только с неприменной заменой материализма метафизического материализмом диалектическим»<sup>1</sup>. Позднейшее развитие физики и всего естествознания, особенно в современный период, блестяще подтвердило этот гениальный ленинский прогноз.

Поражение энергетики в связи с экспериментальным доказательством реальности атомов и молекул. К исходу первого десятилетия XX в., т. е. в самый разгар новейшей революции в естествознании и кризиса физики, стали обнаруживаться, одно за другим, прямые экспериментальные подтверждения идеи дискретного строения материи, т. е. идеи атомистики. Эти подтверждения поступали с самых различных сторон. Они состояли в том, что открывалась возможность, то тут то там, подсчета так называемого числа Авогадро  $N$  (число частиц в одной грамм-молекуле вещества). Данные кинетической теории газов сходились с тем, что давал подсчет ионов в газах или подсчет зернышек в эмульсиях. Следовательно, атомистика подтверждалась и данными, исходящими как от более мелких и простых частиц материи, чем обычные молекулы (альфа-частицы, ионы и др.), так и от более крупных и сложных (коллоидные частицы и др.).

Вместе с тем все развитие физики с конца XIX в. пошло под знаком идей дискретности материи и ее форм, т. е. под знаком атомистики. Особенно большое значение имело открытие дискретности электричества (электрон) и света (фотон); даже сама энергия, которая в XIX в. рассматривалась только как величина непрерывная, оказалась дискретной (квант действия). Физики научились считать и фиксировать *отдельные* заряженные частицы материи (счетчик Гейгера, камера Вильсона). Приближалось открытие атомного ядра и установление его размеров. Атомистика и тесно связанный с нею материализм в физике и химии совершали свое триумфальное шествие.

В апреле 1909 г., т. е. в год выхода в свет ленинской книги «Материализм и эмпириокритицизм» Ж. Перрен сделал доклад во французском физическом обществе на тему «Броуновское движение и действительность молекул». Сравнивая значения числа  $N$ , полученные при анализе различных физических явлений, Перрен называет сводную таблицу этих значений (см. ниже) «принципом молекулярной реальности»<sup>2</sup> или «доказательством действительности молекул»<sup>3</sup>.

В заключение, отметив удивительное совпадение всех данных, Перрен сказал: «Я считаю невозможным, чтобы на ум, освобожденный от предвзятости, крайнее разнообразие явлений, приводящих к одному результату, не оставило сильного впечатления, и я думаю, что отныне трудно

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 292.

<sup>2</sup> Ж. Перрен, Реальность молекул, сб. «Философия науки», ч. 1, вып. 2, 1924, стр. 140.

<sup>3</sup> Ж. Перрен, Броуновское движение и действительность молекул, СПб., 1912, стр. 94.

было бы разумными доводами отстаивать старания, враждебные молекулярным гипотезам, которые всех склонят в свою пользу и которым будет дано столько же веры, сколько и принципам энергетики. Не следует, понятно, эти две дисциплины противопоставлять одну другой...»<sup>1</sup>.

В 1912 г. Ж. Перрен развил далее эти положения и собрал еще более точные экспериментальные данные относительно определения числа  $N$ . Он привел следующую таблицу, характеризующую «совпадение результатов»<sup>2</sup>:

Явления	$N/10^{22}$	
Внутреннее трение газов (по кинетической теории) . . . . .	62(?)	
Распределение зерен разжиженной эмульсии по высоте . . . . .	68	
Распределение по высоте густых эмульсий . . . . .	60	
Броуновское движение {	Величина перемещений . . . . .	64
	Вращение . . . . .	65
	Диффузия . . . . .	69
Флюктуации плотности в густых эмульсиях . . . . .	60	
Критическая опалесценция . . . . .	75	
Голубой цвет неба . . . . .	65	
Рассеяние света в аргоне . . . . .	69	
Спектр черного тела . . . . .	61	
Заряд микроскопических частиц . . . . .	61 (?)	
Радиоактивные явления {	Заряд $\alpha$ -частиц . . . . .	62
	Образование гелия . . . . .	66
	Исчезновение радия . . . . .	64
	Излучение энергии . . . . .	60

По поводу приведенной таблицы Перрен замечает:

«Нельзя не удивляться, видя, как согласуются между собой результаты исследования столь различных явлений. Если мы вспомним, что одна и та же величина получается в результате варьирования условий и явлений, к которым прилагаются эти методы, мы приходим к заключению, что реальность молекул имеет вероятность, весьма близкую к достоверности... Атомная теория торжествует. Многочисленные ее противники признают себя побежденными и один за другим отрекаются от того недоверия, которое представлялось им долгие годы законным и, без сомнения, было полезно для науки»<sup>3</sup>.

В этих условиях становилось немислимо и просто невозможно отстаивать прежнюю энергетику с ее полным отрицанием атомистики. И вот в ноябре 1908 г. сам создатель и лидер этого модного идеалистического течения В. Оствальд публично выступил с признанием своего поражения. В предисловии к четвертому изданию своих «Оснований общей химии» он писал: «Ныне я убедился, что в недавнее время нами получены экспериментальные подтверждения прерывного, или зернистого, характера вещества, которое тщетно отыскивала атомистическая ги-

<sup>1</sup> Ж. Перрен, Броуновское движение и действительность молекул, СПб., 1912, стр. 95—96.

<sup>2</sup> Ж. Перрен, Атомы, 1924, стр. 226.

<sup>3</sup> Там же, стр. 226—227.

потеза в течение столетий и тысячелетий. Изолирование и подсчет числа ионов в газах..., а также совпадение законов броуновского движения с требованиями кинетической теории... дают теперь самому осторожному ученому право говорить об экспериментальном подтверждении атомистической теории вещества... Тем самым атомистическая гипотеза поднята на уровень научно обоснованной теории...»<sup>1</sup>.

Через год, в 1909 г., Оствальд вновь расписался в поражении своей энергетики, в той ее части, которая отвергала атомистику. Он писал в статье на тему «Основные стехиометрические законы и атомистическая теория»: «Как известно, исследования последнего времени дали весьма убедительные доказательства в пользу существования атомов; в целом ряде случаев даны недвусмысленные экспериментальные доказательства зернистого строения весомой материи или образования ее из отдельных частиц, причем основные числовые величины, выражающие соответствующие свойства, оказались согласными с требованиями кинетической теории»<sup>2</sup>.

Отмечая победу материализма и атомистики в их борьбе против идеализма и энергетики, Вант-Гофф записал в своем дневнике 28 ноября 1908 года: «Оствальд посетил меня. Он обращен и признает молекулу»<sup>3</sup>.

Сопоставляя борьбу динамистов против атомистики в начале XIX в. с борьбой энергетиков против нее же в начале XX в., мы обнаруживаем, что Оствальд полностью повторил, только немного переиначив их, старые идеалистические аргументы, которыми оперировали Кант, Шеллинг, Гегель и их сторонники. Но как тогда, сто лет тому назад, материализм и атомистика, опираясь на опытные данные химиков, нанесли поражение идеализму в лице его динамической теории, так теперь они нанесли поражение тому же идеализму в лице его энергетики, которая, по словам, ярого идеалиста Гартмана, есть «союзник чистого динамизма, ибо устраняет вещество»<sup>4</sup>.

Однако было бы неправильно думать, как это делают некоторые авторы, будто признание Оствальдом атомистики означало, что энергетическое поветрие вообще исчезло из естествознания. Не говоря уже о современном энергетизме, о котором речь будет идти ниже, даже оствальдовская энергетика продолжала существовать после своего поражения в борьбе против материализма и атомистики. В сборниках своих статей, написанных уже после признания атомистики<sup>5</sup>, Оствальд продолжал настаивать на прежней энергетике как философском течении. В них он все также провозглашал пресловутое преодоление «дуализма» материи и энергии, объявляя энергию «последней реальностью», «всеобщим понятием», заявляя, будто «энергия вытеснила материю», словом, отстаивая все основные положения своей энергетики, кроме отрицания идеи дискретности в отношении строения вещества.

Как же примирялась эта атомистическая идея с основными идеалистическими посылками оствальдовской энергетики? Рассмотрим в связи с этим два пути, по которым пошли последователи энергетики Оствальда после ее поражения в борьбе с атомистикой. Один из этих путей состоял в том, чтобы приспособить основные положения энергетики к признанию атомистики, иначе говоря, чтобы оторвать атомистику от материализма и перевести ее на рельсы идеализма. Для этого требова-

<sup>1</sup> W. Ostwald, Grundriss der allgemeinen Chemie, 1908, стр. VII.

<sup>2</sup> В. Оствальд, Насущная потребность, 1912, стр. 308.

<sup>3</sup> Цит. по кн.: М. А. Блох. «Жизнь и творчество Вант-Гоффа», 1923, стр. 56.

<sup>4</sup> Цит. по В. И. Ленну, Соч., т. 14, стр. 272.

<sup>5</sup> См. В. Оствальд, Энергетический императив, СПб., 1913; его же, Насущная потребность, СПб., 1912.

лось только одно: вместо дискретности материи говорить с дискретности энергии, а самую идею дискретности объявить полезной и удобной (в субъективно-махистском смысле этих слов) для химиков. На такой путь встал, в частности, Л. В. Писаржевский в бытность свою защитником оствальдовской энергетики.

Еще в 1912 г., т. е. вскоре после поражения оствальдовской энергетики, Писаржевский выступил с ее защитой и напечатал статью «Энергетическое мировоззрение». В этой статье, следуя полностью за Оствальдом, Писаржевский утверждал, что понятие о материи должно быть заменено понятием об энергии. «Это мировоззрение,— писал он,— заменяет два начала вселенной — материю и энергию — одним и является результатом присущего человеку стремления к упрощению, — стремления, охватить все явления мира одной формулой»<sup>1</sup>. Писаржевский приводит слова Оствальда, что материя, это — «не реальность, но лишь продукт нашей мысли, — наша гипотеза», а потому ее и нельзя класть в основу «свободного от гипотез» мировоззрения, каким является, по утверждению Оствальда, энергетическое мировоззрение.

Вместе с тем Писаржевский пытается учесть предыдущий урок истории, когда бесславно провалились многолетние усилия Оствальда «опровергнуть» атомистику. Писаржевский предлагает поступить иначе: не отвергая атомистики, отвергнуть лишь ее *материалистическую* основу и перевести ее на базу идеалистической энергетики. Для этого нужно лишь считать атомы дискретными частицами не материи, а энергии. «Огромная заслуга Оствальда в том, — пишет Писаржевский, — что он в своей энергетической картине мира указал на полную возможность упростить нашу схему мира, сводя все к одному — к энергии; огромный же недостаток его учения в том, что оно отрицает всякие гипотезы и в том числе психологически необходимую атомную гипотезу.

Но это отрицание не есть логический вывод из основных положений энергетики, а лишь ошибка ее автора; вот почему это мировоззрение следовало лишь приветствовать, как упрощение наших взглядов на вселенную. Тем более, что открытия последних лет, повидимому, приводят нас, повторяю, к необходимости признать самостоятельное существование энергии и считать, что материя, если можно так выразиться, построена из энергии, что атомы веществ состоят из еще более мелких атомов энергии.

Мы переживаем в настоящее время переход от атомно-материалистического мировоззрения к *атомно-энергетическому*.

Строение нашей познавательной способности заставляет нас и энергию разложить на атомы, если мы хотим глубже проникнуть в сущность вещей...

В результате всего мы и приходим к атомно-энергетическому мировоззрению...

Мне кажется, можно смело сказать, что это мировоззрение имеет блестящее будущее...

Будем надеяться, что соотношение энергетики с атомной гипотезой, выливающееся в форму атомно-энергетического изображения вселенной, поможет нам построить прочный мост через пропасть, разделяющую до сих пор дух и материю»<sup>2</sup>.

Как мы видим, Писаржевский отнюдь не обескуражен тем, что оствальдовская энергетика потерпела жестокое поражение в борьбе против материализма. Напротив, он пытается отнять у материализма то

<sup>1</sup> «Природа» за 1912 год, стр. 371.

<sup>2</sup> Там же, стр. 1414—1415.

оружие, которым была побита энергетика — атомистический взгляд на элементы — и объявить это оружие энергетическим. Другими словами, Писаржевский пытается превратить атомизм из противника энергетики в ее союзника. С этой целью он «изгоняет» всякий намек на *материальные* атомы и трактует атомистику в духе чистой воды субъективного идеализма как психологически необходимую гипотезу. Атомистический взгляд на вещество следует принять, по Писаржевскому, не потому, что он объективно верен, что он отражает саму реальную действительность, но лишь потому, что он для нас удобен, что он соответствует нашим субъективным стремлениям и даже вытекает из строения нашей познавательной способности. Тем самым, сочетая энергетика с атомизмом, Писаржевский делает дальнейший шаг в сторону от материализма к идеализму.

Такие махистско-энергетические взгляды Писаржевский отстаивал и 10 лет спустя. В 1922 г. он писал совершенно то же самое, что и в 1912 г.: «Энергия — начало всего сущего. Материя — одна из форм, в которых проявляется энергия.. Атомы материи состоят из электрических зарядов, — электронов, — атомов электричества, — атомов электрической энергии, — *атомов энергии*».

Мы переживаем в настоящее время переход от атомно-материалистического мировоззрения к атомно-энергетическому.

Присущее человеку стремление к упрощению, стремление охватить все явления мира одной формулой давно уже влекло нас к замене двух начал вселенной, материи и энергии, одним.

Современное состояние наших знаний говорит нам, что это начало — энергия.

Уже Оствальд показал возможность объединения природы мертвой и природы живой при помощи понятия «энергия»<sup>1</sup>.

Вслед за этим Писаржевский, как и раньше, оправдывает изгнание понятия «материя» из науки и оперирование понятием атомов энергии на основе махистских принципов «удобства описания» и «экономии мышления». Он пишет: «Устранение понятия материи, как реальной первоосновы всего сущего, и замена ее энергией не должны нас смущать. Будут ли эти носители атомами материи или атомами энергии, — для нас безразлично, лишь бы при их помощи было возможно и удобно охватить и осмыслить протекающие в окружающем нас мире явления»<sup>2</sup>.

Следует напомнить, о чем уже говорилось в первой части книги, что впоследствии Писаржевский отказался от своей защиты оставалдовской энергетики и стремился перейти на позиции диалектического материализма. К этому его привело могучее и благотворное влияние мировоззрения нашей Коммунистической партии и изучение трудов классиков марксизма-ленинизма. Не маловажное значение имело и то, что чем дальше шло развитие науки, тем яснее обнаруживалась безнадежность попыток спасти и оправдать энергетику.

Другой путь, по которому можно было пойти энергетикам после того, как их лидер признал атомистику, состоял в том, чтобы, вопреки всем научным открытиям, продолжать еще более упрямо отрицать реальность атомов и допустимость атомистических воззрений в науке о веществе. Этим незавидным путем пошел противник Менделеева — Я. И. Михайленко. В 1912 г. он снова выступил против атомистики, причем развил какую-то совершенно фантастическую, чисто энергетическую «теорию» химических соединений; согласно этой странной «теории»,

<sup>1</sup> Л. Писаржевский, Основы неорганической химии, 1922, стр. 3.

<sup>2</sup> Там же, стр. 4.



«наш мир есть... как бы одна громадная молекула, эмблема которой есть эмблема закона паев — алхимическая змея, глотающая свой хвост»<sup>1</sup>. Итак, безнадежнейшая борьба против материализма и атомистики привела энергетика Михайленко к эмблемам и алхимическим драконам!

Следует отметить, что в то время как Писаржевский впоследствии сумел порвать с энергетикой и в 30-х годах XX в. уже переходил на позиции диалектического материализма, Михайленко, напротив, продолжал отстаивать свои враждебные материализму воззрения. В 1935 г. он рекомендовал свои энергетические статьи 1900—1912 гг., как якобы поясняющие атомно-молекулярную теорию<sup>2</sup>, заявляя, как и раньше, будто «закон химических паев может быть выведен, исходя из непрерывной структуры вещества» (т. е. без атомистики. — *Б. К.*) (стр. 191); более того, Михайленко объявил в духе самого откровенного идеализма, будто «самое квантование есть математическая необходимость дифференциальных уравнений, которые построены на принципе непрерывности» (стр. 190—191). Здесь автор полностью солидаризуется с Махом, согласно которому «физической необходимости нет, а есть только логическая!» Это положение было раскритиковано Лениным<sup>3</sup>.

Свою борьбу против материализма и атомистики Михайленко сочетал с грубыми выпадами против Менделеева. Он выделил разрядкой свою «оценку» открытия Менделеева, гласящую (см. главу X), будто «основное положение Менделеева, что место элемента в системе определяется его атомным весом, неверно». В главе VIII, было показано, насколько неверно считать это положение у Менделеева основным, а в главе XI было показано, насколько неверно сводить всю характеристику элементов только к описанию электронной оболочки их атомов и электрического заряда их ядер. Но Михайленко стремится, вопреки истине, умалить значение открытия, сделанного материалистом Менделеевым. Он пишет по поводу менделеевской таблицы элементов, презрительно называя ее «эмпирической»: «Старая эмпирически найденная форма таблицы... должна быть оставлена» (стр. 240). Вместо нее он рекомендует в качестве «наиболее соответствующей» другую таблицу, которую он именуется не менделеевской, а «таблицей формы Бора—Томсена» или простой «таблицей Бора и Ю. Томсена» (стр. 240). Более того: Михайленко дошел до того, что снял имя Менделеева даже с периодической системы элементов, именуя ее «Периодическая система элементов Бора и Томсена» (стр. 137) или «Периодическая система химических типов Бора и Ю. Томсена» (стр. 138). Эту систему он выдает за «более совершенную чем та, которая была дана Менделеевым» (стр. 137). В соответствии с этим в 1938 г. Михайленко опубликовал отдельное издание таблицы Бора—Томсена, которая на деле есть не что иное, как обычная длинная форма периодической системы элементов, которую впервые Менделеев установил еще в феврале 1869 г. (а вслед за ним Бор и Томсен).

Таким образом, этот второй путь по которому пошел Михайленко, привел его к принижению неоспоримых заслуг великого русского ученого-материалиста и к грубому низкопоклонству перед модной реакционной, идеалистической философией.

<sup>1</sup> Журнал Русского физико-химического общества, 1912, стр. 383.

<sup>2</sup> Я. Михайленко, Эволюция наших представлений о химических элементах, атомах и молекулах за последнее время, ч. I, 1935, стр. 68, 190. (В дальнейшем мы указываем в тексте страницы этой книги.)

<sup>3</sup> См. В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 282.

### 3. БОРЬБА МАТЕРИАЛИЗМА И ИДЕАЛИЗМА ВОКРУГ АТОМИСТИКИ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ И ХИМИИ

До сих пор мы по преимуществу говорили о борьбе материализма и идеализма вокруг атомистики в химии; теперь же мы остановимся на их борьбе вокруг атомистики в современной физике, начиная со второй четверти XX в., и лишь отчасти затронем их борьбу в современной химии. В связи с этим мы рассмотрим некоторые философские выводы, которые делались и делаются в связи с квантовой механикой, применимостью закона сохранения энергии к элементарным физическим процессам, взаимопревращением «пар» и фотонов, дефектом массы и законом взаимосвязи массы и энергии, также в связи с природой химической связи.

Борьба материалистов против идеалистических выводов из квантовой механики, против отрицания реальности частиц материи и их детерминированности. Создание квантовой механики, отражающей специфические закономерности движения микрообъектов, было широко использовано современными «физическими» идеалистами в целях борьбы против материализма. В этом отношении прежде всего следует назвать представителей двух «школ»: так называемой «Копенгагенской школы» (Н. Бор, В. Гейзенберг, П. Йордан и др.), которая представляет собой типичное неомажистское направление в современной физике, и так называемой «Кембриджской школы» (Дж. Джинс, А. Эддингтон, П. А. М. Дирак, Милн и др.), которая представляет собой особого рода направление математического идеализма в физике. Несмотря на это различие, по основным гносеологическим вопросам представители обоих направлений выступают довольно дружно и взаимно поддерживают друг друга.

В части, касающейся атомистики (мы здесь других вопросов не затрагиваем), современный «физический» идеализм, пытающийся паразитировать на успехах квантовой механики, выступает тройко: во-первых, он пытается подвергнуть сомнению или даже отрицать вовсе объективную реальность микрочастиц, незаконно используя с этой целью качественное своеобразие их природы, их двойственный, противоречивый характер, поскольку они представляют собою не просто частицы, а частицы-волны; во-вторых, он пытается доказать принципиальную индетерминированность, незакономерность движения и состояния микрочастиц, извращая и фальсифицируя с этой целью так называемые соотношение неточностей, свидетельствующее не об отсутствии детерминированности явлений микромира, а о ее своеобразии, ее специфичности, о ее качественном отличии от типа детерминированности явлений макромира; в-третьих, он пытается вообще заменить представление о материи и о ее микрочастицах представлением о некоторой системе математических или духовных «волн», или же «волн вероятности», спекулируя на заведомо искаженном истолковании основных уравнений квантовой механики, которые опираются на понятие вероятности (в применении к состоянию микрочастиц) и которые носят характер волновых уравнений.

Приведем несколько примеров того, как некоторые современные физики, тяготеющие к идеализму, навязывают науке реакционные философские выводы посредством грубого насилия, совершаемого над квантовой механикой. В статье «Квантовая механика» Гейзенберг писал, что раньше, вследствие непосредственной экспериментальной очевидности атомистических представлений, естественно было приписать основным частицам материи (речь шла об электронах) «одинаковую степень реальности, как и предметам окружающего нас обихода». Гейзенберг пояс-

няет, что эти частицы стали представляться в виде чрезвычайно малых телец с определенными свойствами,двигающихся в пространстве и во времени по определенным законам. Однако «с течением времени такое представление оказалось неверным, чему не приходится удивляться, если учесть принципиальную невозможность наглядности у названного прерывного элемента. Электроны или атомы не обладают той степенью непосредственной реальности, как предметы ежедневного опыта. Исследование типа физической реальности, соответствующей атомам и электронам, и есть предмет атомной физики и вместе с тем квантовой механики»<sup>1</sup>.

Таким образом, Гейзенберг вводит особое понятие «физической реальности» для обозначения меньшей реальности микрочастиц по сравнению с объектами макромира. Это понятие явно идеалистическое; оно призвано к тому, чтобы помочь под флагом разговоров о «физической реальности» провести махистское положение о меньшей реальности предметов микромира.

Позднее Гейзенберг продолжал развивать далее свои махистские воззрения на атомы и электроны. В докладе на тему «Развитие квантовой механики» он писал: «Классическая физика как раз и кончается в том месте, где нельзя уже отказаться от учета влияния наблюдения на исследуемые процессы. Квантовая механика, наоборот, покупает возможность рассмотрения атомных процессов путем частичного отказа от их описания в пространстве и времени и их объективирования»<sup>2</sup>. Таким образом, Гейзенберг толкает физиков на махистские выводы тем, что заявляет, будто бы материализм согласуется лишь со старой механикой, с механикой макротел, а потому будто бы нужно отказаться от материализма в пользу идеализма, чтобы «купить» себе возможность входа в микромир. Это, разумеется, является абсолютным вздором, ибо, как неоднократно предупреждал Ленин, материализм вовсе не утверждал «обязательно «механическую», а не электромагнитную, не какую-нибудь еще неизмеримо более сложную картину мира, как *движущейся материи*»<sup>3</sup>. Квантовая механика и есть такая, неизмеримо более сложная, по сравнению со старой, «механической» картиной мира, картина мира как *движущейся материи*.

Современные «физические» идеалисты для проведения реакционных философских выводов, якобы вытекающих из квантовой механики, широко используют факт качественного своеобразия микрообъектов. Обнаружилось, что микрообъекты представляют собою необычное, с точки зрения обыденного обихода, образование, включающее в себя каким-то непонятным для «здорового смысла» образом и волны, и частицы. Идеалист спешит воспользоваться этим и ставит вопрос: а нельзя ли по этому случаю объявить и волны, и частицы только фикцией, только «удобным средством» описания фактов, только «рабочей гипотезой»? Иначе говоря, нельзя ли лишит микропредметы их реальности, пользуясь их физическим своеобразием? Или, например, обнаружилось, что микропредметы, опять-таки в силу своей специфики, подчиняются не механической причинности, как обычные макротела, которыми занимается старая, «классическая» механика, а несравнимо более сложному типу причинности, которая кажется необычной и непонятной для «здорового смысла». Идеалист снова спешит воспользоваться этим и задается

<sup>1</sup> «Успехи физических наук», т. VI, 1926, стр. 425.

<sup>2</sup> В. Гейзенберг, Э. Шредингер, П. А. М. Дирак, Современная квантовая механика, 1934, стр. 32.

<sup>3</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 267.

целью: а нельзя ли по этому случаю объявить самую причинность чем-то психологическим, субъективным, только привычкой мыслить причинно, но несуществующей в самой действительности, т. е. лишить понятие причинности его объективного значения? Точно так же поступают современные «физические» идеалисты с пространством и временем, с движением и другими основными категориями современной науки. Всюду и везде у них одна линия: используя прогресс физики, используя открытия новых видов материи и ее движения, новых типов закономерных связей, провести реакционную мысль о том, что и сама материя, и все ее формы, и все ее частицы — все это только фикции, только «рабочие гипотезы», лишенные объективного содержания.

Как такую манипуляцию совершают физики-идеалисты, можно показать на примере Дирака. Создавая свой «принцип суперпозиции», Дирак подвел под него следующее, явно махистское философское «обоснование»: «Волны и частицы должны рассматриваться как две абстракции, полезные при описании одной и той же физической реальности. Не следует думать, что в реальном физическом мире существуют и волны и частицы... Квантовая механика стремится только формулировать свои законы таким образом, чтобы из них можно было заключить совершенно однозначно, что именно должно случиться при тех или иных заданных экспериментальных условиях. Было бы бесполезно и бессмысленно стремиться проникнуть в отношения между частицами и волнами глубже, чем требуется для достижения этой цели»<sup>1</sup>.

Позднее Дирак еще больше развил идеалистическую трактовку своего «принципа суперпозиции», резко противопоставив его материалистическому закону причинности. В духе откровенного махизма он писал: «...Мы должны пересмотреть наши представления о причинности. Закон причинности может применяться только к системе, которая не подвергается возмущениям...

В квантовой теории имеет место принципиальный индетерминизм... Не следует думать, что отсутствие детерминизма в квантовой теории есть нечто, заслуживающее сожаления. В рациональной окончательной теории строения материи детерминизм обязательно должен отсутствовать»<sup>2</sup>.

Махистские взгляды на микромир выдвигает и Н. Бор. Подобно Гейзенбергу он утверждает, будто «в противоположность обыкновенной механике новая механика не имеет дела с описанием движения атомных частиц в пространстве и времени»<sup>3</sup>. Спекулируя на громадной роли измерительного прибора при изучении микроявлений, Бор проповедует старую, избитую, махистскую идею «принципиальной координации» субъекта и объекта, согласно которой изучаемый объект принципиально не может существовать независимо от их наблюдателя. В связи с этим Бор в статье «Квантовый постулат и новое развитие атомистики» утверждал: «Всякое наблюдение атомных явлений связано с таким взаимодействием последних со средствами наблюдения, которыми нельзя пренебречь, а потому невозможно приписать самостоятельную физическую реальность в обычном смысле как феномену, так и средству наблюдения»<sup>4</sup>. Так звучит старая, фальшивая, махистская идея, реакционность которой была разоблачена еще Лениным в его «Материализме и эмпириокритицизме».

На такой основе Бор создал особый «принцип дополнительности», насквозь пронизанный идеализмом и лишенный какого-либо положи-

<sup>1</sup> П. Дирак, Основы квантовой механики, 1932, стр. 10.

<sup>2</sup> П. Дирак, Основы квантовой механики, 1937, стр. 12.

<sup>3</sup> «Успехи физических наук», т. VI, 1926, стр. 99.

<sup>4</sup> Тот же журнал, т. VIII, 1928, стр. 307.

тельного, физического содержания. Своим острием принцип дополнительности направлен против материализма, против материалистических взглядов на пространство и время, на причинность. Гейзенберг характеризует суть боровского принципа дополнительности следующей схемой<sup>1</sup>:

Классическая теория	Квантовая теория	
	или	или
Описание в пространстве и времени	Описание в пространстве и времени	Статистические зависимости
Причинность	Соотношение неопределенности	
		Причинность

Другими словами, раньше физики-материалисты считали, что изучаемый объект может быть описан в пространстве и времени, в которых он существует реально, и вместе с тем как причинно-обусловленный; теперь же, согласно принципу дополнительности, физикам предлагается, либо, с одной стороны, описывая микроявления в пространстве и во времени, отказываться от причинности и признавать принципиальный индетерминизм, либо, с другой стороны, принимая причинность, отказываться от признания, что микропредметы существуют во времени и пространстве. Или — или. А когда получатся две такие идеалистически извращенные картины изучаемой действительности, складывать их вместе, дополнять одну другой, дабы возвести в квадрат идеалистические истолкования действительности.

К чему приводят такого рода махистские упражнения, показывает следующий факт. В статье на тему «Атомная теория и описание природы» Бор договорился до того, что объявил, будто у микрочастиц есть «свобода воли». Говоря о новой физике, он заявил буквально следующее: «Мы здесь так удалились от причинного описания, что должны атому, находящемуся в стационарном состоянии, приписывать в общем свободный выбор между различными возможностями перехода в иные стационарные состояния»<sup>2</sup>.

Физик-материалист Ланжевен разоблачал подобного рода реакционные философские измышления современных «физических» идеалистов, которые делались ими в связи с провозглашением ими же мнимого крушения детерминизма. В статье «Атомы и корпускулы» Ланжевен писал: «Во имя этого стали предаваться самым разнообразным видам интеллектуального разврата, провозглашая «свободу воли» частиц, свободный выбор природы и т. д.; утверждалось, что «...теория квант выявила индетерминизм законов природы. Подчиняясь некоторым статистическим законам, налагаемым волнами, индивидуальный электрон, так же как и фотон, протон, атом или молекула, обладает известным простором действия, известной свободой, изменяемой и ограничиваемой постоянной Планка». В 1927 г. в Брюсселе Дирак сказал: «Есть известные моменты, когда природа делает выбор».

Некоторые ученые шли еще дальше. Так, например, Эддингтон в своей книге «Природа физического мира» пишет: «Можно, пожалуй,

<sup>1</sup> См. В. Гейзенберг, Физические принципы квантовой теории, 1932, стр. 52.

<sup>2</sup> Die Naturwissenschaften, 1930, Heft 4, § 75.

сказать в качестве вывода из современной науки, что, начиная с 1927 г., религия стала приемлемой для здравого научного ума. Если оправдается наше предположение, что в 1927 г. Гейзенбергу, Бору, Борну и другим удалось окончательно устранить строгую причинность, то этот год явится, несомненно, одной из самых значительных эпох в развитии научной мысли»<sup>1</sup>. Так писал Ланжевен.

В статье «Современная физика и детерминизм» Ланжевен показывает всю бесплодность и враждебность идеализма для современной физики. Он пишет: «Идеалистические философы и примыкающие к ним физики, как Эддингтон, Джинс, Иордан, Дирак и др., снова утверждают, что современные успехи физики являются доказательством того, что реальный мир, независимый от нашего мышления, не существует, что в стремлении к познанию реальности мы наталкиваемся на непреодолимые препятствия, что каузальность и детерминизм существуют лишь в нашем сознании и что они сохраняют свою справедливость только в пределах известных границ, вне которых существует лишь индетерминизм самих фактов. Эти проблемы, и в особенности последняя, развивались в многочисленных комментариях, посвященных выдвинутому Гейзенбергом соотношению неточности, в котором комментаторы усмотрели признание наличия предела физического научного познания вообще и детерминизма в частности. Эти положения, как исходящие от физиков, так и выдвинутые философами, были сформулированы с такой поспешностью, что сделанные на основании их предсказания вскоре оказались опровергнутыми самым категорическим образом»<sup>2</sup>.

В качестве примера Ланжевен приводит книгу физика-идеалиста П. Иордана: «Новая книга Иордана «Физика XX века» (1938) изобилует категорическими формулировками вроде следующих: «ликвидация материализма», «совершенно новая позитивная возможность гарантировать верующему его жизненное пространство, не вступая в противоречие с научной мыслью», «отказ от объективности» и пр.»<sup>3</sup>.

В своем выступлении на философской дискуссии 1947 г. А. А. Жданов призвал передовых ученых разоблачать псевдонаучную аргументацию, которой современные реакционные ученые снабжают поповщину. А. А. Жданов говорил:

«В равной мере кантианские выверты современных буржуазных атомных физиков приводят их к выводам о «свободе воли» у электрона, к попыткам изобразить материю только лишь как некоторую совокупность волн...»<sup>4</sup>.

Следуя принципу партийности философии, советские физики во главе с С. И. Вавиловым подвергли сокрушительной критике реакционные измышления представителей как копенгагенской, так и кембриджской школ современного «физического» идеализма. Еще в 30-х годах XX в. С. И. Вавилов развернул борьбу против «физического» идеализма с позиций сознательного материализма. Он указывал тогда:

«Несомненно, что современная теоретическая физика Запада в своих философских предпосылках носит отпечаток идеалистических течений»<sup>5</sup>. Позднее, в статье на тему «Новая физика и диалектический материализм», он писал: «Советским ученым, идущим под развернутым знаменем диалектического материализма, давно пора бы серьезно взяться за расшвыривание карточных домиков идеализма и мистицизма, незави-

<sup>1</sup> П. Ланжевен, Избр. произв., 1949, стр. 359.

<sup>2</sup> Там же, стр. 386.

<sup>3</sup> Там же, стр. 395—396.

<sup>4</sup> «Вопросы философии», 1947, № 1, стр. 271.

<sup>5</sup> «Природа», 1932, № 11—12, стр. 1005.



симо от того, кем эти домики строятся». И он отмечал, что «учение о строении вещества, волновая механика с ее необозримым богатством следствий и новое учение о пространстве — времени — вот три основные дороги, по которым прокатилась революция в физике за 30 лет. Все эти дороги ведут к диалектическому материализму, вскрывая подлинную диалектику природы, и прогноз Ленина оказался совершенно точным»<sup>1</sup>.

В дальнейшем мы покажем, как С. И. Вавилов давал отпор «физическому» идеализму по конкретным вопросам современной физики и как он отстаивал материализм по этим вопросам.

После второй мировой войны передовые физики развернули дальнейшую борьбу против «физического» идеализма копенгагенской и кембриджской школ; они разоблачали и подвергали острой критике реакционные вымыслы о так называемой «физической реальности» микромира, лишенной характера объективно существующей вещи, об индетерминизме элементарных процессов; они подвергли резкой критике принцип дополнительности Бора, идеалистическое истолкование принципа суперпозиции Дирака и т. д. Борьба против реакционных философских течений в современной физике усиливается с каждым годом, по мере того, как все большее число передовых ученых во всем мире становится на позиции диалектического материализма.

**Поражение идеалистов в их борьбе против закона сохранения энергии.** В XX в. физики-идеалисты несколько раз, но совершенно безуспешно, начинали поход против закона сохранения энергии. Это понятно, так как материалисты всегда считали закон сохранения и превращения энергии, по словам Ленина, «установлением основных положений материализма»<sup>2</sup>.

Как только перед наукой возникали известного рода временные трудности, касающиеся энергетической стороны элементарных процессов, физики-идеалисты пытались прежде всего найти выход из этих затруднений путем отказа от закона сохранения энергии, т. е. от материализма. В то время как ученые искали положительного решения не ясного еще им вопроса, физики-идеалисты толкали их на реакционные выводы, пользуясь тем, что положительный ответ на этот вопрос не был еще найден. Таков прием идеалистов, неоднократно применяемый ими в борьбе против материализма. Здесь снова подтвердилось, насколько прав был Ленин, когда он, разоблачая специфические приемы идеалиста Когена, указывал на то, что так как вновь открытые формы материального движения оказались непохожими на старые, что так как они еще не исследованы, не изучены, а потому кажутся необычными, «чудесными», то идеалист пользуется этим, чтобы провести свое идеалистическое толкование природы.

Однако история науки, история познания природы, познания вещества неизменно приводила к тому, что рано или поздно обнаруживалось истинное, единственно правильное, материалистическое решение вопроса; идеализм неизменно оказывался битым, материализм торжествовал очередную свою победу над идеализмом по новому конкретному естественнонаучному вопросу, так как решение вопроса было найдено не ценой отказа от основных положений материализма, в том числе от закона сохранения энергии, а как раз наоборот, — исходя непосредственно из этого закона. И это материалистическое решение вопроса представляло собою часто громадный шаг вперед, открывало собой новую эпоху в развитии физики и химии, в развитии познания материи и ее частиц.

<sup>1</sup> «Под знаменем марксизма», 1938, № 12, стр. 32.

<sup>2</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, Примечание, стр. 318.



Ленин приводит слова немецкого ученого-марксиста Ф. Меринга о том, что история естествознания XIX в. есть история «победного шествия естественно-исторического материализма»<sup>1</sup>.

Это полностью применимо и к естествознанию XX в., с тем только существенным отличием, что в этом веке естественно-исторический материализм ученых превращается все чаще и последовательнее в сознательный диалектический материализм.

Тем не менее, несмотря на свое неизменное поражение, идеалисты не упускают случая вновь и вновь повторять свои приемы, как только на пути развития физики возникнет новая непредвиденная трудность.

Рассмотрим несколько конкретных примеров.

Весной 1924 г. Бор и его последователи сделали попытку преодолеть трудности при разработке теории атома. Трудности эти вытекали из односторонней теории Бора: она не учитывала и не могла учесть противоречивой природы света, представляющего собой единство квантов и волн, прерывности и непрерывности. Поэтому теория Бора не могла пойти дальше объяснения спектра простейшего атома водорода; когда же речь шла о более сложных атомах и даже о молекуле водорода, обнаруживалась ее недостаточность и просто ее несостоятельность. Бор и его последователи решили преодолеть эту трудность не путем дальнейшего развития самой квантовой теории, а путем отказа от признания того, что энергия сохраняется в каждом отдельном элементарном акте ее поглощения или излучения атомом; по их мнению, следовало допустить, что в пределах элементарных процессов энергия может твориться из ничего и превращаться в ничто. Но уже в 1925 г. эта реакционная гипотеза была отвергнута экспериментально, так что сами авторы этой идеалистической мысли вынуждены были от нее отказаться. Вместе с тем развитие физики воочию показало, где в действительности лежал ключ к решению трудностей, вставших на пути развития квантовой теории атома: не в отказе от материализма с его признанием сохранения энергии, а в раскрытии противоречивой двойственности микрообъектов, в фактическом признании их как взаимосвязи противоположностей, как единства корпускулярной и волновой их природы. На такой именно основе, на основе более глубокого проникновения в сущность микроявлений, и выросла новая квантовая, или волновая, механика — механика микропроцессов. Так ответила сама наука физикам-идеалистам — Бору и его последователям.

Зададимся вопросом: что было бы, если бы гипотеза идеалистов-физиков восторжествовала и дала *видимость* решения возникшего перед физикой неясного вопроса? Будучи уверены, что трудность решена, что неясности больше нет, физики перестали бы искать других путей к решению поставленного перед ними самим прогрессом науки вопроса, т. е. фактически сняли бы его, отказались бы его решать. Это могло бы надолго задержать прогресс науки, и создание квантовой механики произошло бы позднее, под давлением новых неумолимых фактов, которые обнаружили бы в конце концов иллюзорность того решения, которое по ошибке было принято за действительное, поскольку оно было подкреплено авторитетом самого Бора.

Поражение идеализма в этом вопросе отнюдь не обескуражило идеалистов. Они ничему не научились и ничего не забыли. Как только спустя шесть лет возникла новая трудность такого же примерно рода, они с такой же поспешностью набросились на нее и с такой же настойчивостью начали провозглашать очередное крушение принципа сохранения

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Соч., т. 14, стр. 341.

энергии, т. е. очередной свой отказ от материализма. Речь идет о том, что в начале 30-х годов XX в. выяснилось, что при бета-распаде радиоактивных веществ вылетающие из ядра электроны уносят с собою лишь половину энергии, которую теряет ядро. Вторая же половина энергии теряется, казалось бы, бесследно: ее нет ни в ядре, ни у вылетевших из ядра электронов. Где же эта часть энергии? Куда она девается?

Бор не преминул немедленно использовать эту неясность, чтобы провозгласить свою прежнюю, уже однажды бесславно оставленную идеалистическую гипотезу о неприменимости принципа сохранения энергии к элементарному акту, в данном случае — к процессам радиоактивного распада. В октябре 1931 г. он заявил, что эти процессы окажутся неподчиняющимися таким принципам, как законы сохранения энергии и момента движения, формулирование которых существенным образом основывается на понятии материальной частицы.

Здесь Бор намечал уже дальнейшие перспективы в пользу идеализма: за отказом от принципа сохранения энергии и момента движения должен последовать отказ от фундаментальной идеи материальной частицы, ибо эта идея служила основой для отбрасываемых принципов.

Тяготеющие к идеалистической моде физики снова с радостью подхватили реакционную гипотезу, на которую толкал их Бор, увидя в ней возможность взять реванш за то поражение, которое понес идеализм шесть лет тому назад в связи с боровской моделью атома. «Физический» идеалист Гамов в статье «Теория радиоактивного распада» писал: «Для находящихся внутри ядра вылетающих из него электронов закон сохранения энергии оказывается неприложимым»<sup>1</sup>.

На эти очередные происки идеализма физика ответила тем, что снова полностью опровергла их как несостоятельные, ложные; тем самым физика отстояла материалистическую линию в решении также и данного вопроса. Упомянувшийся уже в главе X В. Паули выдвинул в том же 1931 г. материалистическую гипотезу, согласно которой при бета-радиоактивном распаде, наряду с электронами, вылетают еще и другие материальные частицы, ранее нам неизвестные, которые как раз и уносят с собою недостающую половину энергии, которую теряет ядро. Другими словами, из каждого радиоактивного ядра, подвергшегося бета-распаду, вылетает не одиночный электрон, а пара частиц — электрон и неизвестная еще частица. Так как калориметр, с помощью которого определялся энергетический эффект бета-распада, не удерживает этих частиц и так как камера Вильсона их не фиксирует, то надо признать, что эти частицы обладают исключительно малой массой и лишены электрического заряда. Поэтому они были названы «нейтрино».

Гипотеза нейтрино объяснила не только сохранение энергии при бета-распаде, но и сохранение момента движения. Поэтому с самого же начала эта гипотеза была направлена на то, чтобы сохранить фундаментальное понятие *материальной* частицы, на которое опирались оба принципа сохранения и отказаться от которого рекомендовал физикам Нильс Бор. В дальнейшем гипотеза нейтрино так часто выручала физиков из теоретических трудностей при объяснении явлений ядерной физики, что, хотя частица нейтрино еще не поддается прямому экспериментальному наблюдению, но ее существование может быть признано ныне уже не гипотетическим, а почти достоверным.

Следует обратить внимание на то, что гипотеза нейтрино, подтвердившая и укрепившая *материалистические* позиции в физике, родилась в прямом ее противопоставлении идеалистическим взглядам Бора и его

<sup>1</sup> «Успехи физических наук», т. X, вып. 4, 1930.

сторонников. Борьба в физике фактически развернулась в 1931 г. за одно из двух философски противоположных решений трудности объяснения бета-распада: идеалистическое или материалистическое. Материализм вновь одержал бесспорную и блестящую победу над идеализмом; последний был разбит и на этот раз, причем разбит так, что всем было ясно, что всякое его отстаивание по данному вопросу означало бы прямой тормоз для развития ядерной физики.

Зададимся снова вопросом: представим себе на минуту, что боровская идеалистическая концепция бета-распада восторжествовала, и физики приняли это показавшееся им верным решение за истинное. Что получилось бы тогда? Физики на время прекратили бы поиски иного решения вопроса, отказались бы от понятия материальной частицы, и это завело бы их в такой теоретический тупик, выбраться из которого можно было бы только путем отказа от идеализма и фактического перехода в данном вопросе на позиции материализма. Следовательно, идеализм заводит науку в тупик, сбивая ее с правильного пути, а материализм раскрывает перед ней новые, незамечаемые иначе, возможности, наводит мысль физиков на новые, исключительно плодотворные гипотезы. Плодотворность этих материалистических гипотез зависит не от того, что они «удобны» и «полезны», а от того, что они материалистичны, т. е. верно отражают вне нас существующий объективный мир. Таков бесспорный урок, который преподала сама история науки физикам в связи с двукратной попыткой идеалистов «опровергнуть» закон сохранения энергии в его применении к элементарным физическим процессам.

Но как мало и на этот раз научились физики-идеалисты, как мало согласились они с тем, что нельзя искать выхода из трудностей за счет отказа от материализма, показывает следующий факт. В 1936 г., т. е. всего через пять лет после поражения Бора в вопросе об истолковании бета-распада, физики-идеалисты ухватились за наблюдения американского физика Шекланда над рассеянием гамма-лучей с целью опровержения закона сохранения энергии. К конфузу идеалистов вскоре оказалось, что эти наблюдения были попросту ошибочны.

Так бесславно завершались одна за другой попытки «опровержения» материализма с помощью данных атомной физики.

**Борьба материалистов против «уничтожения» материи современными энергетиками.** Прием, излюбленный идеалистами в их борьбе против материализма, состоит в следующем: идеалисты объявляют материей не всю объективную реальность, а только один какой-либо физический вид материи (например, атомы) или одно какое-либо физическое свойство материи (например, механическую массу). Делается это с тем расчетом, чтобы можно было утверждать о мнимом «исчезновении» материи, о мнимом «превращении» ее в энергию, о мнимой «замене» ее электричеством и т. д. на том основании, что данный конкретный физический вид материи или ее свойство, выдаваемые за всю материю, изменяются, претерпевают качественное превращение, переходят в другой физический вид материи, в другое ее свойство.

Так именно поступали «физические» идеалисты в начале XX в., когда они делали гносеологические выводы из электронного строения атома, из казавшегося тогда полного отсутствия у электрона иной массы, кроме электромагнитной. Ленин блестяще разоблачил этот специфический прием тогдашних махистов и энергетиков и полностью разгромил их попытки бороться против материализма при помощи логических трюков, основанных на смешении понятий и на подмене понятий (философского понятия материи физическими представлениями о ее строении и ее конкретных свойствах).

Однако современные махисты и энергетики отнюдь не оставили этого разоблаченного Лениным приема борьбы против материализма. Напротив, они широко «развили» и «усовершенствовали» его в связи с использованием в своих партийных целях новейших открытий ядерной физики.

Современные энергетики особенно яростно спекулируют на мнимом «превращении» материи в энергию, на мнимой «аннигиляции» («уничтожении») материи, на мнимом «охвате» понятия материи понятием энергии. С этой целью они объявляют материей только те ее частицы, которые обладают так называемой массой покоя, т. е. только частицы вещества — электроны, позитроны и др.; свет же и фотоны они объявляют чистой энергией, причем самую энергию они выдают за нечто нематериальное. Таким образом, они объявляют материей только одно вещество. Поэтому, очень легко они «доказывают», что материя якобы исчезает («аннигилирует»), когда вещественная «пара» — электрон и позитрон — сливаются воедино и превращаются в фотоны света, ибо, согласно утверждению современных энергетиков, «пара» — это материя, а фотоны — это не материя, а чистое, нематериальное движение, чистая энергия. Значит, здесь, по их словам, материя «исчезает», материя «превращается» в энергию. Эти реакционные утверждения современных энергетиков дружным хором подхватывают все неомохисты, всякого рода логические позитивисты, персоналисты и прочие союзники фидеизма. Такие утверждения новоиспеченных энергетиков позволяют делать общие гносеологические выводы о мнимом «крушении» материализма с его краеугольным камнем — понятием материи.

С. И. Вавилов с позиций материализма подверг критике подобного рода «аргументацию» энергетиков и вообще современных «физических» идеалистов. Опираясь на труд Ленина «Материализм и эмпириокритицизм», он вскрыл и разоблачил никчемность и абсолютную необоснованность попыток идеалистического истолкования новых открытий ядерной физики в духе признания «аннигиляции» материи, в духе признания «превращения» материи в энергию.

Еще в 1934 г. в статье «Диалектика световых явлений» Вавилов указывал на то, что только что открытые факты рождения и уничтожения «пары» означают не что иное, как взаимопревращение вещества и света. «Свет превращается в вещество, и вещество переходит в свет», — писал тогда Вавилов. Но никакого «исчезновения» материи или «перехода» ее в энергию при этом не происходит, так как «свет материален с той степенью достоверности, как материально вещество»<sup>1</sup>. Так развивал С. И. Вавилов материалистические взгляды на свет своего учителя П. Н. Лебедева.

Но если свет столь же материален, как и вещество, то переход одного в другое есть превращение движущейся материи из одного своего вида (вещество) в другой свой вид (свет) и обратно. Это глубоко верное материалистическое положение С. И. Вавилов позднее (имея в виду основные физические виды материи, охватывающие область физических явлений мира) сформулировал так: «Существующий материальный мир — движущая материя — представляется нам в двух основных формах — как *вещество и свет*»<sup>2</sup>. Далее Вавилов вновь подчеркивает, что «превращение света в вещество было экспериментально доказано»<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> «Под знаменем марксизма», 1934, т. 4, стр. 70.

<sup>2</sup> С. И. Вавилов, Глаз и солнце, 1950, стр. 41.

<sup>3</sup> Там же, стр. 46.

С этих материалистических позиций С. И. Вавилов резко раскритиковал тезис идеалистов о мнимой аннигиляции материи. Он писал в 1941 г. в статье «Развитие идеи вещества»: «В современной физике укоренился на редкость неудачный термин: «аннигиляция материи» — в применении к факту превращения электронов в свет. Перед нами типично неправильное применение понятия. Явление заключается в превращении вещества в свет, т. е. одной формы материи в другую. Между тем приведенная, обычно применяемая формулировка твердо установленного в современной физике факта звучит явно идеалистически и неприемлемо»<sup>1</sup>.

Другое явление ядерной физики, которое фальсифицируют современные энергетика в целях «опровержения» материализма и «доказательства» того, будто материя «превращается» в энергию, это — явление, известное под названием «дефекта массы». Это явление было предвидено еще Менделеевым, исходившим из материалистического объяснения предпологавшейся им уже в 1871 г. изменчивости веса атомов. Дефект массы, наблюдаемый при любых ядерных процессах, состоит в том, что вместе с изменением общего запаса внутренней энергии ядра строго соответственным образом изменяется и масса ядра. Когда запас энергии ядра уменьшается (т. е. когда происходит выделение из него энергии), то пропорционально этому уменьшается и масса ядра.

Современные энергетика и их союзники-идеалисты немедленно поспешили из этого экспериментально наблюдаемого физического явления сделать вывод: дефект массы означает-де превращение массы или вещества в энергию; а так как, по их заявлению, материя есть масса, материя есть вещество, то отсюда они делают нужный им гносеологический вывод о «превращении» материи в энергию, следовательно, опять-таки о мнимом «крушении» материализма.

Подобным же образом энергетика и все вообще «физические» идеалисты ухитрились истолковать известное соотношение между массой  $m$  и энергией  $E$ , выражаемое формулой  $E = mc^2$ , где  $c$  — скорость света. Это соотношение содержалось уже в известных исследованиях П. Н. Лебедева, впервые открывшего и измерившего световое давление. В общем виде это соотношение вывел великий физик А. Эйнштейн. Это соотношение выражает собой закон неразрывной взаимосвязи массы и энергии, который гласит, что как нет массы без энергии, так нет и энергии без массы. Следовательно, в этом законе конкретизируется «универсальный закон Ломоносова» сохранения материи и движения. Более того: в нем конкретизируется одно из основных положений диалектического материализма о неразрывности материи и движения.

Однако «физические» идеалисты и особенно современные энергетика попытались провести и здесь свою реакционную философию с целью грубой фальсификации истинного содержания закона взаимосвязи массы и энергии. Они на все лады доказывали, будто указанное соотношение между массой и энергией следует рассматривать как закон превращаемости массы в энергию и соответственно этому как закон эквивалентности массы и энергии, но отнюдь не как закон их неразрывной связи. В этом духе высказывались такие столпы современного «физического» идеализма, как лидеры кембриджской школы — Джинс и Эддингтон. Сам Эйнштейн склонен был давать выведенному им закону энергетическое, следовательно, идеалистическое истолкование.

Особенно большой шум вокруг этого закона, равно как и вокруг явления дефекта массы, был поднят в лагере «физического» и прочего

<sup>1</sup> «Под знаменем марксизма», 1941, № 2, стр. 96

идеализма в связи с созданием атомной бомбы. Наряду с борьбой реакционеров от науки против передового, материалистического мировоззрения развертывалась деятельность поджигателей войны, которые пытались извлечь из атомной бомбы выгодные для них аргументы как философского, так и военно-политического характера в целях атомного шантажа.

Передовые ученые во главе с С. И. Вавиловым дали отпор этим реакционным поползновениям врагов мира и демократии. Следуя призыву нашего Правительства догнать и превзойти достижения зарубежной науки, советские физики помогли разгадать секрет атомного оружия и лишить империалистов их мнимой монополии в обладании атомной (в 1947 г.), а затем и водородной (в 1953 г.) бомбой. Выполняя завет Ленина — разоблачать философские установки современных реакционных ученых, физики- и философы-материалисты разгромили современный энергетизм, доказав, что никакого «превращения» массы в энергию, а тем более — материи в энергию не происходит.

С. И. Вавилов писал по поводу явлений, изучаемых ядерной физикой: «Во избежание довольно часто встречающейся ошибки при этом важно заметить, что масса не исчезает и не превращается в энергию, как это иногда говорят, масса остается в виде массы получающихся фотонов, но только эквивалентная энергия из формы недоступной становится вполне доступной — световой»<sup>1</sup>.

В итоге идеализм оказался битым и в этом пункте, а его нападки на материализм оказались абсолютно несостоятельными. Современная энергетика, как и ее предшественница — энергетика Оствальда, несмотря на все старания ее адвокатов из числа физиков и философов, разоблачила себя как реакционное течение, паразитирующее подобно ядовитой плесени на живом дереве всеильного человеческого познания.

Критика современными химиками-материалистами идеалистической теории резонанса-мезомерии. До сих пор, говоря о борьбе материализма и идеализма в современной науке, мы ограничивались атомной и ядерной физикой. Однако философские реакционные установки современных «физических» идеалистов оказали свое тлетворное влияние и на современную химию, поскольку химия все теснее переплетается ныне с современной физикой. Эта взаимная связь физики и химии особенно ясно выступает в тех областях знания, которые касаются физического (квантово-механического и электронного) истолкования известных химических данных, например данных, касающихся химического строения молекул, природы химической связи атомов в молекуле и т. д. Пытаясь привлечь к физическому истолкованию этих химических представлений квантовую механику, некоторые химики и физико-химики переняли вместе с аппаратом квантовой механики и философские идеалистические концепции ее творцов из числа таких физиков, как Бор, Гейзенберг, Дирак и др. Получилось поэтому так, что применение квантовой механики к химии оказалось связанным с переносом в область химии установок современного «физического» идеализма. На этой почве возникли две идеалистические теории, трактующие о природе химической связи атомов: «теория мезомерии» английского химика Ингольда и «теория резонанса» американского физико-химика Л. Паулинга. Впоследствии обе теории слились воедино, поскольку их философская основа оказалась тождественной.

Суть теории Ингольда — Паулинга состоит в отказе от материалистического учения Бутлерова о том, что химическая структурная формула отражает истинное строение молекулы и что поэтому единому объекту

<sup>1</sup> С. И. Вавилов, Глаз и солище, 1950, стр. 70.



(органической молекуле) отвечает единая структурная формула, но не набор различных формул, как это утверждали сторонники агностической теории типов. По Ингольду, строение молекулы невозможно выразить обычными структурными формулами; поэтому нужно ввести две фиктивные формулы, которые изображали бы некоторые «предельные» случаи, не существующие в действительности. После этого следует определить истинное строение молекулы как нечто среднее, промежуточное (мезос по-гречески и значит средний) между этими двумя фиктивными формулами, выражающими несуществующие «предельные» состояния молекулы. Следовательно, реальная действительность в этом случае рассматривается как нечто среднее, производное, зависящее от фиктивных, реально не существующих структур и введенных лишь ради удобства изображения истинной структуры молекулы. Выдавая затем вымышленные «предельные» структурные формулы за существующие в действительности, Ингольд трактовал «мезомерию» как некоторый физический эффект («мезомерный эффект»), означающий превращение «невозможных», «предельных» структур в реальные, «мезомерные» структуры. Между тем, разумеется, нет и не может быть никакого физического взаимодействия между несуществующими «предельными» структурами Ингольда и реальными структурами реального вещества, ибо это означало бы признать, что субъективный образ может превращаться в нечто объективное и даже подменять собою изучаемый объект.

Еще более странный вид приняла эта подмена объекта (органической молекулы) субъективным, причем заведомо фиктивным его изображением у Паулинга и его последователей. Паулинг исходит из того, что истинную структуру некоторых сложных молекул вообще нельзя познать и правильно отобразить в виде единых структурных формул. Можно лишь описывать состояние этих молекул при помощи известного волнового уравнения квантовой механики. Если это математическое уравнение разложить в ряд, то можно допустить, но только для удобства изображения, что каждому математическому члену ряда соответствует некоторая совершенно фиктивная, реально не существующая «структура» данной молекулы. Таким способом, пользуясь правилами комбинаторики, можно мысленно «сконструировать» десятки, сотни и тысячи фиктивных «структур». Далее, с помощью этих «структур» Паулинг пытается дать квантово-механическое описание отдельных органических молекул. С этой целью он заставляет свои вымышленные «структуры» особым образом взаимодействовать, или «резонировать», между собою, «налагаться» одна на другую. В соответствии с этим они получают название «резонансных структур». Впадая затем в явную ошибку, Паулинг вопреки самым элементарным правилам мышления, начинает приписывать вымышленным им же самим «резонансным структурам» объективный характер: эти «структуры» у него объективизируются, обретают реальность, начинают двигаться, резонировать, налагаться друг на друга так, как если бы это были не фикции, а реальности, а резонанс был бы не прием, введенный ради удобства, причем прием, заведомо условный, а некоторое физическое явление. Более того: у Паулинга иногда получается так, будто реальные свойства реальных молекул обусловлены мнимыми свойствами мнимых «резонансных структур»; это означает признать, будто объект есть продукт вымышленных субъектом фикций. Так, например, Паулинг писал «о резонансе молекул между несколькими электронными структурами», откуда делал заключение, что «именно резонанс обуславливает ароматические свойства бензола»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Л. Паулинг, Природа химической связи, 1947 г., стр. 131, 133.



Ученик Паулинга, американский химик Уэланд правильно заявлял, что «идея резонанса является умозрительной концепцией в большей степени, чем другие физические теории. Она не отражает какого-либо внутреннего свойства самой молекулы, а является математическим способом, изобретенным физиком или химиком для собственного удобства». Поэтому «нужно постоянно следить за тем, чтобы не приписывать различным резонансным структурам физический смысл, которого они не имеют»<sup>1</sup>. Уэланд был совершенно прав, когда предупреждал, что «структуры, между которыми имеется резонанс, являются обычно только мысленными построениями»<sup>2</sup>.

Каким же образом сама молекула (реальный объект) может «резонировать» между такими изобретенными для удобства, т. е. существующими только в голове сторонников теории резонанса, мысленными построениями? Каким образом существующие лишь в голове мысленные построения могут своим резонансом вызывать реальные свойства у реальных молекул? Ведь это же явное недоразумение.

Более того, Паулинг ставит вопрос об изобретении экспериментального приема для непосредственного наблюдения отсутствующих в природе и вымышленных ради удобства «резонансных структур». Он заявляет буквально следующее:

«Трудность исследования бензола и других молекул, в которых имеется электронный резонанс, заключается в создании такого экспериментального метода, который мог бы различать рассматриваемые структуры и мог быть проведен достаточно быстро. Частота резонанса между структурами Кекуле в бензоле лишь немного меньше частоты резонанса электронных пар, обуславливающих связь, так что время опыта очень ограничено»<sup>3</sup>. Но ведь нельзя вымышленную фикцию обнаружить физически в экспериментальной установке, если даже научиться проводить опыт достаточно быстро.

Между тем Паулинг всерьез полагает, что «основное значение квантовой механики для химии заключается во внедрении новых идей, как, например, представления о резонансе молекул между несколькими электронными структурами, сопровождающемся увеличением устойчивости»<sup>4</sup>.

Резонанс фиктивных построений, существующих лишь в голове ученого, увеличивает устойчивость молекул, существующих вне и независимо от этого ученого, — вот к каким неправильным выводам приводит теория резонанса. Еще Энгельс предупреждал, что «если только мы привыкнем приписывать корню квадратному из минус единицы или четвертому измерению какую-либо реальность вне нашей головы, то уже не имеет особенно большого значения, сделаем ли мы еще один шаг дальше, признав также и спиритический мир медиумов»<sup>5</sup>.

Теория резонанса как раз и является таким примером, когда существующим только в головах ее сторонника фикциям приписывается затем существование вне головы, где они начинают вести себя так, словно они суть нечто первичное, а реальные молекулы с их свойствами суть только вторичные образования, производные от этих фикций.

По своим философским посылкам теория резонанса родственна творениям современного «физического» идеализма — понятию «физической

<sup>1</sup> Дж. Уэланд, Теория резонанса и ее применение в органической химии, 1948 г., стр. 49.

<sup>2</sup> Там же, стр. 18.

<sup>3</sup> Л. Паулинг, Природа химической связи, 1947, стр. 413.

<sup>4</sup> Там же, стр. 5.

<sup>5</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 36.

реальности» как продукта наблюдателя, понятию «дополнительности» Бора, понятию «суперпозиции» Дирака. Теория резонанса есть, собственно говоря, перенос всех этих понятий на почву химии и придание им специфически-химической формы. Особенно тесно сближается понятие резонанса «структур» с понятием суперпозиции (наложения) состояний. В теории резонанса прямо отождествлялись оба понятия: «суперпозиция, или резонанс состояний», причем под суперпозицией понималось наложение состояний.

Все содержание теории резонанса резко противостоит материалистическому содержанию теории химического строения Бутлерова. Бутлеров оперировал едиными химическими структурными формулами как отражениями истинной структуры молекулы; он признавал объективную реальность и познаваемость атомов и их связей внутри молекул, он признавал возможность отображения реальных связей атомов, реальных структур молекул в виде научных понятий, представлений и формул.

Все это отвергает теория резонанса. Вместо признания независимо от нас существующего объекта (химической молекулы) она объявляет о зависимости свойств и состояния этой молекулы и даже самого ее существования от продукта нашего мышления (резонанса фиктивных «структур»); иначе говоря, она ставит объект в зависимость от субъекта и даже подменяет объект субъектом. Вместо признания возможности познать истинную структуру молекулы и возможности выразить эту структуру в виде единого химического образа, единой структурной формулы, теория резонанса провозглашает невозможность познать истинную структуру молекул, а потому необходимость заменить поиски единой структурной формулы составлением комбинаций (набором) фиктивных «резонансных структур».

Ясно, что теория резонанса и теория Бутлерова взаимоисключают одна другую. Ясно, что тот, кто признал теорию резонанса, должен был неизбежно отвергнуть теорию Бутлерова; напротив, тот, кто стоит на материалистических позициях теории Бутлерова, должен был категорически отбросить теорию резонанса.

Но теория резонанса противостоит теории Бутлерова не только как идеалистическая теория — материалистической, но и как механистическая теория противостоит теории по своему существу диалектической. Как мы видели в главе VIII, основой теории Бутлерова было признание взаимного химического влияния атомов, входящих в молекулу, чем обуславливается качественная специфика молекулы каждого индивидуального вещества. Теория резонанса полностью игнорирует это реальное взаимное влияние атомов, сводя задачу к выяснению взаимного влияния, но не между атомами, а между фиктивными «резонансными структурами». При этом теория резонанса исходит из общей методологической предпосылки, будто вся органическая химия сводится теперь к квантовой механике, что у органической химии нет каких-либо специфических закономерностей, а все они без остатка исчерпываются законами, с которыми имеет дело квантовая механика.

Таким образом, современный механицизм оказывается прямым союзником современного «физического» идеализма.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы рассмотрели эволюцию понятия «элемента» в химии за последние 200 с лишним лет как в его неправильной эмпирико-аналитической трактовке (первая часть книги), так и в его объективной по содержанию атомно-теоретической трактовке (вторая часть книги). Попробуем теперь сделать несколько общих философских выводов из нашего рассмотрения.

1. Развитие химии и физики от Бойля и Ломоносова до наших дней служит блестящим подтверждением правоты диалектического материализма. Вся история науки о веществе наглядно доказывает, что чем глубже человеческая мысль проникала вглубь материи, чем полнее она познавала наиболее элементарные формы из известных донине форм материи, тем неодолимее становилось убеждение, что все в природе совершается согласно законам материалистической диалектики. С особенной силой подтвердилось значение менделеевской периодической системы элементов, показавшей роль законов диалектики в познании природы. Эта важнейшая сторона вопроса состоит в признании объективной диалектики природы.

Другая, вытекающая отсюда сторона того же вопроса касается признания субъективной диалектики как отражения объективной диалектики природы. Материалистическая диалектика требует того, чтобы ею были охвачены не только предметы природы, подлежащие изучению, но и понятия, в которых суммируются результаты изучения предметов природы и в которых отражаются сами эти предметы. В связи с этим В. И. Ленин писал, что недостаточно простого согласия с «принципом развития», а необходимо выполнение еще по крайней мере двух условий: «Если все развивается, значит все переходит из одного в другое, ибо развитие заведомо не есть простой, *всеобщий* и вечный *рост, увеличение* (respective уменьшение) etc.— Раз так, то во 1-х, надо *точнее* понять эволюцию, как возникновение и уничтожение всего, взаимопереходы.— А во 2-х, если *все* развивается, то относится-ли сие к самым общим *понятиям* и *категориям* мышления? Если нет, значит, мышление не связано с бытием. Если да, значит есть диалектика понятий и диалектика познания, имеющая объективное значение»<sup>1</sup>.

Это положение Ленина полностью применимо и к понятию химического элемента, которому было посвящено все наше исследование. Это понятие необходимо рассматривать, как и все вообще научные понятия, с позиций марксистской диалектической логики.

2. Эволюция понятия элемента, рассмотренная с точки зрения изменения его содержания и объема, свидетельствует о том, что зависимость

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947 г., стр. 239.

между обеими сторонами понятия элемента, обнаруживаемая в процессе развития понятия элемента, является не обратной, а прямой; *объем и содержание понятия находятся между собой в глубокой органической связи* и взаимно обуславливают друг друга, причем развитие понятия элемента идет от содержания менее глубокого, к содержанию более глубокому; в этом выражается положение, сформулированное Лениным, что «Мысль человека бесконечно углубляется от явления к сущности, от сущности первого, так сказать, порядка, к сущности второго порядка и т. д. без конца»<sup>1</sup>. При этом движущей силой развития познания элементов всегда служила и служит человеческая практика,— промышленность, эксперимент.

Прямая зависимость между объемом и содержанием понятия элемента (т. е. широтой и глубиной познания самого объекта) устанавливается именно в ходе развития естественнонаучного познания; поэтому указанная зависимость раскрывается только тогда, когда мы рассматриваем познание природы как исторический процесс, но не как нечто данное, готовое, законченное. Это значит, что признание прямой зависимости между объемом и содержанием понятия элемента специфично именно для диалектической логики, которая рассматривает истину как процесс, т. е. трактует познание природы и его результаты с исторической точки зрения. Напротив, формальная логика, для которой характерно отсутствие исторического подхода к формам мышления, устанавливает лишь поверхностные, внешние отношения между различными сторонами и элементами познания. В соответствии с таким подходом она обнаруживает формальную связь между объемом и содержанием какой-либо пары понятий (родового и видового), которые она рассматривает как данные, застывшие; эта связь, обнаруживаемая формальной логикой, выступает в виде обратной зависимости между объемом и содержанием данной пары понятий. Таким образом, различие между логикой диалектической и логикой формальной и их специфика, зависящая от наличия у первой исторического подхода к познанию и отсутствия его у второй, обнаруживается в различной трактовке взаимосвязи между объемом и содержанием понятий: диалектическая логика раскрывает прямую зависимость между объемом и содержанием развивающихся понятий, формальная логика раскрывает обратную зависимость между объемом и содержанием готовых, законченных понятий.

Вместе с тем связь между содержанием и объемом понятия элемента, раскрываемая в историческом разрезе, обнаруживает себя как специфическое для области мышления выражение соотношения между качественной и количественной сторонами развития понятия элемента. Примат содержания по отношению к объему означает примат коренных изменений по отношению к изменениям незначительным и мелким. Отсюда переход количественных изменений в качественные выступает здесь как изменение содержания понятия элемента, вызванное накоплением запаса (объема) сведений об элементах.

3. Сравнительный анализ эмпирико-аналитического понятия элемента и его атомно-теоретического понятия, основанный на сопоставлении эволюции их объемов, приводит к следующему выводу: эмпирико-аналитическое понятие элемента не есть понятие химического элемента, а есть понятие неразложённого или же неразложимого вещества; по мере развития и усовершенствования практических способов и приемов разложе-

<sup>1</sup> В. И. Ленин, *Философские тетради*, 1947 г., стр. 237.

ния вещества, оно неуклонно эволюционировало в сторону все большего и большего *сокращения своего объема*. Напротив, атомно-теоретическое понятие элемента, отражая собой реальный круг реальных химических элементов, столь же неуклонно эволюционировало в сторону все большего и большего *расширения своего объема*. В итоге этого получились своеобразные «ножницы», которые изображены на рис. 12.

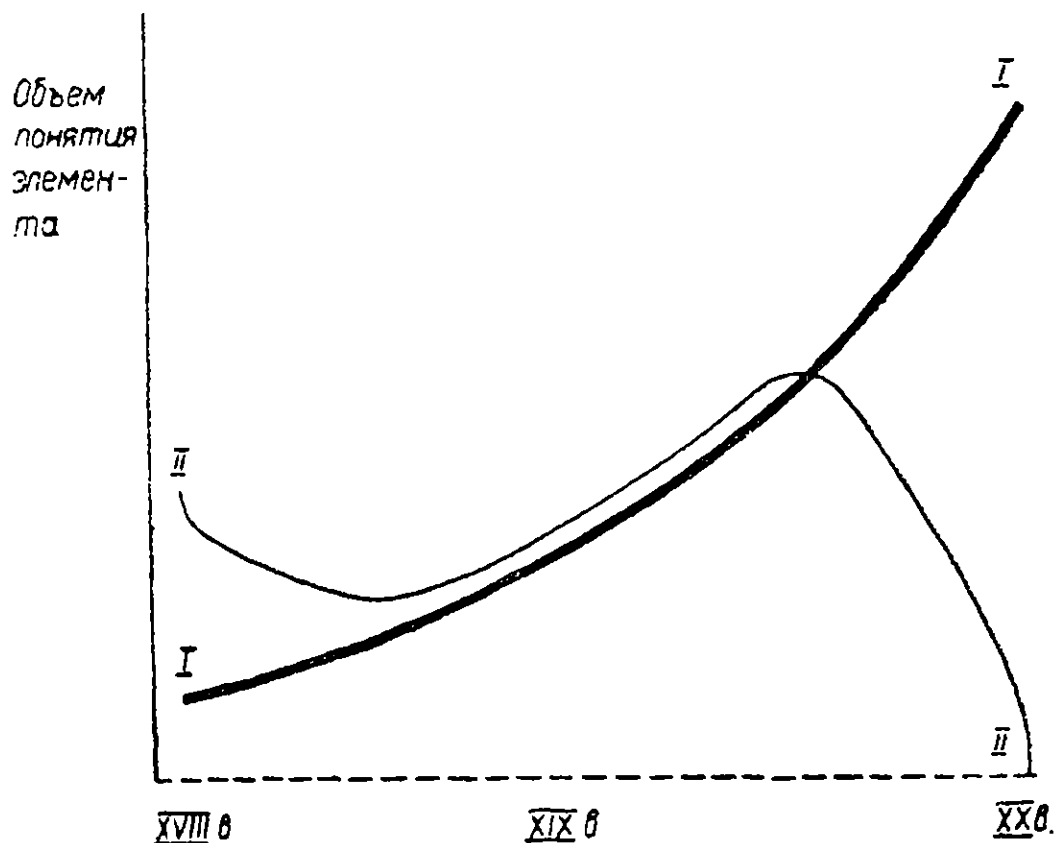


Рис. 12

«Ножницы» в эволюции двух понятий элемента — атомно-теоретического (I) и эмпирико-аналитического (II).

В XVIII в., пока многие химически сложные вещества не были еще разложены и принимались за элементарные вещества, объем понятия неразложённого вещества был значительно шире, чем объем понятия химического элемента. Поэтому на данном отрезке истории понятия элемента происходило постепенное сближение поднимающейся жирной линии, изображающей объем атомно-теоретического понятия элемента, и снижающейся тонкой линии, изображающей объем эмпирико-аналитического понятия элемента.

В XIX в., когда было установлено, что неразложимыми являются только одни действительные элементы и когда число таких элементов возрастало почти в три раза за счет вновь открываемых химических элементов, обе линии сходятся и как бы на время сливаются одна с другой. В соответствии с этим оба определения элемента — эмпирико-аналитическое и атомно-теоретическое — становятся равнозначными и адекватными самому определяемому объекту (кругу известных химических элементов). Кажущееся слияние обоих понятий элемента в одно имело в качестве своей основы признание того, что признак мнимой абсолютной неделимости атома в качестве одного из метафизических признаков атомно-теоретического понятия элемента *вытекал* из признака мнимой абсолютной неразложимости элементов.

В XX в., после открытия делимости атомов и разложимости элементов, обе линии резко расходятся, причем линия неразложённого или неразложимого вещества вскоре обрывается вовсе, показывая, что эмпирико-аналитическое понятие элемента прекратило свое существование.

4. Эволюция атомно-теоретического понятия элемента, как истинного понятия элемента, показывает также, что развитие *указанного понятия совершалось путем противоречий*, что именно *противоречивостью* его развития объясняется своеобразный путь эволюции этого понятия: сначала, у Ломоносова, данное понятие трактовалось обоюдосторонне, т. е. так, что химико-механическая его трактовка находилась в единстве с зарождавшейся уже той химико-электрической его трактовкой. Это был по сути дела зародыш правильного в своей основе диалектического взгляда на элементы.

В ходе дальнейшего развития химической науки первоначально единая трактовка элемента как бы раздвоилась, поляризовалась на две взаимопротивоположные и даже взаимоисключающие трактовки: одну — химико-механическую, отражающую связи и отношения между химизмом и массой атомов, другую — химико-электрическую, отражающую связи между химизмом и электрическими свойствами атомов. В течение всего XIX в. и первой четверти XX в. обе односторонние и противопоставленные одна другой трактовки элемента боролись между собою, причем то та, то другая временно брала верх.

Во второй четверти XX в. на смену односторонним противоположным трактовкам элемента пришла его обоюдосторонняя трактовка, охватившая в некотором едином, цельном воззрении обе стороны объекта (химического элемента), которые до тех пор рассматривались в их отрыве друг от друга и в их противопоставлении одна другой. Эта противоречивость познания есть следствие и отражение противоречивости, присущей самому объекту (реальным элементам), что может быть прослежено исторически, на протяжении всего развития науки о веществе за последние два с лишним века.

При этом эволюция понятия элемента протекала не просто, как плавный логический процесс развития естественнонаучной мысли, а в ожесточенной и непрерывной борьбе материализма и идеализма, которая развернулась с самого начала возникновения атомно-теоретической трактовки элемента в середине XVIII в. и которая продолжается до настоящего времени. В этой борьбе материализм неуклонно одерживал одну победу за другой, разбивая вновь и вновь реакционные, антинаучные позиции идеализма и раскрывая все новые и новые перспективы для прогрессивного развития науки. Это доказывает, что диалектическая логика находится в непрерывном единстве с материалистической теорией познания.

5. Основу современного понятия элемента с самого начала составил и продолжает составлять до наших дней признак м е с т а элемента в периодической системе Менделеева. Тем самым современное понятие «элемент» на всех этапах его эволюции (на протяжении последних 87 с лишним лет) определялось неизменно через его связь с периодическим законом. Следовательно, здесь имело место *«определение понятия через закон»*. Вся эволюция современного понятия элемента со стороны его содержания явилась по существу обогащением и конкретизацией признака мест элемента в периодической системе Менделеева, следовательно, обогащением и конкретизацией связи отдельного (элемента) с общим (с периодическим законом).

Вместе с тем вся история современного, или менделеевского, понятия элемента есть история последовательного крушения, пункт за пунктом, старого метафизического понятия элемента и столь же последовательного утверждения нового, по своему существу диалектического понятия элемента.

Для наглядности сопоставим старый взгляд на элементы, сложив-

шийся с начала XIX в., и новый взгляд, сложившийся позднее под влиянием открытия Менделеевым периодического закона в 1869 г. и под влиянием позднейших физических открытий — радиоактивности, электрона и изотопов.

### Старый взгляд на элементы

- а) Все элементы абсолютно независимы между собой
- б) Качественные различия элементов сводятся к количественным различиям в их свойствах
- в) Все элементы абсолютно неизменны, непревращаемы друг в друга, а их атомы неделимы
- г) Все атомы каждого элемента абсолютно тождественны друг другу

### Новый взгляд на элементы

- а) Все элементы находятся в органической связи между собой (доказано открытием периодического закона).
- б) Качественные различия элементов обусловлены количественными различиями в их свойствах, но не сводятся к ним, переходы между элементами происходят скачкообразно (доказано открытием периодического закона и закона сдвига)
- в) Все элементы разложимы и превращаемы друг в друга, а их атомы делимы (доказано открытием радиоактивности и электрона)
- г) Атомы одного элемента могут отличаться друг от друга по атомным весам (доказано открытием изотопов)

Можно сказать, что полная смена старого понятия элемента новым, менделеевским, понятием элемента была равносильна смене метафизики диалектикой в учении об атомах и элементах.

6. Особое значение имеет вопрос об определении понятия «химический элемент» для преподавания химии. Может показаться, что в случае определения данного понятия только через периодический закон, им нельзя пользоваться в средней школе до изложения периодического закона. Однако если это было бы так, то нельзя было бы дать учащимся никаких сведений из химии, которые необходимы для того, чтобы стал понятен и самый периодический закон; преподавание химии надо было бы начинать тогда непосредственно с этого закона без всякой предварительной подготовки, что, конечно, недопустимо, или же до изложения периодического закона не прибегать к понятию элемента, что также невозможно.

Это — вопрос не только методический, но и глубоко принципиальный; к нему надо подойти с позиций диалектической логики.

Положение марксистской диалектики, следовательно и диалектической логики, о единстве логического и исторического касается не только истории всего человеческого познания, но и развития индивидуального познания в голове отдельного человека, в том числе и в голове учащегося средней школы. В. И. Ленин указывал (имея в виду диалектическую логику), что логика есть учение не о внешних формах мышления, а о законах «развития всего конкретного содержания мира и познания его, т. е. итог, сумма, вывод *истории* познания мира»<sup>1</sup>.

Если так, то между историей всего человеческого познания, т. е. историей всей науки, с одной стороны, и развитием индивидуального познания в голове отдельного человека — с другой, должна быть тесная, органическая связь. Эта связь носит такой характер, что развитие индивидуального познания по необходимости повторяет в кратком виде историю развития познания всего человечества, подобно тому как в биологии онтогенез повторяет филогенез.

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Философские тетради, 1947 г., стр. 66.



По этому поводу в книге Ф. Энгельса «Людвиг Фейербах» говорится, что гегелевскую феноменологию духа «можно было бы назвать, параллельно эмбриологии и палеонтологии духа, развитием индивидуального сознания на различных его ступенях, рассматриваемых как сокращенное воспроизведение ступеней, исторически пройденных человеческим сознанием»<sup>1</sup>.

Может показаться, что Ф. Энгельс приводит это положение в доказательство несостоятельности гегелевского идеализма, т. е. с целью его опровержения. Однако это не так. Сам Энгельс солидаризируется с данной идеей в ее основе, применяя ее к развитию понятий, что имеет для нашей работы особо важное значение. Он пишет:

«Развитие какого-нибудь понятия или отношения понятий (положительное и отрицательное, причина и действие, субстанция и акциденция) в истории мышления так относится к развитию его в голове отдельного диалектика, как развитие какого-нибудь организма в палеонтологии — к развитию его в эмбриологии (или, лучше сказать, в истории и отдельном зародыше). Что это так, было открыто по отношению к понятиям впервые Гегелем. В историческом развитии случайность играет свою роль, которая в диалектическом мышлении, как и в развитии зародыша, *резюмируется в необходимости*»<sup>2</sup>.

Следовательно, принципы преподавания отдельных научных дисциплин, в том числе и химии, должны учитывать то обстоятельство, что в химических понятиях *резюмирована* вся их предыдущая история — от их возникновения и до современного их развитого состояния. Подобное «резюмирование» как раз и предполагает, что развитие и формирование в голове учащегося научных понятий, в частности понятия «химический элемент», происходит в порядке сокращенного воспроизведения, или повторения, истории развития этих понятий в самой науке.

Разумеется, такое сокращенное воспроизведение в голове отдельного человека ступеней, пройденных за всю историю науки, в данном случае химией, не следует понимать упрощенно, как воспроизведение всех извилин и зигзагов человеческой мысли. Совершенно очевидно, что не имело бы никакого смысла воспроизводить в ходе развития индивидуального сознания все ошибки и заблуждения, которые возникали до тех пор в данной области науки. Сокращенное повторение пройденных ступеней предполагает повторение лишь общей линии развития, лишь важнейших итогов того, что было достигнуто в данной области знания в предыдущие эпохи.

Приведенное положение можно сформулировать так: подобно тому, как в истории науки для решения назревших задач необходимы определенные познавательные предпосылки, так и в настоящее время для уяснения и понимания этих, теперь уже решенных наукой задач необходимы в общем те же самые предпосылки, выполнение которых предшествовало решению этих задач в истории науки.

Например, в истории химии период качественных исследований, т. е. качественного химического анализа (конец XVII и начало XVIII вв.), исторически предшествовал периоду количественных исследований, т. е. количественного химического анализа, весового и объемного (середина и вторая половина XVIII в.). Такая *историческая* последовательность имела глубокое *логическое* оправдание (мы уже не говорим о тех причинах, которые коренились в запросах практики и которые играли, по этому, решающую роль). Логическое объяснение этого факта, имевшего

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс, Соч., т. XIV, стр. 639.

<sup>2</sup> Ф. Энгельс, Диалектика природы, 1952, стр. 176.

место в самой истории химии, сводится прежде всего к тому, что без предварительного раскрытия качественной стороны предмета невозможно правильно изучать и его количественную сторону. Эту закономерность научного познания в применении к химии прекрасно выразил немецкий химик Юстус Либих, говоря, что прежде, чем взвешивать, надо знать, что взвешивать.

Такая же точно последовательность в прохождении ступеней познания химического вещества логически соблюдается и в настоящее время при изучении методов химического анализа студентами: сначала изучается качественный анализ, а после него и на его основе — количественный анализ. Никакой иной путь, никакая иная последовательность в изучении частей химического анализа не могла бы обеспечить правильного усвоения данного предмета.

То же касается и всех остальных разделов химии, ее теорий, законов и представлений, равно как и всех ее основных понятий, в том числе и понятия «химический элемент».

Понятие «химический элемент» в своей эволюции прошло в основном три стадии, или ступени: 1) эмпирико-аналитическую, 2) атомно-теоретическую, до открытия периодического закона, и 3) атомно-теоретическую, после открытия периодического закона. Такая последовательность в раскрытии основного понятия химии была не только вполне закономерной и логически оправданной, но и по сути дела единственно возможной. Без предварительного развития эмпирико-аналитических представлений об элементе, как неразложенном веществе, не могло возникнуть атомно-теоретических представлений о нем, т. е. научных, опирающихся на эксперимент представлений. Основные признаки элемента, с точки зрения химической атомистики, вытекали в порядке теоретических обобщений из эмпирических данных химического анализа; к числу таких признаков следовало отнести признак атомного веса, химической неразложимости атомов и их способности соединяться между собою как целые, неделимые частички, т. е. в простых, кратных отношениях.

Точно так же «менделеевское» понятие элемента, опирающееся на периодический закон, предполагало предварительное развитие атомно-теоретического понятия «элемента» как вида атомов, наделенных определенным значением атомного веса. Только после того, как признак атомного веса получил развитие в химии первых двух третей XIX в., могло быть сделано открытие, связывающее все свойства элементов с их атомным весом, т. е. открытие периодического закона.

Соответственно этому в преподавании химии в средней школе, где овладение основными сведениями по общей химии должно в сокращенном и логически стройном виде повторить путь развития всей химии, приходится излагать материал, относящийся к учению об элементах, по определенным стадиям. Стадии эти таковы:

1) Первое представление о химическом элементе может быть дано уже в самом начале курса химии на основе признака *химической неразложимости*, т. е. на основе эмпирико-аналитических данных. При этом можно придерживаться исторического способа изложения: можно сказать так, что те вещества, которые не поддавались разложению никакими химическими приемами, получили первоначально название химических элементов. Однако в дальнейшем оказалось, что они могут быть разложены с помощью, главным образом, более мощных, чем химические, физических способов.

2) Затем, после изложения основ атомистической теории, понятие «элемент» может быть углублено и расширено: теперь элементами можно назвать различные *виды атомов*, ибо те именно вещества, которые не

поддавались химическому разложению, и оказались состоящими из атомов различного типа (водорода, кислорода, железа и т. п.). После того, как в ходе дальнейшего изложения химии будет охарактеризовано свойство атомного веса как одно из важнейших свойств элементов, атомно-теоретическое представление об элементе может быть расширено еще дальше путем указания на то, что элемент есть вид атомов, обладающих определенным средним значением атомного веса.

3) Наконец, когда по ходу изложения учебного материала учащийся ознакомится с периодическим законом, его можно подвести к современному пониманию элемента в химии, т. е. подвести к менделеевскому понятию «элемент». Для этого первоначально можно сделать лишь самое общее указание на то, что элементы суть такие виды атомов, которые охватываются их периодической системой и занимают в ней определенное место. В дальнейшем это место может быть охарактеризовано порядковым номером и далее — положительным зарядом ядра.

При таком способе последовательного углубления и расширения излагаемого понятия, во-первых, не придется давать неверных или неточных определений, от которых впоследствии пришлось бы отказываться, объявляя их ошибочными; все определения соотносятся друг с другом как менее полные (первоначальные) и более полные (последующие); во-вторых, все определения элементов оказываются в строгой логической связи, а именно такой, что первоначальные определения служат необходимой подготовкой для последующих, менее глубокие и полные — для более глубоких и полных. В итоге получается подлинное движение мысли от простого к сложному, от низшего к высшему, т. е. диалектический процесс развития индивидуального сознания, вкратце воспроизводящий всю историю эволюции данного понятия.

\*   \*  
\*

В целом история понятия элемента дает богатый материал для обобщения его в диалектической логике. Этим подтверждается положение В. И. Ленина, что диалектика есть обобщение истории мысли и что «В логике история мысли *должна*, в общем и целом, совпадать с законами мышления»<sup>1</sup>. В. И. Ленин добавлял при этом: «Чрезвычайно благодарной кажется задача проследить сие конкретнее, подробнее, *на истории отдельных наук*»<sup>2</sup>.

Следуя этому ленинскому указанию, мы попытались проследить конкретнее, подробнее положения диалектической логики на истории одного из важнейших понятий естествознания — понятия «химический элемент».

<sup>1</sup> В. И. Ленин, Философские тетради, 1947, стр. 214.

<sup>2</sup> Там же.

## ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

### А

- Авенариус Р. (1843—1896), немецкий реакционный философ, субъективный идеалист: 78, 93.
- Авогадро А. (1776—1856), итальянский физик, выдвинувший молекулярную гипотезу: 173, 182, 300, 319.
- Ампер А. М. (1775—1836), французский физик: 173, 300.
- Андерсон Ч. Д. (р. 1905), американский физик, открывший позитроны: 49, 271.
- Аристотель (384—322 до н. э.), великий древнегреческий философ: 163.
- Астон Ф. (1877—1945), английский физик, изучавший изотопы: 116, 246, 253.

### Б

- Байков А. А. (1870—1946), советский металлург и химик: 210.
- Балезин С. А. (р. 1903), советский химик-педагог: 71—73, 88, 89.
- Бекетов Н. Н. (1827—1911), русский физико-химик, материалист: 219, 307, 311.
- Беккерель А. (1852—1908), французский физик, открывший явление радиоактивности: 152, 233.
- Бельтов Н. (псевдоним Плеханова).
- Беркли Дж. (1684—1753), английский реакционный философ, субъективный идеалист: 90.
- Бернштейн О., советский химик: 73.
- Бертло М. (1827—1907), французский химик: 219.
- Бертолле К. Л. (1748—1822), французский химик: 158.
- Берцелиус И. Я. (1779—1848), шведский химик, создатель электрохимической («дуалистической») теории: 177, 178, 183, 225, 228, 232, 298.
- Бете Г. (р. 1906), немецкий физик-теоретик, эмигрировал из Германии в США: 280, 281, 284.
- Бехер И. И. (1635—1682), немецкий химик-флогистик: 110.
- Блек, английский химик и физиолог второй половины XIX в.: 210.
- Блэк Дж. (1728—1799), английский химик, один из создателей научной химии и теории теплорода, разрабатывал количественный (весовой) способ химического анализа: 19, 110.
- Блэккет П. М. С. (р. 1897), английский физик, открывший мезон («тяжелый электрон»): 50, 275.
- Богданов А. А. (1873—1928), русский махист: 149.
- Бойль Р. (1627—1691), великий английский химик-материалист, один из основателей научной химии, предшественник химической атомистики, автор первых научных определений и трактовок химического элемента: 3, 5, 6, 9, 18—20, 23, 27, 29, 31—34, 41, 91, 108, 110, 118, 123, 137, 140, 162, 163, 340.
- Больцман Л. (1844—1906), австрийский физик-материалист, разрабатывал кинетическую теорию газов, активно боролся против махизма и энергетики Оствальда: 311, 315, 316.

Бор Н. (р. 1885), великий датский физик-теоретик, создал электронную модель атома; представитель Копенгагенской школы современного «физического» идеализма: 110, 252, 256, 258, 259, 263, 267, 291, 324, 325, 327—333, 336, 339.

Борн М. (р. 1882), немецкий физик-теоретик, эмигрировал из Германии в Англию: 329.

Боткии С. С., русский химик и физиолог второй половины XIX в., сын известного врача Боткина: 210.

Браунер Б. Ф. (1855—1935), чешский химик, друг и соратник Менделеева, разрабатывал менделеевскую периодическую систему элементов, особенно в части редкоземельных металлов: 216, 306.

Брентон Л., английский химик и физиолог второй половины XIX в.: 210.

Брэдли Р. С., современный химик: 39.

де-Бройль Л. (р. 1892), французский физик-теоретик, один из основателей квантовой (волновой) механики; в начале 50-х годов XX в. перешел с позиций «физического» идеализма на позиции материализма: 265.

Буизен Р. (1811—1899), немецкий химик, открывший вместе с Кирхгоффом спектральный анализ: 151, 183.

Бутлеров А. М. (1828—1886), великий русский химик-органик, создатель теории «химического строения», в философии — идеалист и спирит, в химии — стихийный материалист и диалектик: 181—183, 185, 219, 225, 246, 295, 301—304, 314, 336, 339.

## В

Вавилов С. И. (1891—1951), советский физик-материалист и диалектик: 260, 285, 286, 329, 330, 334—336.

Вальд Ф. (1861—1930), чешский физико-химик, противник атомистики: 311.

Вальден П. И. (1863—1946), русский химик, после революции 1917 г. эмигрировал в Германию: 24, 25.

Ван-ден-Брук, голландский физик XX в., выдвинувший идею о равенстве порядкового номера элемента заряду ядра: 250.

Ваит-Гофф Я. (1852—1911), голландский физико-химик, материалист, один из основателей современной физической химии: 62, 303, 321.

Вегшейдер, немецкий химик конца XIX — начала XX в.: 26.

Вернер А. (1866—1919), швейцарский химик, создал «координационную теорию»: 64, 65.

Верховский В. Н. (1873—1947), советский химик-педагог: 60, 61, 66.

Вилли Р. (1855—1920), немецкий философ, субъективный идеалист, ученик Авенариуса: 318.

Вильсон Ч. Т. (р. 1869), английский физик, создатель камеры, названной его именем, имеющей большое значение при изучении радиоактивных и вообще ядерных явлений: 50, 319, 332.

Винклер К. (1838—1904), немецкий химик, открыл предсказанный Менделеевым экасилиций (германий): 204, 210.

## Г

Галилей Г. (1564—1642), великий итальянский ученый-материалист, основатель механики как науки, разрабатывал механическую атомистику: 162, 227.

Гамов, физик-теоретик XX в., «физический» идеалист, эмигрировал из СССР в США: 332.

Ган О. (р. 1879), немецкий физик и радиохимик, открыл деление ядра урана: 273.

Гартли, английский ученый второй половины XIX в., изучал оптические спектры простых веществ: 211.

Гартман Э. (1842—1906), немецкий реакционный философ-идеалист, враг атомистики: 90, 91, 93, 94, 317, 321.

Гассенди П. (1592—1655), французский философ-материалист, один из основателей механической атомистики: 162.

Гегель Г. В. Ф. (1770—1831), великий немецкий философ, идеалист-диалектик, противник атомистики: 109, 295, 298, 299, 321, 345.

Гейгер Г. (1882—1945), немецкий физик, изобрел счетчик заряженных частиц, названный его именем: 50, 319.

Гейзенберг В. (р. 1901), немецкий физик-теоретик, один из основателей квантовой механики, нашел «соотношение неточностей», представитель Копенгагенской школы современного «физического» идеализма: 266, 325, 326, 327, 328, 329, 336.

Гей-Люссак Ж. Л. (1778—1850), французский химик эмпирического направления, открыл закон объемов реагирующих газов: 140, 299, 300.

Гельмгольц Г. (1821—1894), немецкий физик и физиолог, в философии — в основном материалист с отступлениями в сторону агностицизма и «физиологического» идеализма: 75, 76.

Гераклит (530—470 до н. э.), древнегреческий философ, материалист и диалектик: 111.

Герцен А. И. (1812—1870), великий русский мыслитель, материалист и диалектик, выступал в защиту атомистики: 295, 300, 301.

Гиббс Дж. У. (1839—1903), американский физико-химик: 140.

Гильденбрандт, немецкий ученый конца XVIII — начала XIX вв., сторонник динамической теории: 297.

Глинка Н. Д., советский химик-педагог: 73, 74.

Гольдштейн М. Ю., русский химик конца XIX — начала XX вв., сторонник эмпириокритицизма в философии: 69, 78, 86, 314, 315.

Горбов А. А. (1859—1939), советский химик, автор одного из эмпирико-аналитических определений химического элемента, данного после открытия радиоактивности: 17, 24, 25, 27—31, 35—41, 44, 53, 57, 58, 60, 80, 96, 99, 100—106, 110, 117, 119—122, 125, 127, 128, 131, 132.

Гринберг А. А. (р. 1892), советский химик-неорганик: 65.

Густавсон Г. Г. (1842—1908), русский химик, ученик Менделеева: 208.

## Д

Дальтон Дж. (1766—1844), великий английский химик-материалист, основатель химической атомистики XIX в.; нашел атомные веса и ввел их в химию, дал атомно-теоретическое определение химического элемента: 3, 5, 8, 9, 22, 23, 75, 110, 137, 140, 164, 165, 170—175, 194, 297—300.

Деберейнер И. О. (1780—1849), немецкий химик, занимался классификацией химических элементов по принципу триад: 179, 180.

Демокрит (460—370 до н. э.), великий древнегреческий философ, материалист и атомист: 23, 162, 298, 301, 310.

Джинс Дж. Х. (1877—1946), английский физик и астрофизик, представитель Кембриджской школы современного «физического» идеализма: 90, 160, 325, 329, 335.

Динэ-Дэнс И. (р. 1857), немецкий «рядовой марксист»: 234.

Дирак П. А. М. (р. 1902), английский физик-теоретик, один из основателей квантовой механики, выдвинул принцип суперпозиции; представитель Кембриджской школы «физического» идеализма: 325—330, 336, 339.

Дицген И. (1828—1888), немецкий философ, пришедший самостоятельным путем к диалектическому материализму; выступал против спиритуализма и динамизма в естествознании: 313.

Дукельский М. П., советский химик, профессор: 54, 71.

Дэви Г. (1778—1829), английский физико-химик, открыл щелочные и щелочно-земельные металлы, отрицал атомистику: 16, 22, 151, 176, 177, 180, 300.

Дюринг Е. (1883—1921), немецкий философ, непоследовательный материалист и путаник: 58, 148.

## Е

Еррера, бельгийский химик второй половины XIX — начала XX в.: 210, 214.

## Ж

Жданов А. А. (1896—1948): 286, 329.

Ждаиов А. П., советский физик, открывший полное расщепление атомного ядра: 279.

Жерар Ш. (1816—1856), французский химик, возродил и развил молекулярную теорию в химии, в философии — стихийный материалист, склонявшийся в ряде случаев к агностическим выводам; основатель «унитарной теории» в химии: 22, 23, 75, 178, 182, 229, 303.

Жолио-Кюри Ирен (1897—1955), французский физик, вместе с Ф. Жолио-Кюри открыла искусственную радиоактивность: 49, 268, 272.

Жолио-Кюри Фредерик (р. 1900), французский физик, специалист в области ядерной физики: 49, 50, 268, 271, 272.

## З

Знин Н. Н. (1812—1880), русский химик-органик: 181.

Зоммерфельд А. (1868—1950), немецкий физик-теоретик, разрабатывал боровскую модель атома на основании оптических данных: 255.

## И

Иваненко Д. Д. (р. 1904), советский физик-теоретик: 49

Ингольд К. (р. 1893), английский химик-органик, автор «теории мезомерии»: 336, 337.

Иордан П., немецкий физик-теоретик XX в., активный пропагандист современного «физического» идеализма, ярый враг материализма и диалектики: 325, 329.

## К

Кавендиш Г. (1731—1810), английский химик, сторонник теории флогистона, открыл водород: 168.

Кант И. (1724—1804), немецкий философ, пытавшийся соединить с идеализмом элементы материализма; один из основателей современного агностицизма (кантианства): 90, 132, 295, 297, 321.

Кацнельсон И., советский химик: 73.

Кариелли Т. (1852—1890), английский химик, развивавший идеи Менделеева о периодическом законе: 210.

Кекуле А. (1829—1896), немецкий химик-органик, в философии склонялся к агностицизму в понимании теории строения, ввел понятие о 4-атомном углероде, чем способствовал созданию теории «химического строения»: 182, 232, 302, 303, 338.

Кирхгоф Г. Р. (1824—1887), немецкий физик, вместе с Бунзеном открыл спектральный анализ: 183.

Клаус К. К. (1796—1864), русский химик, открыл рутений: 184, 197.

Коген Г. (1842—1918), немецкий философ, кантианец-идеалист: 93, 312, 330.

Кольбе А. В. Г. (1818—1864), немецкий химик-органик крайне эмпирического направления, принципиальный противник атомистических воззрений в химии: 303.

Кольрауш Ф. В. Г. (1840—1910), немецкий физик-экспериментатор, изучал электрохимические явления: 232.

Коссель В. (р. 1888), немецкий физик, автор электронной, статической модели валентности: 255.

Костер Д. (р. 1885), голландский физик, вместе с Хевеши нашел предсказанный Бором экацирконий (гафний): 258.



Крукс У. (1832—1919), английский химик и физик, на основании периодического закона выдвинул идею эволюции химических элементов: 69, 116, 117, 183, 219, 225, 246, 315.

Курбатов В. Я., советский физико-химик: 73, 88, 89.

Курнаков Н. С. (1860—1941), советский физико-химик, создатель физико-химического анализа: 140.

Курчатов И. В. (р. 1903), советский физик, специалист в области ядерной физики, вместе с сотрудниками открыл явление ядерной изомерии: 274.

Кювье Ж. (1769—1832), французский биолог и палеонтолог, автор метафизической и идеалистической «теории катастроф» в истории земли: 159, 160.

Кюри П. (1859—1906), французский физик, вместе с М. Склодовской-Кюри открыл радий: 235, 282.

## Л

Лавуазье А. Л. (1743—1794), великий французский химик, совершивший революцию в химии, свергнув «теорию флогистона»; создал кислородную («антифлогистонную») теорию и тем самым — предпосылки для современной химии; один из основателей научной химии; противник широких гипотез, в том числе и атомистической; дал классическое эмпирико-аналитическое определение химического элемента: 3, 6, 7, 17, 20—36, 38—42, 45, 48, 53, 57—60, 75, 80, 83, 84, 91, 96, 99—104, 106, 108; 110, 114, 115, 117—122, 125, 127, 128, 130, 133, 163, 169, 229, 295, 297, 299, 300.

Ланжевен П. (1872—1946), французский физик-материалист, активно боролся против современного «физического» идеализма: 315, 316, 328, 329.

Лаури, английский химик второй половины XIX в.: 210.

Лебедев П. Н. (1866—1912), русский физик-материалист, экспериментально измерил световое давление и тем доказал наличие свойства массы у света: 48, 49, 334, 335.

Леверье У. Ж. Ж. (1811—1877), французский астроном, на основании законов механики теоретически предсказал существование новой планеты: 204.

Левкипп (ок. 500—440 до н. э.), древнегреческий материалист, основатель атомистической школы, 162, 298, 301.

Лейбниц Г. В. (1646—1716), великий немецкий ученый и философ, создатель идеалистического учения о «монадах» («душах»): 295, 296.

Лекок-де-Буабодран П. Э. (1838—1912), французский химик-аналитик и винодел, открыл предсказанный Менделеевым экаалюминий (галлий): 204.

Ленин В. И. (1870—1924): 5, 8, 10, 12, 47, 48, 54, 70, 71, 74—76, 79—84, 89, 93, 94, 108, 109, 111, 112, 131—133, 138, 139, 141—143, 149, 150, 152, 155, 156, 158, 160, 172, 233—235, 286—288, 292—295, 298, 301, 308, 311—313, 316—319, 321, 324, 326, 327, 330, 331, 333, 334, 336, 340, 341, 344, 347.

Либих Ю. (1803—1873), великий немецкий химик-органик, интересовался философскими вопросами естествознания: 346.

Локиер Н. (1836—1920), английский астрофизик, обнаружил спектральным путем линии гелия в атмосфере на солнце: 183, 184.

Ломоносов М. В. (1711—1765), великий русский ученый-материалист, один из основателей научной химии, открыл закон сохранения материи (вещества) и движения, заложил основы химической атомистики, дал атомно-теоретическое определение элемента: 3, 5, 8, 9, 19, 20, 23, 31—33, 123, 137, 161—171, 176, 181, 182, 223, 295—297, 335, 340, 343.

Лукреций Кар (99—55 до н. э.), римский философ-поэт, материалист и атомист, автор поэмы «О природе вещей»: 162.

Льюис Г. (1875—1946), американский физико-химик, создатель особой статической электронной модели валентности: 255.

## М

Максвелл Дж. К. (1831—1879), английский физик, создал электромагнитную теорию света, защищал метафизический взгляд на атомы: 224, 225.

- Мариньяк Ж. Ш. Г. (1817—1894), швейцарский химик, доказал нецелочисленность атомных весов: 223.
- Мариотт Э. (1620—1684), французский физик: 140.
- Маркс К. (1818—1883): 71, 111, 133, 233, 292.
- Мартнэ Ж., французский химик XX века: 70, 71.
- Мах Э. (1838—1916), австрийский реакционный философ, субъективный идеалист, физик: 69, 76—78, 85, 87, 93, 110, 111, 310, 313, 314, 316, 317, 318, 324.
- Мейер Л. (1830—1895), немецкий химик, склонявшийся к механицизму и субъективизму в вопросе о классификации химических элементов: 220, 232, 304—306.
- Мейтнер Лизе (р. 1878), австрийский физик: 264.
- Менделеев Д. И. (1834—1907), великий русский химик-материалист и диалектик, основатель современной химии, открыл периодический закон химических элементов, оказавшийся основным законом строения и эволюции вещества в неорганической природе, дал современное атомно-теоретическое определение химического элемента через этот закон: 3, 5, 7—9, 11, 23, 31, 48, 55, 59, 73, 90, 93, 114, 115, 118, 119, 123, 230, 133, 134, 137, 140, 141—144, 156, 157, 159, 161—163, 174, 182, 183, 187—195, 197—214, 216, 217, 219—233, 235, 237—261, 263, 268, 270, 271, 274—277, 279—283, 285, 287, 289—291, 295, 303—307, 309—311, 315, 323, 324, 335, 343, 344.
- Меншуткин Н. А. (1842—1907), русский химик, отстаивавший в химии агностические взгляды на строение органического вещества: 303.
- Меншуткин Б. Н. (1874—1938), советский физико-химик, историк химии, нашел и обнаружил важные ломоносовские рукописи по физике и химии: 19, 89, 166.
- Меринг Ф. (1846—1919), немецкий ученый-марксист: 331.
- Мерфи Г. М., американский химик, участвовал в открытии дейтерия («тяжелого водорода»): 41.
- Милн Э. А. (1896—1950), английский астрофизик; «физический» идеалист: 325.
- Михайленко Я. И., советский химик первой половины XX в., в прошлом выступал против атомистики: 53, 54, 69, 82, 85, 252, 253, 311, 312, 323, 324.
- Мозели (Мозли) Г. (1887—1915), английский физик, вывел порядковый номер элементов из анализа рентгеновских спектров: 247, 249, 252—254.
- Мэллор Дж. У., английский химик XX в.: 70.

## Н

- Ньюлендс Дж. А. (1838—1898), английский химик, открыл «закон октав», в котором содержится зародыш периодического закона; в философии придерживался скептицизма Юма: 305, 306.
- Ньютон И. (1642—1727), великий английский физик и математик, материалист, родоначальник целого направления (механистического) в естествознании, один из основателей механической атомистики: 140, 159, 162, 226, 227, 299.

## О

- Оствальд В. (1853—1932), немецкий физико-химик, выходец из России, основатель энергетического материализма, долгое время был принципиальным и активным противником атомистики; издавал серию «Классики науки»: 28, 68, 81—85, 87, 140, 304, 305, 308—311, 318, 320—322, 323, 336.

## П

- Панет Ф., немецкий химик XX в., много писал о периодической системе элементов, дал современное определение элемента, в философии придерживается кантовских воззрений: 17, 32—36, 38—46, 53, 57—66, 72—74, 76, 80, 81, 84, 88, 90—94, 96, 99—106, 108, 110, 117, 119—122, 125, 127—129, 140, 252, 263.
- Паули В. (р. 1900), швейцарский физик-теоретик, выдвинул материалистическую гипотезу нейтрно, устранившую идеалистическое отрицание закона сохранения энергии, открыл «принцип запрета» его имени: 49, 260, 262, 266, 288, 332.

- Паулинг Л. (р. 1901), американский физик-химик, автор «теории резонанса»: 336—338.
- Перрен Ж. (1870—1942), французский физико-химик, материалист, много сделал для доказательства и утверждения в науке атомной теории: 264, 319, 320.
- Петржак К. А., советский физик, один из авторов открытия спонтанного деления ядра урана: 279.
- Петров В. В. (1761—1834), русский физик и электротехник, один из основателей электрохимии: 176, 177.
- Петтенкофер М. (1818—1901), немецкий химик, занимался классификацией химических элементов: 179, 180.
- Петцольдт И. (1862—1929), немецкий реакционный философ эмпириокритического направления: 317.
- Писаржевский Л. В. (1874—1938), советский физико-химик, в философии—сначала сторонник энергетики Оствальда, впоследствии пытался перейти на позиции диалектического материализма: 66, 68, 69, 78, 82, 85, 87, 88, 322—324.
- Планк М. (1858—1947), немецкий физик, создатель теории квантов, выступал с позиций непоследовательного материализма против махизма и энергетизма в современной физике: 48, 236, 328.
- Плеханов Г. В. (1856—1918): 128, 149.
- Плотников В., советский химик: 73, 74.
- Полюга, украинский химик и физиолог второй половины XIX в.: 210.
- Поляни М., физико-химик XX в.: 65, 66.
- Потылицын А. Л. (1845—1905), русский химик, ученик Менделеева: 208.
- Праут У. (1785—1850), английский химик и врач, автор механистической гипотезы о происхождении всех элементов из водорода: 173, 186, 193, 222—224.
- Пристли Дж. (1733—1804), английский химик-материалист, наряду с Шееле эмпирически открыл кислород, остался сторонником теории флогистона: 168.
- Пруст Ж. Л. (1754—1826), французский химик эмпирического направления, будучи в Испании, открыл и защитил в споре с Бертолле закон постоянства состава химических соединений: 158, 170, 299, 300.

## Р

- Рамзай У. (1854—1922), английский химик, открыл инертные газы, предложил считать электрон химическим элементом, распространив на него эмпирико-аналитическое определение элемента: 48—53, 57, 59, 61, 69, 82, 85, 102, 110, 117, 130, 154, 211—214, 242, 300, 310, 318.
- Раммельсберг К. Ф. (1813—1899), немецкий химик и минеролог сугубо эмпирического направления: 134.
- Рамну К., французский химик XX в.: 70, 71.
- Резерфорд Э. (1871—1937), великий английский физик, основатель ядерной физики и большой научной школы, дал вместе с Содди первое теоретическое объяснение явления радиоактивности, открыл атомное ядро, первый вызвал искусственную трансмутацию элементов: 16, 36, 37, 39, 40, 47, 60, 168, 234, 236, 237, 254, 255, 267.
- Рейх Ф. (1799—1882), немецкий ученый, вместе с Рихтером открыл спектральным путем индий: 183.
- Реми Г., немецкий химик XX в.: 27, 29, 32, 33, 61.
- Рентген В. К. (1845—1923), немецкий физик, открыл лучи, названные его именем (первоначально именовались  $x$ -лучами): 233.
- Риккер А. У. (1848—1916), английский физик, стихийный материалист: 316.
- Рихтер И. В. (1762—1807), немецкий химик-флогистик, открыл закон эквивалентов: 170.
- Рихтер И. (1824—1898), немецкий ученый, ассистент Рейха, вместе с Рейхом открыл индий: 183.

Рождественский Д. С. (1876—1940), советский физик, специалист по оптике: 254.

Розенберг М. А., советский химик, сотрудница Писаржевского: 66.

Рэлей Дж. У. (1842—1919), английский физик, вместе с Рамзаем открыл аргон: 154, 211, 212.

## С

Сиборг Г., американский физик XX в., возглавляет в США цепь исследований трансуранов, синтезировал ряд из них: 281.

Склодовская-Кюри М. (1867—1934), великий польский химик, вместе с П. Кюри открыла радий, открыла полоний: 152, 235, 241, 282.

Смит А., американский химик конца XIX — начала XX вв., в философии проповедывал махизм: 26, 68, 78—80, 86, 108.

Смитс Р. А. (1817—1884), английский ученый, биограф Дальтона: 170.

Снайдер К. (р. 1869), американский ученый, стихийный материалист: 318.

Содди Ф. (р. 1877), английский физик, вместе с Резерфордом дал объяснение радиоактивности как распаду атомов, один из авторов открытия «закона сдвига», ввел понятие изотопии: 16, 29, 66, 234, 236, 241, 246.

Спицын Н. И., советский физик-химик, профессор МГУ: 60, 62, 63, 72, 74, 89, 143, 253.

Стас Ж. С. (1831—1891), бельгийский химик, экспериментально доказал нецелочисленность атомных весов и тем опроверг гипотезу Праута: 223.

Столетов А. Г. (1839—1896), русский физик-материалист, противник махизма и энергетики: 219, 224, 225, 311, 315.

Стюарт А., американский физико-химик XX в.: 40, 41, 67.

## Т

Тамм И. Е. советский физик-теоретик: 275.

Томсен Ю. (1826—1909), датский химик: 252, 253, 324.

Томсон Дж. Дж. (1857—1940), английский физик, открыл электрон, выдвинул статическую модель атома: 47, 233.

Траверс М. У. (р. 1872), английский ученый, сотрудник Рамзая, соавтор открытия ряда инертных газов: 213.

## У

Умов Н. А. (1846—1915), русский физик, непоследовательный материалист: 219, 224.

Уолластон У. Г. (1766—1828), английский химик эмпирического направления, отвергал атомистику, предложил заменить понятие атома понятием эквивалента: 300.

Уорд Дж. (1843—1925), английский реакционный философ-спиритуалист: 234, 316, 317.

Урбен Ж. (р. 1872), французский химик, много занимался изучением редкоземельных элементов: 34, 35, 62, 70, 86, 88, 249.

Уэлланд Дж., американский химик XX в., сторонник «теории резонанса»: 338.

## Ф

Фарадей М. (1791—1867), великий английский физик и химик, материалист, открыл законы электролиза, ввел понятие иона; после его смерти Лондонское Химическое Общество периодически устраивает «Фарадеевские чтения», в которых участвовали Менделеев (1889), Оствальд (1904) и др.: 177, 232.

Фаянс К. (р. 1887), физико-химик и радиохимик, уроженец Польши, работал в Германии, затем эмигрировал в Америку, один из авторов открытия «закона сдвига», предсказал протактиний, дал эмпирико-аналитическое определение изотопа в качестве химического элемента: 6, 15, 17, 20, 24, 26, 27, 30—34, 36, 38—40, 44, 53, 54, 57, 59—61, 96, 99—104, 106, 108, 110, 117, 121, 122, 125, 127, 128, 131, 132, 241.

Фейербах Л. (1804—1872), немецкий философ-материалист: Энгельс посвятил ему одно из своих философских произведений.

Ферми Э. (р. 1901), итальянский физик, эмигрировал в США, специалист в области ядерной физики: 282.

Фехнер Г. Т. (1801—1887), немецкий физик-идеалист: 91.

Фишер Э. Г. (1754—1831), немецкий химик, сформулировал яснее закон эквивалентов, открытый Рихтером; находился под влиянием динамической теории: 297.

Флеров Н. И., советский химик-педагог первой половины XX в., сотрудничал со Спицыным: 60, 62, 63, 72, 89, 143, 253.

Флеров Т. Н., советский физик, вместе с Петржаком открыл спонтанное деление урана: 279.

Франкланд Э. (1825—1899), английский химик-органик, ввел понятия предела и валентности в химию: 182.

## Х

Хевеши Г., венгерский химик и радиохимик XX в., вместе с Костером открыл гафний; сотрудничал с Панетом: 34, 39, 65, 258.

Хиггинс У. (1765—1825), английский химик-флогистик, приближался к открытию закона кратных отношений: 297.

## Ч

Чадвик Дж. (р. 1886), английский физик, открыл нейтроны: 49, 269.

Ченцова Т. Н. (1900—1955), советский химик и философ, много работала над меделеевским научным наследием: 3, 4.

Чиамиччиа (точнее Чамичан) Дж. (1857—1922), итальянский химик-органик: 211.

## Ш

де-Шанкуртуа А. Б., французский ученый XIX в., обнаружил периодичность у химических элементов, расположив их по винтовой линии: 306.

Шарвин В. В., советский химик первой половины XX в., сторонник махистской философии: 37, 53, 73, 77—80, 82, 87—89, 93, 103, 110—112, 313, 314.

Шееле К. В. (1742—1786), шведский химик и аптекарь, открыл хлор и почти одновременно с Пристли кислород: 168.

Шекланд, американский физик XX в., пытавшийся своими опытами, оказавшимися ошибочными, «опровергнуть» закон сохранения энергии: 333.

Шеллинг Ф. В. И. (1775—1854), немецкий философ и натурфилософ, объективный идеалист, сторонник динамизма: 295, 297, 321.

Шлик М. (р. 1882), австрийский философ, неомохист: 90.

Шредингер Э. (р. 1887), немецкий физик-теоретик, один из основателей квантовой механики, дал ее основное уравнение, носящее его имя; в философии склоняется к «физическому» идеализму; из Германии эмигрировал в Англию: 266, 326.

## Щ

Щукарев С. А., советский химик, профессор ЛГУ, занимается изучением закономерности в распределении атомных весов: 268.

## Э

Эддингтон А. (1882—1943), английский физик и астроном, представитель Кембриджской школы «физического» идеализма: 325, 328, 329, 335.

Эйнштейн А. (1879—1955), великий немецкий физик-теоретик, создатель теории относительности, ввел понятие фотона, открыл закон взаимосвязи и неразрывности массы и энергии; в философии — сторонник махизма с отступлениями в сторону материализма: 48, 140, 154, 236, 282, 335.

Энгельс Ф. (1820—1895): 5, 58, 63, 71, 76, 86, 109, 111, 113, 130, 132, 139, 141, 148—150, 155, 156, 158, 159, 174, 181, 192, 204, 232, 233, 289, 292, 293, 305, 338, 345.

Эпикур (342—270 до н. э.), материалист и атомист древности: 162, 298.

Эфраим Ф., немецкий химик-неорганик XX в.: 70.

## Ю

Юкава, японский физик XX в., теоретически предсказал существование мезона («тяжелого электрона»): 50, 275.

Юм Д. (1711—1776), английский философ, субъективный идеалист и скептик: 90.

Юри (или Юрей) Г. (р. 1893), американский физико-химик, открыл «тяжелый водород» (дейтерий) в сотрудничестве с др. химиками: 41, 267.

## Я

Яковкин А. А., советский химик первой половины XX в.: 73, 86, 143, 144.

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	5

### Часть первая

#### Эволюция эмпирико-аналитического понятия элемента в химии

Глава I. Эмпирико-аналитическое понятие элемента в его зависимости от способов разложения вещества . . . . .	15
1. Этап примитивных химических приемов анализа (XVII—XVIII вв.) . . . . .	18
2. Этап усовершенствованных физико-химических приемов анализа (XIX в.) . . . . .	22
3. Этап открытия радиоактивности (1903—1913) . . . . .	24
4. Этап открытия изотопии (1913—1919) . . . . .	24
5. Этап открытия искусственных ядерных реакций (1919—1932) . . . . .	36
6. Этап открытия дейтерия и химической разделимости изотопов (после 1932) . . . . .	41
Глава II. Перенос понятия элемента из химии в физику на «элементарные» частицы . . . . .	47
1. Попытка подвести электрон под понятие химического элемента . . . . .	—
2. Открытие превращаемости «элементарных» частиц . . . . .	40
3. Эволюция понятия «элементарной» частицы . . . . .	50
4. Что такое элемент? . . . . .	53
Глава III. Несостоятельность эмпирико-аналитических определений элемента с формально-логической точки зрения . . . . .	57
1. Требование позитивности . . . . .	58
2. Требование адекватности . . . . .	60
3. Требование четкости . . . . .	61
4. Требование недопустимости круга и тавтологии . . . . .	63
5. Требование непротиворечивости двух определений . . . . .	64
Глава IV. Критика идеалистических и метафизических толкований понятия элемента в химии . . . . .	67
1. Попытки химиков критически разобраться в понятии элемента . . . . .	68
2. Два пути от узкого эмпиризма и субъективизма: к метафизике и к релятивизму . . . . .	75
3. Критика идеалистических трактовок понятия химического элемента . . . . .	81



	Стр.
Глава V. Сравнительный анализ различных трактовок эмпирико-аналитического понятия элемента и общей тенденции его эволюции . . . . .	95
1. Эволюция способов разложения вещества . . . . .	—
2. Эволюция объема понятия элемента (адекватности его определений) . . . . .	97
3. Эволюция определяющих признаков (содержания понятия элемента) . . . . .	102
4. Эволюция объема и содержания понятия элемента в их взаимной связи . . . . .	104
5. Философские выводы из эволюции эмпирико-аналитического понятия элемента . . . . .	107
Глава VI. Общая логическая характеристика эмпирико-аналитического понятия элемента и коренная гносеологическая причина его неудовлетворительности . . . . .	113
1. Логическая особенность эмпирико-аналитического понятия элемента и его основного признака неразложности или неразложимости . . . . .	—
2. Генезис негативного характера эмпирико-аналитического понятия элемента . . . . .	117
3. Особенность проявления закона обратной зависимости объема и содержания у эмпирико-аналитического понятия элемента . . . . .	119
4. Эмпирико-аналитическое понятие элемента как случайное, искаженное отражение реального элемента . . . . .	122
5. Субъективизм — коренной гносеологический порок старого эмпирико-аналитического понятия элемента . . . . .	130

## Часть вторая

### Эволюция атомно-теоретического понятия элемента в химии

Глава VII. Общие положения диалектической логики в их применении к развитию физико-химических понятий . . . . .	137
1. Определение физико-химического понятия через закон . . . . .	138
2. Определение весьма широких, соотносительных понятий и его отличие от логического круга . . . . .	144
3. Эволюция физико-химического понятия со стороны его объема и содержания . . . . .	150
4. Практика как источник развития и критерий правильности физико-химических понятий . . . . .	153
5. Развитие физико-химических понятий и познания вещества путем противоречий . . . . .	156
Глава VIII. Атомистическая трактовка элемента до открытия периодического закона Д. И. Менделеевым (с начала 40-х годов XVIII в. до конца 60-х годов XIX в.) . . . . .	162
1. Основание М. В. Ломоносовым химической атомистики и единой химико-физической трактовки элемента (1741—1765) . . . . .	—
2. Химико-механическая трактовка элемента после Ломоносова (последняя треть XVIII в.— начало XIX в.) . . . . .	168
3. Химико-электрическая трактовка элемента после Ломоносова (первая половина XIX в.) . . . . .	176
4. Дальнейшее развитие атомно-теоретической трактовки элемента (50-е и 60-е годы XIX в.) . . . . .	180
Глава IX. Химико-механическая трактовка элемента в связи с возникновением менделеевского понятия элемента (последняя треть XIX в.) . . . . .	188
1. Открытие периодического закона Менделеевым. Коренной переворот во взглядах на элементы . . . . .	—
2. Менделеевское определение элемента «через периодический закон» . . . . .	194

3. Эволюция понятия элемента в последней четверти XIX в.	206
4. Открытие периодического закона как подготовка полного крушения старого, метафизического понятия элемента . . .	219
5. Химико-механическая трактовка элементов в последней четверти XIX в. . . . .	225
<b>Глава X. Химико-электрическая трактовка элемента в связи с развитием менделеевского понятия элемента (первая четверть XX в.) . . . . .</b>	<b>231</b>
1. Новая революция во взглядах на элементы . . . . .	—
2. Отрыв нового понятия элемента от периодического закона Менделеева на рубеже XIX и XX вв. . . . .	235
3. Ликвидация отрыва нового понятия элемента от периодического закона Менделеева в 1913 г. . . . .	239
4. Модель атома. Эволюция менделеевского понятия элемента в его химико-электрической трактовке (после 1913 г.) . . . . .	253
<b>Глава XI. Дальнейшее развитие менделеевского понятия элемента в связи с переходом к обоюдосторонней трактовке элемента (вторая четверть и середина XX в.) . . . . .</b>	<b>265</b>
1. Начало возврата к признанию массы в качестве одного из определяющих признаков атомов и элементов . . . . .	—
2. Продолжение возврата к признанию определяющей роли массы . . . . .	271
3. Эволюция менделеевского понятия элемента после 1937 г. . . . .	277
4. Диалектический характер развития менделеевского понятия элемента . . . . .	286
<b>Глава XII. Борьба материализма и идеализма вокруг атомистической трактовки элемента . . . . .</b>	<b>295</b>
1. Борьба материализма и идеализма вокруг атомистики в химии до открытия периодического закона Менделеева . . . . .	—
2. Борьба материализма и идеализма вокруг атомистики в химии после открытия периодического закона Менделеевым . . . . .	304
3. Борьба материализма и идеализма вокруг атомистики в современной физике и химии . . . . .	325
<b>Заключение . . . . .</b>	<b>340</b>
<b>Именной указатель . . . . .</b>	<b>348</b>

Академия педагогических наук РСФСР

*Бонифатий Михайлович Кедров*

### ЭВОЛЮЦИЯ ПОНЯТИЯ ЭЛЕМЕНТА В ХИМИИ

Редактор А. Б. Буртаков Техн. редактор Р. Я. Соколова

Корректоры Н. О. Лименес и З. А. Ольшанная

Сдано в набор 12.IV.1956 г. Подписано к печати 20/IX 1956 г.

Формат  $70 \times 108^{1/16} = 11,25$  бум. л., 30,83 печ. л., 29,24 уч.-изд. л.

А 12046

Тираж 5000

Изд-во АПН РСФСР, Москва, Погодинская ул., 8

Зак. 450

Типография изд-ва АПН РСФСР, Москва, Лобковский пер., д. 5/16

Цена 13 руб. 20 коп.

## ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка		Напечатано	Следует читать
	св.	сн.		
53	18		протон $p$	протон $p$
156		17	„Развитие	Развитие
162		11	Гассеики	Гассенди
169		4	$\overline{v}_2$	$\overline{s}_2$
170	17		На рубеже XIX и XX вв.	На рубеже XVIII и XIX вв.
174	8		из этих пунктов был второй	из этих пунктов был третий
"		28	в качестве второго	в качестве третьего
177	2		$\overline{s}_3$	$\overline{s}_3$
179		6—7	$\overline{N} 14$ $> 18 = 1 \times 8$	$\overline{N} 14$ $> 18 = 1 \times 18$
180	24—25		р 32 обозначены жирным шрифтом	Р 32 обозначены курсивом
"		6	$\overline{Fr}$	$\overline{Er}$
184	1		J. Список	I. Список
190		8	солях окислов"	соляных окислов"
196		6	Ce 140	$\overline{Ce} 140$
209		6	Yb 176	$\overline{Yb} 176$
"		2	$\overline{Er}$	$\overline{Er}$
213	10		$\overline{S}_3^m$	$\overline{S}_3^r$
219		23	галлия	гелия
242	15		$\overline{S}_4$	$\overline{S}_4'$
249		22		
251		20		
258	2		2S-,	2s-,
271	16		$\overline{S}_2$	$\overline{S}_2$
276		3		
271	22			
273	1		осью абсцисс	осью ординат
297	22—23		бета-минут	бета-минус
			в себе оба элемента	в себе соединившиеся эле- менты
305		14	и механизму	и механицизму
306	28		открытыми в Вашем	сокрытыми в Вашем
314	23		химики не показали	химики не искали
"	28		объективно атомов	объективной реальности ато- мов
329	6		Так писал Ланжевен.	Так писал критикуемый
332	12—13		момента движения	Ланжевенем Эддингтон. момента количества движения
"	16			
"		13		
353		11	энергетического материализма	энергетического мировоззре- ния