

В. М. Золотухин Н. А. Золотухина

# **Философские вопросы химии**

Учебное пособие

Кемерово 2008

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Кузбасский государственный технический университет"

В. М. Золотухин Н. А. Золотухина

# **Философские вопросы химии**

Учебное пособие

Кемерово 2008

УДК 54.01  
ББК Ю251.1

Рецензенты:

Доктор философских наук, профессор, чл.-корр. РАЕН зав. кафедрой философии Кемеровского государственного университета В. П. Щенников

Доктор философских наук, профессор Кемеровского университета культуры и искусств П. И. Балабанов

Золотухин, В. М. Философские вопросы химии : учеб. пособие / В. М. Золотухин, Н. А. Золотухина ; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2008. – 92 с.  
ISBN 978-5-89070-641-6

Написано по дисциплине "Философские вопросы химии".

Предназначено для студентов специальности 240301 "Химическая технология неорганических веществ".

Рассмотрены философско-методологические проблемы химической формы материи и ее аспектов в философском мировоззрении.

Печатается по решению редакционно-издательского совета ГУ КузГТУ.

ISBN 978-5-89070-641-6

УДК 54.01

ББК Ю251.1

© ГУ КузГТУ, 2008

© Золотухин В. М.,

Золотухина Н.А., 2008

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
Глава 1. Место химии в системе наук .....	5
1.1. Предмет философии химии. Место химии в системе наук.....	5
1.2. Философские основания химических открытий.....	11
1.3. Структурирования химических знаний в рамках корпускулярно-механических представлений. Понятие материи. Химическая форма строения материи.....	21
1.4. Диалектичность процесса познания химических превращений: системный и эволюционный подходы в химии.....	29
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	39
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	40
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	41
Глава 2. Химическая картина мира.....	42
2.1. Проблемы структуры химических соединений .....	42
2.2. Диалектика химических соединений и периодический закон. Теория химического строения (А. М. Бутлеров, Ф. Кекуле, А. Кольбе и др.).....	48
2.3. Периодическая система Д. И. Менделеева как отражение единства материального мира.....	58
2.4. Электронное строение материи как способ описания химических соединений средствами квантовой механики.....	63
2.5. Статическая форма строения материи как учение о макроскопическом равновесии.....	71
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	84
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	85
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И КАТЕГОРИИ.....	86

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Изучение в высших учебных заведениях дисциплины "Философские вопросы химии" обусловлено не только требованиями государственного стандарта по подготовке специалистов высшей квалификации, но и потребностью освоения студентами на практике методологических оснований естественнонаучных процессов. Немаловажное значение играет знание истории становления и развития той или иной естественнонаучной дисциплины, в частности химии, а также освоение законов развития мышления. Последнее имеет существенное значение в рамках гуманизации технического знания и совершенствования технологических процессов для противодействия последствиям научно-технического прогресса средствами, которые должны способствовать дальнейшему развитию науки и техники. Таков парадокс и диалектика развития вида *Homo sapiens*.

Важнейшим аспектом является проблема формирования, становления и изменения химической картины мира, рассмотрение которой невозможно без сопоставления различных мировоззренческих парадигм. Стремительное развитие современной химии является результатом не только развития самой химии, но и плодотворного сотрудничества с физикой, математикой, биологией, другими естественными науками, взаимосвязано также и с философией.

Предлагаемый курс "Философские вопросы химии" опирается на глубокое изучение историко-философской, естественнонаучной и современной научной литературы в соответствии с программой по дисциплине "Философские вопросы химии" для специальности 240301 – "Химическая технология неорганических веществ" КузГТУ.

В данное учебное пособие вошли ключевые темы курса "Философские вопросы химии". Они касаются предмета, основных категорий, структуры, ее функций, а также истории развития науки и этапов ее становления.

Авторами данного пособия являются д.ф.н., профессор кафедры социологии, политических отношений и права КузГТУ В. М. Золотухин и к.х.н., старший преподаватель кафедры химии и технологии неорганических веществ КузГТУ Н. А. Золотухина.

## **Глава 1. Место химии в системе наук**

### **1.1. Предмет философии химии. Место химии в системе наук**

Предметом изучения дисциплины "Философские вопросы химии" является раскрытие проявления законов диалектики в различных химических процессах. Основной задачей изучения данного курса является определение философского смысла важнейших законов химии, ее теорий, выяснение специфики действия и проявления всеобщих законов и категорий диалектики в химической форме движения материи, выявление особенностей развития современной химической науки, методов ее исследования, связь с другими разделами естествознания.

Революция в естествознании на рубеже XIX–XX вв. открыла эпоху в развитии наук. Современный химик, как и любой другой представитель естественных наук, не может иметь туманного представления о биологии и довольствоваться поверхностным знакомством с физикой. Постоянно наблюдается процесс дифференциации и интеграции. На стыке наук совершаются самые неожиданные открытия. Наиболее эффективные результаты получают именно тогда, когда методы исследования одной науки применяются в области другой. Взаимопроникновение и взаимовлияние наук в процессе развития знания глубже отражает объективное единство материального мира и вскрывает общие для всех явлений природы закономерности.

Успешное овладение этими закономерностями, научным методом познания зависит от мировоззрения, в основании которого положены принципы научной философии, обеспечивающие широту мышления и столкновения в познании различных подходов и гипотез относительно одних и тех же проявлений материального мира. Взаимосвязь между философией и естествознанием объясняется познанием новых, более сложных объектов, все более широко развивающимися исследованиями на микроуровне в области как неживого, так и живого. В связи с этим научные теории становятся все более абстрактными, в них отсутствует столь привычная в понятиях и представлениях прошлого наглядность. Возрастает роль теоретического мышления, которое становится относительно самостоятельное и во все увеличивающей-

ся степени направляет опыт, предваряет его. Это обстоятельство используется также для различного рода идеалистических извращений.

Для разоблачения порочных исходных позиций спекулятивной философии следует показать характер современной научной абстракции, новые особенности экспериментальных измерений, логические методы обработки данных опыта, место и роль в естественнонаучном познании математики, моделирования, кибернетики и т. д. Это неизбежно требует глубокого знания специфических форм проявления всеобщих принципов и законов развития в конкретной области науки, умения пользоваться ими, сознательно сочетать общие философские принципы с конкретным, в том числе химическим, материалом.

Своим конкретным содержанием химия, как и другие науки, опираясь на издавна установленные факты и законы и современные теории, находится в органической связи с философией, ее общими принципами и законами. Закон сохранения массы (веса) вещества, теория Бутлерова с его центральным положением о связи строения и свойства, законы (количественные) стехиометрии, учение о единстве прерывности и непрерывности в составе химических соединений, наконец, периодический закон – система современной химии – выступают как частные, естественнонаучные выражения принципов философии о несотворимости и неуничтожимости материи, о материальном единстве мира, о связи и взаимообусловленности всех его частей. Факты, законы и теории химии представляют неоспоримые естественнонаучные доказательства основных положений диалектики.

Роль химии в жизни и развитии общества очень велика. Химия очень тесно связана с производством материальных ценностей. Теоретические положения естествознания, в том числе и химической науки, а также современные сложные теории, взаимосвязаны с философией. Бурный поток доставляемых химией новых знаний о вещах, вызывающий ломку прежних понятий, теорий обращает внимание исследователей и на природу химических знаний. Колоссальные достижения химической практики, столь весомо и зримо ощутимые в повседневной жизни, вносят немало нового в общее миропонимание, существенно отражаются на состоянии взаимодействий общества с природой и тоже

ставят целый ряд вопросов философского характера [4, С. 15]. Возникновение этих вопросов и их значение для развития химии и философии связаны, прежде всего, с самим предметом, объектом химии и его ролью в жизни человеческого общества, в практических и познавательных отношениях людей с природой, в формировании мировоззрения.

Роль вещества и знаний о веществе в жизни общества, в трудовой деятельности людей, в их отношениях с окружающей природной средой, природа химических знаний, пути и средства их формирования – вот та основа, на которой, в конечном счете, и вырастают философские вопросы химии, вопросы, для решения которых приходится выходить за рамки химии, ее понятий и методов в сферу вопросов об отношении материи и сознания, природы и человека, в сферу общих представлений о мире, о законах его познания. Вместе с тем, добавляемые химией и химической производственной практикой знания о природе, о вещах и растущая на этой основе власть людей над природой всегда были богатейшим источником, питающим развитие философского мировоззрения, развитие общих представлений о мире, о природе человека, его деятельности, его мышлении, о законах познания, отражения действительности [4, С. 29].

Можно констатировать, что начиная с древних времен и вплоть до наших дней в развитии научной, в том числе и химической, и философской мысли почти по всем направлениям бесспорно наблюдается позитивный и безостановочный прогресс. Наука, включающая философию, и доныне продолжает повседневно углубляться и совершенствоваться. Теории и факты химической науки предоставляют нам конкретные доказательства научности основных положений диалектики.

Химия в содружестве с другими науками и в тесном союзе с философией дает обширный, фундаментальный материал для выработки у ученого научно-философских взглядов на природу и окружающий мир.

Известно, что практические достижения химии стали одним из важнейших моментов происходящей научно-технической революции, а масштабы производственно-химической деятельности людей стали весьма ощутимыми по своим воздействиям на природу и общество. Стремительный рост химизации производства



ставит ряд проблем философского и социологического характера. Экономическая, политическая, идеологическая, нравственная, эстетическая сторона развития химии и химизации производства, их роль в прогрессе техники, производительных сил, в отношениях общества с природой, прямые и опосредованные социальные последствия химизации и обратное влияние различных социальных факторов на ход развития химической науки, на направление практических применений ее достижений – вот некоторые из этих вопросов.

Можно выделить три основные группы философских вопросов химии. Первая из них связана с обобщением новых достижений химии в познании вещества, с построением научной картины вещества и ее мировоззренческого значения. Это характеризует онтологический аспект достижений химии и позволяет глубже понять сущность открытых химией явлений, увидеть их связи с другими – физическими, биологическими и прочими – явлениями, осмыслить их место в общей системе природы. Разработка этих вопросов необходима не только для формирования общего научного мировоззрения, соответствующего достигнутому уровню знаний о природе, но и для корректировки дальнейших направлений химического исследования.

Вторую и самую обширную группу вопросов составляют вопросы гносеологические и методологические. В них затрагивается сама познавательная деятельность химика, ее логический инструментарий, анализ развивающегося химического знания применяемых в химии понятий, абстракций, методов исследования и т. д. Результаты познания, оформляясь в виде новых понятий, принципов, теорий, всегда становятся и инструментами дальнейшего познания. Раскрыть не только общую естественнонаучную, мировоззренческую значимость новых знаний, но их значение в развитии познавательного аппарата науки, их функционирования в роли орудий и средств познания – вот задача исследований методологической и гносеологической стороны химии. Это вопросы в условиях бурного развития современной химии, растущей математизации, абстрактности знаний приобрели особую остроту и значимость.

Третья группа философских вопросов химии – это вопросы, относящиеся к раскрытию социального аспекта развития химии и

химической практики. Они связаны с превращением химии в производительную силу и становятся орудиями практической деятельности людей по преобразованию объективной действительности. Это вопросы, связанные и с тем, что изучаемые химией вещества – не только загадочный предмет упорных научных исследований, но и то, что жизненно нужно человечеству. Наличие или отсутствие тех или иных видов вещества, доставляемое химией умением переделывать вещество, управлять его свойствами и превращениями, – все это является существенным фактором общественного развития и заметно отражается на различных сторонах жизни общества [4, С. 38].

Конечно, деление философских проблем химии на указанные три группы довольно условно. Законы бытия, объективного мира и законы познания, мышления не есть нечто абсолютно независимое друг от друга, они едины, совпадают и в определенном смысле тождественны. Субъективная диалектика, диалектика понятий есть отражение диалектического движения действительного, объективного мира [9, С. 46]. Поэтому первую группу вопросов (онтологический аспект) нельзя полностью оторвать от гносеологических проблем. Общая научная картина природы, вещества представляет собой результат познания и выражается в понятиях, в абстракциях. Она несет на себе печать гносеологической, методологической позиции исследователей и сама выступает орудием познания, базой для совершенствования познавательного аппарата науки, возникновения и решения гносеологических и методологических вопросов (например, для анализа сдвигов в структуре научной теории). Группа вопросов, касающихся социального аспекта химии, тоже не может быть полностью оторвана от гносеологических и онтологических.

Разработка гносеологических, мировоззренческих проблем в науке всегда несет на себе печать идеологической борьбы, социальных процессов своего времени. Мировоззренческое значение тех или иных достижений химии не ограничивается только набором количественных данных для уточнения общих представлений о природе. Место и роль химии и химической деятельности человечества в общей картине бытия полнее могут быть раскрыты лишь с учетом их социального аспекта, влияния на жизнь людей, на состояние отношений общества с природой.

Философские вопросы химии, как и всякой другой частной науки, не являются вопросами абсолютно самостоятельными, внешними по отношению к ней, вопросами, волнующими лишь отдельных любителей. Можно без преувеличения сказать, что философские вопросы выступают как одна из неперенных составных частей в разработке научных и практических проблем химии.

Химия изучает окружающий нас мир объединяемым понятием материи (*mater rerum* – мать вещей), существующей вне и независимо от сознания человека. "...материя есть то, что, действуя на наши органы чувств, производит ощущение; материя есть объективная реальность, данная нам в ощущении..." По мнению М. В. Ломоносова, материя существует в форме вещества и поля. Частицы обеих форм материи обладают массой, энергией и характеризуются диалектическим единством корпускулярных и волновых свойств.

Понятием "поля" оперирует физика. Поскольку химическую науку мы определяем как науку о вещах и их превращениях, то понятие вещей является фундаментальным понятием этой науки.

Употребление термина "вещество" в химии вполне правомерно, т. к. оно указывает на основную задачу, поставленную перед химией, производством и обществом, а именно на проблему получения веществ и материалов с требуемыми характеристиками. Эта проблема движет развитием как химической промышленности, так и химической науки. Промышленность решает ее непосредственно, перерабатывая природные вещества в форму, доступную человеческому потреблению. Химическая наука относится к проблеме получения необходимых веществ с требуемыми характеристиками как к объекту исследования, и ее в конечном итоге интересуют законы природы, управляющие свойствами и превращениями вещества в его наиболее широком понимании.

Химия нужна человеку прежде всего для получения из природных веществ по возможности всех необходимых материалов – металлов, керамики, стекла, топлива и т. д. Для этого химия должна разрешить свою основную проблему: из каких химических элементов состоят вещества и каким образом следует осуществлять взаимные превращения веществ для получения необ-

ходимых материалов. Отсюда вытекают задачи химии – получение веществ с заданными свойствами и выявление путей управления свойствами вещества. На достижение первой из них направлена производственная деятельность человека, а второй – его познавательная деятельность.

## 1.2. Философские основания химических открытий

С древних времен и вплоть до наших дней в развитии научной, в том числе и химической, и философской мысли почти по всем направлениям бесспорно можно констатировать позитивный и безостановочный прогресс. Наука, включающая философию, и доныне продолжает повседневно углубляться и совершенствоваться. Теории и факты химической науки представляют нам конкретные доказательства научности основных положений диалектики. На основании положений химической науки и философии можно подтвердить или опровергнуть диалектическую взаимосвязь химических процессов и продемонстрировать роль философии в научных исследованиях для прогнозирования результатов во избежание практических ошибок и теоретических заблуждений.

Ранняя химия и алхимия, которая много веков была ее прямой наследницей, представляли собой странную смесь реального и мистического. Широко распространенные представления алхимии никогда не имели успеха. Постоянно окружая себя символами и метафорически существуя в остроконечном колпаке, алхимия и ее представители были ветвью магии и в значительной степени делом надувательства.

Как бы то ни было, алхимия всегда включала мистический или полумистический элемент. В некоторых случаях, как, например, в приписывании жизни тому, что мы теперь считаем неодушевленным, например металлам. Металлы наделялись способностью к росту наподобие растений и подобно им имели возможность изменять цвет – образовывать соли, как мы бы теперь сказали. Подобные взгляды были общепризнанными и порой вели к отождествлению живой и неживой материи. Точно так же, как семя пшеницы, брошенное в землю, представляется умирающим и претерпевающим гниение, металл может быть уничтожен, т. е.

присущие ему свойства исчезнут. А именно, металл сгнивает, т. е. первоначальное вещество путем соответствующей обработки, наподобие полива грунта, может принести ему жизнь в более совершенной форме: медь будет сиять великолепием серебра или солнечной лучезарностью золота. Подобные представления позволяли возрождать мертвую материю.

На протяжении веков алхимия изучалась такими великими людьми, как Роджер Бэкон и Альберт Великий. Святой Фома Аквинский спрашивает, может ли алхимическое золото быть получено на законных основаниях как реальное золото и утверждает, что может, если его природа такая же, как у золота. Данной точки зрения придерживался Платон, говоря что сущность золота тогда, когда оно есть золото.

Алхимия, которую Альберт Великий называл "нищенский союз гения и огня", была повернута к нуждам медицины Парацельсом, который предложил учение о трех алхимических элементах: ртути, сере, соли. Парацельс, как и Авиценна, считал, что основная задача алхимии – не поиски способов получения золота, а изготовление лекарственных средств. Трем основным частям материи – ртути, сере, соли – соответствуют свойства летучести, горючести и твердости. Эти три элемента по Парацельсу и составляют основу макрокосма (Вселенной) и связаны с микрокосмом (человеком), образованным духом, душой и телом. Переходя к определению причин болезней, Парацельс утверждал, что лихорадка и чума происходят от избытка в организме серы, при избытке ртути наступает паралич и т. д. Принцип, которого придерживались все ятрохимики, состоял в том, что медицина есть дело химии, и все зависит от способности врача выделять чистые начала из нечистых субстанций. В рамках этой схемы все функции организма сводились к химическим процессам, и задача алхимика заключалась в нахождении и приготовлении химических веществ для медицинских нужд.

С уменьшением влияния ятрохимии натурфилософы вновь обратились к учениям древних о природе. На первый план в XVII в. вышли атомистические (корпускулярные) воззрения. Одним из виднейших ученых – авторов корпускулярной теории – был философ и математик Рене Декарт. Свои взгляды он изложил в 1637 г. в сочинении "Рассуждение о методе". Р. Декарт

полагал, что все тела "состоят из многочисленных мелких частиц различной формы и размеров, ... которые не настолько точно прилегают друг к другу, чтобы вокруг них не оставалось промежутков; эти промежутки не пустые, а наполнены... разреженной материей". Свои "маленькие частички" Декарт не считал атомами, т. е. неделимыми; он стоял на точке зрения бесконечной делимости материи и отрицал существование пустоты.

Одним из виднейших противников Декарта был французский физик и философ Пьер Гассенди. Атомистика Гассенди была по существу пересказом учения Эпикура, однако, в отличие от последнего, Гассенди признавал сотворение атомов Богом; он считал, что Бог создал определенное число неделимых и непроницаемых атомов, из которых и состоят все тела; между атомами должна быть абсолютная пустота.

Несколько позже Ван-Гельмонт, который отверг эти представления, учил, что истинными элементами являются воздух и вода. Освобождая алхимию от некоторых ее иррациональных элементов и выполняя количественные эксперименты, он впервые применил слово "газ" для воздухоподобных веществ со свойствами, отличными от обычного воздуха.

В дальнейшем развитии химии XVII в. особая роль принадлежит ирландскому ученому Роберту Бойлю. В качестве основных научных достижений Бойля в химии можно отметить основание им аналитической химии (качественный анализ), исследование свойств кислот, введение в химическую практику индикаторов, изучение плотностей жидкостей с помощью изобретенного им ареометра. Нельзя не упомянуть и открытый Бойлем закон, носящий его имя (называемый также законом Бойля – Мариотта). Однако главной заслугой Бойля стала предложенная им новая система химической философии, изложенная в книге "Химик-скептик" (1661). Книга посвящена поискам ответа на вопрос, что именно следует считать элементами, исходя из современного уровня развития химии. Бойль пишет: *"Химики до сих пор руководствовались чересчур узкими принципами, не требовавшими особенно широкого умственного кругозора; они видели свою задачу в приготовлении лекарств, в получении и превращении металлов. Я смотрю на химию с совершенно иной точки зрения: не как врач, не как алхимик, а как должен смотреть на нее фило-*

соф. Я начертал здесь план химической философии, который надеюсь выполнить и усовершенствовать своими опытами и наблюдениями". Книга построена в форме беседы между четырьмя философами: Фемистом, перипатетиком (последователем Аристотеля), Филопоном, спагириком (сторонником Парацельса), Карнеадом, излагающим взгляды "мистера Бойля", и Элевтерием, беспристрастно оценивающим аргументы спорщиков. Дискуссия философов показывает, что ни четыре стихии Аристотеля, ни три принципа алхимиков не могут быть признаны в качестве элементов. Бойль пишет: *"Нет никаких оснований присваивать данному телу название того или иного элемента только потому, что оно похоже на него одним каким-либо легко заметным свойством; ведь с тем же правом я мог бы отказать ему в этом названии, поскольку другие свойства являются разными"*. Исходя из опытных данных, Бойль показывает, что понятия современной химии должны быть пересмотрены и приведены в соответствии с экспериментом.

Главную задачу химии Бойль видит в изучении состава веществ и зависимости свойств вещества от его состава. При этом понятие состава Бойль считает возможным употреблять только тогда, когда из элементов, выделенных из данного сложного тела, можно обратно восстановить исходное тело (т. е. он фактически принимает синтез за критерий правильности анализа). Бойль не называет ни одного элемента в новом понимании этого понятия; не указывает он и число элементов, отмечая лишь, что *"не будет абсурдом, если предположить, что число это много больше трех или четырех"*. Таким образом, книга "Химик-скептик" представляет собой не ответ на насущные вопросы химической философии, но постановку новой цели химии. Главное значение работы Бойля заключается в следующем:

1. Формулировка новой цели химии – изучение состава веществ и зависимости свойств вещества от его состава.
2. Предложение программы поиска и изучения реальных химических элементов.
3. Введение в химию индуктивного метода.

В своих работах Роберт Бойль многократно подчеркивал, что в своем методе он следовал наставлениям философского мыслителя, а именно Френсиса Бэкона. В различных источниках

Ф. Бэкон упоминается как создатель химического метода. Он включил химию в число наук, которые должны быть приняты во внимание при формировании адекватной картины знания его времени. Он утверждал, что химию никогда нельзя будет развить из нескольких постулатов или законов, которые математическими методами могут привести к выводам, которые можно будет проверить экспериментально, и что химия нечто более сложное и трудное. Только химики могут что-либо значительное сказать о химии или, как их тогда называли, алхимики. Если прогресс в этой области будет достигнут, он должен начинаться с того, что специалисты, алхимики, уже установили, а не от абстрактных постулатов и законов, взятых из совершенно других областей. Химия может стать наукой только на основе рационализированной алхимии.

Ф. Бэкон делал химические эксперименты сам, и его книга "Sylva Sylvarum" ("Естественная история"), хотя и была высмеяна, была, вероятно, наилучшим и наиболее полным собранием подобного рода, доступным в то время. Он полностью осознавал слабости алхимической практики, говорил, например, что алхимик терпит неудачу в "правильных пропорциях и сомнениях практики, что возобновляет его страдания бесконечно, и, находя, что он проливает свет на некоторые важные эксперименты и результаты, он значительно их преувеличивает и питает остатки надежд". Далее добавляет: "Не следует все же отрицать, что алхимики сделали много полезного и подарили людям полезные открытия. Развитие химии как науки будет вероятнее всего осуществляться путем глубокого изучения природы тяжести, желтого цвета, ковкости и растяжимости, неподвижного и изменчивого, составляющих элементов и растворителей минералов, чем поиск тех нескольких крупиц философского камня, которые должны, в несколько мгновений, превратить другие металлы в золото" [2, С. 297].

На основании теории Ньютона Джоном Кейли (John Keill) были сформулированы тридцать теорем законов притяжения в химии. Сам Ньютон не мог добиться прогресса без знания новых веществ, а их нельзя было открыть, используя такие методы, которые применимы для взвешивания небесных тел, ставших возможными благодаря математической астрономии, без учета опы-



та прошлых веков. Профессор Зингер (Singer) сказал, что Галилей провозгласил лозунг "Наука есть измерение", но химия есть наука, а она не все измеряет.

Единственным методом правильного познания является опора только на факты, которые дала природа, и достижение истины только естественным порядком — экспериментами и наблюдением, таким же путем, каким математики достигают решения проблемы. На основании этого книга Лавуазье (*Traité de Chimie*) начинается с дискуссии о теплоте, флюиде и веществе, составляющем теплоту, существование и свойства которых выясняются с помощью ряда поверхностных аналогий. Например, о впитывании воды губкой или деревом. Способность газа расширяться объясняется с помощью самоотталкивающих свойств теплоты, находящейся между их частицами. Подчеркивается, что Ф. Бэкон нашел правильную природу тепла, возможно, несколько неудовлетворительным способом, но все же дающим правильный результат. Вместе с тем это показывает, что идея о том, что теплота является формой движения, была отброшена современными лидерами науки. Лавуазье говорит: "При изучении абстрактных вопросов нам мало могут помочь ощущения, поэтому аналогия с впитывающей воду губкой помогает нам понять, что теплота является материальным флюидом". Еще он говорит: "Является реальностью отталкивание между молекулами упругих флюидов", и в раздумье добавляет: "...или, по крайней мере, вещи ведут себя так, как если бы отталкивание происходило". Можно было бы добавить как курьез, что некоторые мыслители понимали частицы не отталкивающимися друг друга, и что Бернулли в 1738 г. показал, что физические свойства газов могут быть количественно объяснены в терминах кинетической энергии их не-расталкивающихся частиц.

Количественный метод в химии с успехом использовался Ван-Гельмонтом, безуспешно Гейлсом и с большим успехом Блэком и т. д. У Лавуазье количественный метод имел успех потому, что имелось намного больше фактов, чем было доступно ранее. Важную роль играли открытые Пристли исключительно химическими методами, без использования каких-либо методов, заимствованных у астрономии, физики или математики, новые газы. Этими открытиями, используя методы физики и математики, Ла-

вуазье смог преобразовать химию и стал первым крупным физико-химиком.

Химическая система Лавуазье не имела завершенности даже для своего времени. Она не рассматривала таких вопросов, как законы соединительных пропорций, предмет, который привлекал внимание Гомберга (Homberg), Бергмана, Кавендиша, Кирвана и Рихтера до того, как была издана книга Лавуазье. Большая работа в этой области была проведена Иеремией Вениамином Рихтером (Jeremias Benjamin Rihter), который продолжал ее до 1807 г., того самого года, в котором атомистическая теория Дальтона была объявлена химическому миру.

Рихтер был очень хорошим химиком-практиком, но главный вклад сделал в теорию. Он первым ясно осознал то, что мы теперь называем законом эквивалентных пропорций или эквивалентов в его более полной мере, и дал таблицы химических эквивалентов. Рихтер не повлиял на современных ему химиков по двум причинам. Во-первых, столь же хороший математик, сколь и химик, он считал, что числа, представляющие соединительные пропорции, будут подчиняться математическим законам и образуют ряд. Теперь мы знаем, что числа не следуют в действительности никаким математическим закономерностям. Рихтер выискивал объяснения для замены некоторых чисел, для того чтобы подогнать их к ряду, и химики вполне естественно отказались следовать за ним. Во-вторых, Рихтер не заметил, что его многочисленные таблицы могли быть значительно упрощены путем выбора простых элементов как основы рядов эквивалентов, и как это было сделано Фишером в 1802 г.

Труд Рихтера был оценен благодаря описанию, данному в *Statique Chimique* ("Химическая статика") Бертолле в 1803 г. К тому времени, когда эта книга достигла Англии, Дальтон дал свою первую таблицу атомных весов на собрании Манчестерского литературного и философского общества, и на его атомистическую теорию никак не повлиял Рихтер. Дальтон открывает несколько новых экспериментальных закономерностей: *закон парциальных давлений* (закон Дальтона), *закон растворимости газов в жидкостях* (закон Генри – Дальтона) и, наконец, *закон кратных отношений*. Объяснить эти закономерности (прежде всего закон кратных отношений), не прибегая к предположению о дис-

кретности материи, невозможно. Основываясь на законе кратных отношений, открытом в 1803 г., и законе постоянства состава, Дальтон разрабатывает свою атомно-молекулярную теорию, изложенную в вышедшем в 1808 г. труде "Новая система химической философии".

Основные положения теории Дальтона заключаются в следующем:

1. Все вещества состоят из большого числа атомов (простых или сложных).
2. Атомы одного вещества полностью тождественны. Простые атомы абсолютно неизменны и неделимы.
3. Атомы различных элементов способны соединяться между собой в определённых соотношениях.
4. Важнейшим свойством атомов является *атомный вес*.

Дальтон добился успеха в химической атомистической теории благодаря сочетанию теории Ньютона (считая, что газовое давление обусловлено отталкиванием частиц газа) с теорией, что эти частицы окружены оболочкой теплоты различной величины. Оба эти предположения ошибочны, и стоило только Дальтону понять возможность атомов отличаться в весе, как он пошел дальше по пути экспериментов с химическими соединительными пропорциями, которые были иными, чем у Рихтера.

Возможно, самый замечательный пример соотношения физических и химических методов представлен разработкой закона действия масс. На всем протяжении XVII в. придерживались идеи, что химические изменения обусловлены действием сил между частицами. Жоффруа (Geoffroy) в 1718 г. расположил вещества в таблицы сродства, но так как Парижская Академия не одобряла ньютоновский термин "притяжение" (attraction), он использовал термин "связь" (rapport), который происходит от ratio, logos и может привести нас к стоической идее силы. Как правило, однако, считалось, что сродство будет объяснено как соответствующее видоизмененное гравитационное притяжение, хотя сам Ньютон не одобрял эту идею. Вещество АВ, скажем соль кислоты А и основания В, разлагается другим веществом С, скажем другой кислотой, с образованием ВС и выделением А, потому что притяжение В к С больше, чем А к В. Бергман в 1775 г. и Бертолле в 1801 г. начали с одинаковой идеи сродства как универсаль-

ного притяжения, но пришли к диаметрально противоположным результатам. Бергман предположил, что разложение будет полное, сродство действует так, что было названо абсолютной силой. Бертолле мыслил его неполным результатом равновесия сил, видоизмененных такими силами, как упругость газов или сцепление твердых тел. То, что одна теория может привести к двум несовместимым результатам, показывает, что она не имеет ничего общего с реальностью. После длительных химических исследований стало ясно, что гравитационное притяжение может мало помочь при изучении химических изменений. Закон действия масс является таковым, что в его формулировку идея силы не входит. Это химический закон, в том смысле, что это количественная формулировка химического феномена. Химики всегда будут интересоваться попытками математиков и физиков объяснить фундаментальные законы химии, которые достигаются методами, свойственными науке, но если они мудрые, то будут продолжать использовать эти законы и находить удовлетворение в них, даже если они еще не могут быть сведены к терминам концепций, которые представляются достаточно чуждыми для сущности химии.

Химики и философы накопили немало фактов о рациональной интерпретации современной химии. В своей элементарной форме, в области своих первых опытов и изложении своих открытий химия, безусловно, носит субстанциалистский характер. О ее наивном реализме свидетельствует хотя бы такой факт, как постоянное упоминание слова "субстанция". Когда простой человек говорит, что золото тяжелое, а химик говорит, что золото — это металл, обладающий удельным весом 19,5, то оба они судят о нем, конечно же, одинаково, исходя из принципов реализма, принимая их без доказательства. Химический эксперимент настолько легко поддается реалистическому толкованию, что мы не испытываем потребности интерпретировать его в терминах какой-либо иной философии, не основанной на диалектических тенденциях.

Если нам попытаться убедить оппонента-реалиста в том, что следует принять идею многослойной реальности, что ему нужно различать уровни в ходе аргументации, мы сделаем большой шаг в развитии нашей критики; ибо, признав недопустимость смешения

ния жанров, мы могли бы вести спор уже на достигнутом уровне, и нам легко было бы показать, что на этом уровне именно метод определяет то, что существует. На первом этапе развития органической химии охотно верили, что синтез служит лишь для проверки точности анализа. Теперь ситуация скорее обратная. Любое химическое вещество определяется в момент его воссоздания. И синтез необходим здесь как раз для понимания иерархии функций. Несмотря на возможность обнаружения молекулярных характеристик у органических молекул, именно развитие методов синтеза позволило построить столь прочное здание, каким является органическая химия. Если в качестве первичного материала у нас были бы только смеси, с трудом делимые на чистые компоненты, смеси, которые мы находим в природе, и если в качестве единственных методов мы пользовались бы только методами анализа, то мы никогда не смогли бы проникнуть в структуру цепей –  $CH_2$  – и вся химия бензольных соединений по существу осталась бы химией группы –  $CH_2$ . Это позволяет сказать, что специфически реалистическое изучение, в этом случае, сосредоточено на одном субстанциальном частном свойстве. Только синтетическая реализация позволяет определить некий сорт иерархий субстанциальных функций, привить одни химические функции на другие.

Философия химии, которая была сложной и расколотой при четырех элементах, становится простой и ясной при 92 элементах! На данный парадокс обращает внимание Г. В. Быков. Проникая в принцип исследования, который берет начало в систематизации простых химических веществ Менделеева, мы неожиданно понимаем, как постепенно закон начинает предшествовать факту и что порядок веществ раскрывается как некая рациональность. Можно ли привести более убедительное доказательство рационального характера какой-либо науки о субстанциях, которая бы достигла того, чтобы предсказывать, еще до реального открытия, свойства некоей доселе неизвестной субстанции? Между тем организующая способность таблицы Менделеева такова, что химик знакомится с веществом в его формальном аспекте именно до того, как обнаруживает его материальные свойства. Род управляет видом. И напрасно нам будут возражать, что это якобы частный аспект, что большинство химиков в своей повседневной

работе имеют дело с наличными и реальными веществами. В действительности вместе с таблицей Менделеева родилась метакимия, и именно ее упорядочивающая и рационализирующая деятельность привела к успехам, которые становятся с каждым днем все более многочисленными и все более существенными.

### 1.3. Структурирования химических знаний в рамках корпускулярно-механических представлений.

#### Понятие материи. Химическая форма строения материи

Вольтер в своем "Философском словаре" подчеркивал, что материя протяженна и делима. "Протяженная" значит "состоящая из частей", – говорят многие авторы. Но из чего состоят эти части? Делимы ли элементы этих частей? Материя существует, и вы познаете ее исключительно через свои ощущения. Увы! К чему нам служат все вытекающие из рассуждения тонкие ухищрения ума? Геометрия сообщила нам приличное число истин, метафизика – очень мало. Мы взвешиваем материю, измеряем ее, разлагаем на составные части; но если мы хотим сделать хоть шаг за пределы сих грубых действий, мы чувствуем собственное бессилие и пропасть, разверзшуюся под нами.

Для характеристики материи можно привести определения, которые закладывают краеугольные камни в наше познание общей теории развития мироздания – Р. Декарта, Ф. Энгельса и В. И. Ленина.

"Количество существующего в мире движения всегда постоянно" (*Р. Декарт*).

"Движение есть способ существования материи. Нигде и никогда не бывало и не может быть материи без движения... Материя без движения так же немыслима, как и движение без материи. Движение поэтому так же несотворимо и неразруσιμο, как и сама материя – ... количество имеющегося в мире движения остается всегда одним и тем же" (*Ф. Энгельс*).

Объективная реальность, будучи независимой от человека и его сознания, производит в нас ощущения, субъективные образы, образы окружающего мира. Материя наделена свойством отражения, и это свойство на уровне социальной формы движения материи превращается в способность человека воспроизводить

объективную реальность в форме субъективных образов сознания. "В мире нет ничего, кроме движущейся материи" (*В. И. Ленин*).

Для диалектического понимания строения и развития материи необходимо подчеркнуть следующее: движение в пространстве теснейшим образом связано с движением во времени – без движения во времени не может быть движения в пространстве. Движение в пространстве имеет двойственный характер. Во-первых, оно включает в себя движение материальной точки или системы относительно другой точки или системы отсчета, т. е. относительное пространственное движение. Оно может протекать только в более обширном в сравнении с элементами движения объеме пространства и характерно лишь для материальных точек или подсистем, двигающихся внутри этого пространства. При этом собственный пространственный объем самих элементов движения остается постоянным. Примерами относительного вида движения в пространстве – времени могут служить относительные перемещения единиц фотона, молекулы, автомобиля или планеты.

Однако движение этих материальных точек и тел, рассматриваемое в отрыве от всей системы однородных им единиц, является частным случаем движения элементов этой системы в гиперпространстве. Иными словами, если молекула газообразного вещества, перемещаясь, занимает последовательно один и тот же объем пространства  $S$  (при этом  $\Delta S = 1$ , а сам занимаемый объем  $S = 1$ , т. е. постоянен, равен условной единице), то уже система молекул – условный газ, разлетаясь в разные стороны, при отсутствии замкнутости объема занимает все большее пространство (при этом за каждый временной интервал  $\Delta S > 0$ , а скорость распространения в пространстве равна  $\Delta S / \Delta t$ ). Такое пространственное движение следует называть абсолютным, и оно характеризует пространственную область, занимаемую материальной системой однородных взаимосвязанных единиц. Примером этого движения может служить диффузия газов и жидкостей, разлет фотонов света от их источника и т. п. Если в естественнонаучных исследованиях изучается в основном первый, относительный вид движения в пространстве, то для философского понимания диалектики материи более важен второй его вид, абсолютный, т. е.

совокупное пространственное перемещение всех системно взаимосвязанных однородных элементов.

Например, в повседневной жизни обычно оперируют величинами от  $10^{-4}$  (толщина листа бумаги) до  $10^6$  м. Однако от того, что мы не способны измерять расстояния меньше  $10^{-30}$  и больше  $10^{30}$  м, было бы неправильно считать, что форм движения материи не существует в пространственных интервалах при  $Q > (\pm) 30$ . В силу изотропности пространства направленность движения в пространстве в философском исследовании имеет чисто формальное значение.

Для создания полной картины строения и развития материального мира необходимо рассматривать движение материальных формирований в трех равнозначных философских категориях: в *пространстве – времени – качестве*.

При анализе даже самых простых примеров нетрудно убедиться в этом. Представим себе какой-то замкнутый объем пространства ( $S = 1$ ), ограниченный для наглядности стеклянной емкостью. Если мы станем наполнять этот объем каким-либо газообразным веществом, то движение газа внутри объема при его заполнении в течение  $n$  времени будет наблюдаться как абсолютное движение ( $\Delta S \neq 0, \Delta t \neq 0$ ) вещества одного качества (газа) в пространстве, заполненном "догазовым" веществом другого качества. Через временной интервал  $\Delta t = n$  газ полностью заполнит данный объем. Абсолютное движение в пространстве – времени для данной порции вещества материи заданного качественного уровня прекратится. Другими словами, после уравнивания системного состояния данного вещества однородного качества в условно замкнутом объеме пространства дальнейшее абсолютное его движение не осуществляется.

Для определения особенностей, качественной специфики той или иной формы движения материи важно прежде всего выяснить уровень организации материи, которому она присуща. Поскольку взаимное воздействие тел друг на друга вытекает из их связи, а это именно и есть движение, то, следовательно, характер, форма движения, изменение материального объекта определяются его взаимодействиями с другими объектами. Но материя универсальна в своих связях, поэтому один и тот же материальный объект (атом, молекула, электрон и т. д.) может одновремен-



но находиться в нескольких взаимодействиях, участвовать в ряде форм движения. Какая же из этих форм будет основной, ведущей, наиболее глубоко и полно отражающей качественную специфику этого материального объекта при данных условиях? А какие формы движения будут сопутствующими, подчиненными? Это зависит от структурной сложности материального носителя, от характера его основного взаимодействия.

Например, взаимодействие между ядром атома и орбитальными электронами, обеспечивающее устойчивое состояние самого атома, движение (переходы) электронов с орбиты на орбиту, сопровождающееся излучением или поглощением квантов энергии (света), не относится к химическим взаимодействиям. Точно так же все ядерные процессы, хотя и приводят к превращению веществ на уровне элементарных частиц, по природе своей не являются химическими. Подобным же образом все совершающиеся в молекуле движения (вращательное и колебательное) составляющих ее атомных остовов и атомных групп, когда она находится в устойчивом состоянии, не являются химическими. Не является таковым и движение масс молекул (тепловое движение). Что же характерно для химического движения, то что нового наблюдается, например, при образовании молекулы вещества? Ведь при этом участвуют те же атомы, обладающие теми же электронами. И взаимодействие этих электронов, как и всякое взаимодействие элементарных частиц, описывается теми же законами квантовой механики.

Дело в том, что при химическом движении взаимодействие между атомными остовами происходит, как правило, за счет самых внешних (валентных), наиболее удаленных от ядра электронов. Они подвижны и в предельном случае под воздействием различных факторов могут даже переходить с орбиты атома одного элемента на орбиту атома другого. Таким образом, здесь взаимодействие осуществляется не между электронами и ядром одного и того же атома, а между атомными остовами и валентными электронами двух и более атомов (как одинаковых, так и разных химических элементов), атомных групп (ионы, радикалы), молекул. Далее, это взаимодействие осуществляется парой (дублет) электронов при обязательном условии антипараллельности их спинов. Только в этом случае вследствие определенно-

го, согласованного движения электронов, составляющих дублет, между реагирующими атомами возникают так называемые обменные силы, осуществляющие особую, *химическую* связь. Лишь такое обменное взаимодействие обуславливает возникновение химической связи и образование химического соединения.

Переход электронов от движений в обособленных атомах к движению в образовавшемся едином поле молекулы, когда, например, электроны в молекуле  $\text{Hg}$  или  $\text{HeH}$  становятся общими для обоих ядер, приводит к качественному изменению организации вещества, т. е. означает появление химической формы движения. Изучение некоторых свойств (спектров излучения и поглощения, магнитных и электрических свойств), непосредственно связанных со строением электронных оболочек обособленных атомов и образовавшихся из них в результате возникновения химической связи молекул, подтверждает качественное и количественное различие движения электронов в том и другом случае. Поэтому образование новых частиц вещества сопровождается глубоким скачкообразным изменением физико-химических свойств. Свойства, характерные для отдельных атомов, исчезают, возникают новые, присущие образованному ими соединению. Так, натрий в составе  $\text{NaCl}$  не проявляет свойств металлического натрия.

Переход электрона из одного состояния движения в другое, как и всякое качественное изменение, совершается в процессе взаимодействия противоположных тенденций (борьбы противоположностей). Тенденция электрона к изменению движения под влиянием приложенной энергии внешнего воздействия (температура, давление, действие реагента, облучение и т. д.) наталкивается на стремление сохранить первоначальное состояние движения. Причиной этого сопротивления являются внутриатомные поля и одинаково заряженные поля самих электронов. Подобное взаимодействие противоположных тенденций разрешается в переходе электрона в новое состояние движения (образование химического соединения) при условии: во-первых, достаточной величины приложенной внешней энергии, во-вторых, только в том случае, если электроны в образующемся едином поле молекулы будут занимать состояние с более низкой энергией, чем они за-

нимали в поле изолированных атомов. Это основной принцип образования любого стабильного химического соединения.

Молекула химического соединения или какая-либо другая частица (ион, радикал) есть новая, более сложная дискретная ступень развития вещества. В молекуле между образующими ее атомами и атомными группами появляются специфические взаимодействия и связи (химические). Это отражается и в качественно иных свойствах молекулы и в иных характерных для нее закономерностях. Свойства атомов, вошедших в состав молекулы, претерпевают значительные изменения уже в силу действия этих качественно особых закономерностей химического строения и взаимного влияния. Здесь уже нет радиоактивности свойств, как это было при простой механической совокупности атомов. В то же время атомные остовы при всех химических превращениях в основном остаются без изменений. Это также является одним из определяющих признаков химической формы движения материи.

Действительно, атомы элементов в любых реакциях выступают как единое целое. Они являются предельно малыми, качественно своеобразными структурными образованиями вещества, которым свойственно химическое движение. Ф. Энгельс об этом пишет так: "...в химии имеется определенная граница делимости, за которой тела не могут уже более действовать химически, — атом" [11, С. 560]. Если при переходе из исходных веществ в конечные продукты атомные группы могут распадаться, то образующие эти группы атомы не претерпевают существенных изменений. Происходит лишь известная перегруппировка главным образом их валентных электронов, что связано с возникновением новых атомных групп и изменением порядка их взаимосвязи в частице (молекуле) вновь образованного вещества.

Итак, взаимодействие атомных остовов, их валентных электронов, т. е. материальных носителей относительно простой формы движения, при определенных условиях вызывает качественный скачок в развитии материи, образование химической связи, новых, более сложных материальных структур (молекул, ионов, радикалов и т. п.), являющихся носителями и более высокой формы движения — химической.

Другие формы движения — тепловая, световая — сопровождают химический процесс, являются сопутствующими. Обычное

наблюдение и данные опыта показывают, что, например, тепловая форма движения во множестве случаев не связана с превращением веществ. Так импульсоподобное движение электронов в металлическом проводнике (медном, алюминиевом) связано лишь с перемещением их в пространстве и с тепловой (нагревание проводника) формой движения. Однако никакого существенного химического изменения вещества провода при этом не происходит. Частицы любого газа (например,  $N_2O$ ), заключенного в некотором объеме, находятся в непрерывном движении, пространственном перемещении, что выражается в давлении на стенки сосуда. Тем не менее, в этом случае никакой химической реакции не происходит. Наоборот, при любой химической реакции наблюдается выделение или поглощение тепла (экзо- и эндотермические реакции), а иногда реакция сопровождается световыми явлениями и т. д.

Таким образом, при превращениях веществ, обусловленных новым видом взаимодействия, имеющего своим результатом перегруппировку или полное разрушение старых и возникновение новых химических связей, главной и определяющей специфику этого процесса является химическая форма движения. Другие формы движения являются сопутствующими и порождены ею.

При изучении связи световой, тепловой и других форм движения с химической формой принцип их взаимообусловленности и генетической связи, высказанный Ф. Энгельсом, получает полное подтверждение. Например, световая, тепловая, электрическая формы как низшие могут присутствовать в химической форме движения. Последняя же, как высшая, не присутствует в низших, хотя возникновение ее обусловлено и порождено низшими формами.

Различные формы движения материи, изучаемые соответствующими науками, не только не сводимы друг к другу, но даже внутри одной и той же формы движения отдельные виды в известном смысле обособляются. Физика, например, изучает ряд форм движения: механическую (перемещение макротел в пространстве – поступательное, колебательное, вращательное), молекулярно-тепловую и процессы, обусловленные межмолекулярными взаимодействиями (изменения агрегатных состояний, диффузия, растворение, теплопередача), электрические и элек-

тромагнитные процессы; внутриатомные и внутриядерные явления, определяемые строением атома и его ядра (оптические свойства тел, природа химического сродства, взаимопревращение элементов, ядерные реакции и т. д.). Как правило, в физических явлениях существует теснейшая взаимосвязь всех этих форм движения, переход их друг в друга. Однако каждой из них присуща своя особенность и качественная определенность, свои характерные закономерности. Так, тепловое движение не подчиняется законам механики. Здесь действуют свои особые статистические законы, проявляющиеся только при движении масс молекул. В органической химии наряду с общехимическими закономерностями известны и специфические.

Итак, вследствие особого (обменного) взаимодействия электронов, принадлежащих таким основным дискретным частицам вещества, как атомы, ионы, радикалы, молекулы, возникают химические связи и образуются самые разнообразные по своему строению, составу и свойствам химические соединения, что и представляет собой универсальный акт химического превращения. Это и есть химическое движение. Следовательно, атомы и образуемые ими вышеуказанные типы материальных частиц с более или менее сформировавшейся электронной оболочкой выступают как материальные носители химической формы движения. Характерным для каждой из этих частиц химического соединения является то, что она "представляет единую квантовомеханическую систему, устойчивость которой определяется минимумом энергии как функции межатомных расстояний". Кроме атомов, молекул, ионов и свободных радикалов В. И. Кузнецов к числу частиц – носителей химической формы движения правомерно относит молекулярные комплексы, коллоидные частицы, поверхностные соединения, твердые и жидкие фазы постоянного и переменного состава, а также некоторые (относительно долгоживущие) активные комплексы переходного состояния (например, мультиплетные комплексы). Все вышеуказанные частицы представляют тот уровень организации материи, на котором при определенных условиях взаимодействия возникает и действует химическая форма движения.

Для более глубокого понимания существа химической формы движения материи, качественных особенностей и места хи-

мических изменений среди других превращений вещества и форм движения важен не только структурный, но и генетический подход. Важнейшим условием формирования эволюционных представлений в химии явилась уходящая своими корнями в немецкую натурфилософию идея единства всех сил природы. Эта идея поставила на научную основу понимание химизма, химической формы движения материи. Специфика этой формы не может быть сведена к механическому перемещению вещества, она таится во внутренних изменениях материи, проявляющих себя в форме перехода количественных изменений в качественные и обратно.

#### 1.4. Диалектичность процесса познания химических превращений: системный и эволюционный подходы в химии

Механизм перехода количества в качество, уничтожение старого и возникновение нового раскрывается в законе перехода количественных изменений в качественные. Объективной основой этого закона является, во-первых, общее положение о бесконечном развитии материального мира, о качественной и количественной неисчерпаемости материи; во-вторых, наличие у всех тел и явлений, независимо от их масштабов и специфики, качественной и количественной сторон. Невозможно представить, например, лист железа (качество), не имеющий толщины (количество), химическую реакцию (качество) без некоторого числа участвующих веществ, без определенной скорости ее протекания, поглощения или выделения теплоты (количество) и т. д. Таким образом, качество и количество – это не априорные, заранее данные формы рассудка, привнесенные человеком в природу, как полагал И. Кант, не понятия, существующие в отрыве от природы, в «лоне» абсолютного духа, как утверждал Г. Гегель, не фикции, порожденные языком, как утверждают семантики; это свойства, присущие всем без исключения телам и явлениям материального мира. "Существуют не качества, а только вещи, *обладающие* качествами" (Ф. Энгельс). Закон перехода количественных изменений в качественные и обратно выражает взаимосвязь между этими двумя объективными сторонами тел и явлений, раскрывает их единство, диалектику отношений в процессе развития.

Химия особенно тесно связана с понятиями качества и количества, с философской разработкой диалектики их отношений. На данные химии при обосновании этих категорий опирался еще Г. Гегель. Предметом химической науки является исследование явлений, при которых происходит изменение качества веществ, т. е. процессов их превращений. В отличие от механики, астрономии и геометрии, возникших в результате потребностей исследовать количественные стороны объектов и процессов, химия с момента своего зарождения на протяжении веков занималась наблюдением качественных изменений. Лишь сравнительно недавно, с середины XVIII в., с введением весов начинается в химии эпоха количественных измерений.

Категория "качество" характеризует момент относительной устойчивости вещи и явления. В зависимости от степени и характера организации последних понятие "качество" применяется к различным видам и формам движения материи, к различным состояниям и этапам развития тел и явлений. Качество выступает как такая присущая телам и явлениям определенность, такое органическое единство свойств, признаков и особенностей, которое показывает, чем является предмет или явление.

Выступая как свойство, специфика "качества" вещи обозначает первоначальное и подлинное единство или многообразие реальности, которое еще не предполагает пространственного или даже мыслимого расчленения, осуществляя его скорее наглядно. Например, горький, соленый, пестрый, мягкий, твердый берутся как некие совершенно индивидуальные горечь, соленость, пестрота, мягкость, твердость, а не как всеобщее, абстрактное понятие этих качеств, которое уже имеет в своей основе *количество*, ибо в таком случае становится возможным пересчитать качества одного и того же вида. Элеаты, а позднее Беркли и Юм утверждали, что качества вещей являются только состояниями субъекта. Объективные качества (т. е. такие, которые присущи самим природным вещам) и субъективные качества (содержащиеся только в человеческих восприятиях) различает уже Демокрит, позднее – Галилей, затем – Локк, впервые применивший термины "первичные" (т. е. объективные математически-физические) и "вторичные" (т. е. субъективные, образующиеся благодаря психике) качества. Что касается Канта, он считал локковские объек-

тивные качества априорными (идеальными), а субъективные – апостериорными (реальными); в этом и состоял "коперниковский переворот" Канта. Напротив, Аристотель и схоластика (в частности, Альберт Великий) проповедовали объективность качества. Сведение качества к количеству (например, звуков и цветов – к числу колебаний) – основная тенденция современного естествознания. Квалификация, введенная в физику Декартом, неизменно играла определенную роль в психологии, так как со всякой квантификацией было связано рационализирование конкретно наглядной полноты душевного, лишение ее пространственной определенности. Возникающие благодаря этому некачественные понятия не были адекватным выражением сущности психического. Математика, применяемая для квантификации, сама больше не является чисто квантифицирующей наукой.

Качества веществ и процессов неразрывно связаны с их сущностью. Изменения качества означают коренное изменение вещества. Познать качество химического соединения, химической реакции – это значит определить их, т. е. четко отграничить по вполне определенным, устойчивым признакам, свойствам от других веществ и процессов. Окислительно-восстановительные реакции отличаются, например, от других реакций прежде всего тем, что в процессе их происходит изменение валентности веществ реагентов.

Определение качества вещества или реакций – одна из важнейших задач химии, ибо, лишь установив коренные особенности вещества, его связи и отличие от других, можно понять закономерности его структуры и свойств, уловить устойчивые, повторяющиеся взаимосвязи, присущие как веществам данного качества, например кислотам, так и веществам разных качеств, например кислотам и основаниям.

Качества химических веществ познаются в процессе химических реакций, т. е. при определенном взаимодействии их с другими веществами. Так, при реакции  $ZnS + 2HCl = ZnCl_2 + H_2S$  выясняются такие особенности качества цинка, как валентность, положение в ряду напряжений, отношение к неметаллам и т. д. Качество серной кислоты определяется, например, при ее реакции с металлами (окислитель), щелочами и основаниями (нейтрализация и солеобразование), при растворении в воде (экзотермич-



ность, образование гидратов, диссоциация на ионы), при различных температурных воздействиях (переход из жидкого состояния в твердое, кристаллизация).

Таким образом, познание вещества идет через познание его свойств. Свойство – чрезвычайно важное понятие в химии. Оно характеризует какую-либо одну сторону качества вещества, химического процесса, обуславливающую их сходство или отличие от других веществ и процессов. Свойства вещества выявляются во взаимодействии его с другими веществами: какое свойство конкретно обнаруживает данное вещество, зависит от качества того вещества, с которым оно вступает в реакцию. Так, металлы при соединении их с кислородом обнаруживают свойство образовывать окислы, а при взаимодействиях с кислотами – соли.

Физико-химические свойства вещества – удельный вес, температура кипения, плавления, электропроводность, растворимость, реакционная способность – имеют при одних и тех же условиях постоянные значения. Отдельные свойства тел при изменении условий могут меняться весьма существенно, вплоть до полного исчезновения. Так, при высокой температуре совершается процесс перекристаллизации железа. При этом железо теряет свойство намагничиваться при взаимодействии с магнитом, хотя его молекулярный состав остается тем же. Резина при низких температурах утрачивает свойство эластичности и становится хрупкой. Жидкий гелий при температурах, близких к абсолютному нулю, теряет свойство вязкости и приобретает новое свойство – сверхтекучесть.

Химические вещества и явления обладают также количественной определенностью. Количество определяет химические вещества (явления) со стороны их величины (например, числа атомов, входящих в состав молекулы), объема, степени или уровня развития (структурная сложность), интенсивности изменения или проявления свойств (окраски, запаха, кислотности, степени диссоциации и т. д.). Под количеством понимают объективную определенность "качественно однородных явлений, или качество в его пространственно-временном аспекте". Действительно, поскольку все явления природы и общества существуют в пространстве и изменяются во времени, постольку их можно рассматривать как качественно тождественные и различать лишь в

количественном плане. Количество является как бы внутренней градацией качества.

Итак, определенное качество всегда связано с определенным количеством. Между качеством и количеством существует не только единство, но и известная противоположность. Если качество позволяет выделять, отличать различные вещества (явления) друг от друга (кислота, соль, основание и т. д.), то количественная сторона позволяет сравнивать, соотносить, измерять однопорядковые, обладающие известной качественной общностью, химические соединения и процессы (одно-, двух- и трехатомные спирты, одно- и двухосновные кислоты и т. д.). Значит, различия между веществами, их свойствами, в известной степени подобными, как, например, члены одного и того же гомологического ряда, носят в первую очередь количественный характер.

Если изменение качества веществ (явлений) приводит к их превращению в другие вещества (явления), то изменения в известных более или менее широких пределах их количественных определенностей с этим не связаны. Следовательно, качество химических веществ (явлений) по сравнению с количественной их характеристикой более устойчиво, стабильно. Совершенно очевидно, что речь идет об относительной стабильности, иначе было бы невозможно развитие, возникновение нового качества. В отношениях количества и качества химических веществ конкретизируется в известном смысле противоречие между тенденциями к сохранению его состояния и изменению.

Таким образом, количество, в отличие от качества, не так тесно связано с самой природой вещества (явления). Изменение количества приводит к уничтожению старого и возникновению нового качества не сразу, а лишь при достижении вполне определенной для каждого вещества (явления) границы. Эта особенность количественных изменений свидетельствует о некоторой их независимости, самостоятельности по отношению к самой природе тел и явлений. Именно поэтому математика может изучать количественные отношения, отвлекаясь от частной, конкретной природы тел и явлений.

Взаимосвязь и зависимость, единство и противоположность качества и количества находят свое отражение в понятии «мера», выражающем соотношение количества и качества в веществе

(явлении). Каждое вещество (явление) имеет свою, лишь ему присущую меру, поскольку данная конкретная качественная особенность всегда сочетается только со строго определенным конкретным количеством. Так, к качественной стороне атома относятся все специфически существенные химические свойства данного элемента, а к количественной – число валентности, величина заряда ядра, объем атома.

Когда количественные изменения превосходят пределы меры, наступает качественное преобразование веществ (явлений). Так, мерой для жидкого состояния воды является величина температуры в нижнем пределе  $0^{\circ}$ , в верхнем –  $+100^{\circ}$  при нормальном атмосферном давлении. При температуре  $0^{\circ}$  вода превращается в лед, а при температуре  $+100^{\circ}$  – в пар. В интервале от  $0^{\circ}$  до  $+100^{\circ}$  количественные изменения температуры не вызывают каких-либо заметных изменений жидкой воды. Основные, коренные свойства воды, т. е. ее качество, изменяются лишь при величине  $>600^{\circ}$ , когда вода распадается на составные части ( $H_2$  и  $O_2$ ). Таким образом, мерой существования воды как данной качественной определенности является количественная величина  $>600^{\circ}$ . Итак, единство качественной и количественной сторон вещества (явления) в пределах меры в известной степени определяет его сущность. Нарушение меры приводит к возникновению новой сущности, характеризуемой новой мерой.

Развитие материального мира представляет собой единую и бесконечную цепь перехода от одной меры к другой (причем движение в нашей области Вселенной идет от низшего к высшему). Любой из многочисленных гомологических рядов органических соединений (предельных углеводов, спиртов, кислот и т. д.) является образцом такой конкретной линии мер, где каждый член ряда есть качественная ступень, узел, новая мера в развитии химических веществ данного класса.

Рассмотрим, например, такую типичную реакцию, как синтез аммиака из азота и водорода  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 + Q$ . Здесь к качественной стороне относятся: специфика реагентов (азота, водорода и аммиака) со всеми присущими им химическими свойствами, необходимость газообразного исходного состояния азота и водорода для протекания данной реакции, обязательность начального подогрева исходной смеси, после чего начавшаяся ре-

акция сама сопровождается таким выделением тепла (экзотермическая), что дальше протекает автотермично и даже требует отвода избытка тепла. Для ускорения этой реакции требуется также качественно особый катализатор (промотированное железо). С количественной стороны реакция синтеза аммиака характеризуется уменьшением объема полученного продукта вдвое, т. е. из четырех исходных молекул —  $3H_2$  и  $N_2$  — получаются лишь две молекулы аммиака. При этой реакции выделяется 10 980 ккал тепла на моль аммиака. Для начала реакции необходим подогрев ее до  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давление от 300 до 1 000 атм.

Эти качественные и количественные характеристики присущи только реакции синтеза аммиака. Именно эти, а не какие-либо другие качественные или количественные определенности отличают синтез аммиака от всех других реакций. Действительно, если заменить, например, в исходной смеси азот на хлор, т. е. взять качественно другой исходный реагент, то произойдет совершенно другая реакция и получатся другие конечные продукты. Однако это внешний, достаточно очевидный результат. Главное заключается в том, что, руководствуясь существующим объективно единством качества и количества, можно контролировать процесс химических превращений, управлять ими.

Переход от одного качественного состояния к другому всегда совершается в виде скачка. Это объясняется тем, что единая, непрерывно и вечно развивающаяся материя проявляет себя как совокупность конкретных тел и явлений. Поэтому незаметный, происходящий без всякого перерыва постепенности переход от одного качественно специфического явления к другому невозможен. Формой такого перехода границ, отделяющих одно качество от другого, и является скачок.

Физика и химия полны примеров скачкообразного перехода тел и явлений из одних состояний и качеств в другие. Такой скачок наблюдается уже при изменении агрегатных состояний веществ, т. е. в самых простых физических процессах, например при переходе — "твердого тела в жидкость, жидкости в газ и обратно". Подобный скачок связан лишь с изменением структуры веществ. Но, по словам Д. И. Менделеева, "всего характернее скачки, переломы и пределы" для химии. Химические превращения связаны с более глубокими, коренными изменениями ве-

ществ, с изменениями не только их структуры, но и состава. Поэтому всякая химическая реакция есть ярко выраженный переход от одного качества к другому. Скачкообразное образование любого химического соединения подтверждается и действующими при реакциях химическими законами постоянства состава, паев, кратных отношений. Вот почему химию называют наукой о скачкообразном изменении веществ.

Форма скачка при химических превращениях определяется прежде всего самой природой вещества: химическим составом, характером связи атомов и атомных групп в молекуле, т. е. строением, межмолекулярными связями и, наконец, агрегатным состоянием вещества в момент химической реакции. В химии, как нигде, ярко выступает зависимость протекания реакции от внешних условий. Поскольку скачок как форма перехода от одного качественного состояния к другому совершается в результате изменения количества, то разные условия, по-разному влияя на интенсивность количественных изменений, соответственно ограничивают глубину и направленность качественных преобразований. Следовательно, характер скачка определяется как природой вещества, так и конкретными условиями, в которых он совершается. Любой скачок, как отмечал Ф. Энгельс, осуществляется "точно определенным для каждого отдельного случая способом".

В химии чаще всего осуществляются комбинированные скачки, содержащие элементы обеих крайних форм. Так, процесс получения тротила из толуола в целом представляет собой скачок, прошедший три одноактные промежуточные ступени в виде последовательного введения трех нитрогрупп. Это пример того, когда одноактные мелкие скачки приводят к постепенному медленному переходу. Нередко мелкие скачкообразные количественные изменения (объясняющиеся прерывным атомистическим строением веществ) приводят в конце концов при определенном накоплении, достижении известного предела к резкому, "моментальному" (по времени) переходу в другое качество. Это подтверждается, например, завершением зачастую цепного распада взрывом (урана – при наличии критической массы).

Качественные особенности различных структурных образований проявляются в своеобразии их движения. Специфика форм

движения связана с природой того материального образования (носителя), которому она присуща. Структурой последнего и особенностью вытекающих из нее взаимодействий его с другими материальными объектами обусловлены закономерности, характерные для данной формы движения. Следовательно, для определения особенностей, качественной специфики той или иной формы движения материи важно, прежде всего, выяснить уровень организации материи, которому она присуща.

Поскольку взаимное воздействие тел друг на друга вытекает из их связи, а это именно и есть движение, то, следовательно, характер, форма движения, изменение материального объекта определяются его взаимодействиями с другими объектами. Но материя универсальна в своих связях, поэтому один и тот же материальный объект (атом, молекула, электрон и т. д.) может одновременно находиться в нескольких взаимодействиях, участвовать в ряде форм движения. Какая же из этих форм будет основной, ведущей, наиболее глубоко и полно отражающей качественную специфику этого материального объекта при данных условиях? А какие формы движения будут сопутствующими, подчиненными? Это зависит, как мы уже говорили, от структурной сложности материального носителя, от характера его основного взаимодействия.

Область химической формы движения, заключающуюся обычно в пределах от  $10^{-6}$  до  $10^{-8}$  см, Р. Б. Добротин удачно выделяет, например, по размерам ее носителей (атомные и молекулярные агрегаты), выше располагается область простейших коллоидных и биологических структур (переход к макрообъектам), а ниже от  $10^{-6}$  до  $10^{-12}$  см находятся частицы, участвующие в ядерных процессах. Более или менее четко ограничивается химическая форма движения в определенных интервалах температуры, времени и энергии взаимодействия. Естественно, что вышеприведенные линии раздела форм движения не абсолютны, а относительны и условны.

К характерной особенности химических процессов относится также то, что в них участвуют не отдельные атомы и молекулы, а масса их, образованные из них вещества. Химическое вещество однозначно определяется как совокупность атомов химических элементов. Каждая химическая реакция есть, следовательно,

взаимодействие огромных количеств различных частиц. Так, уравнение  $N_2 + 3 H_{24} = \text{fc } 2 NH_3 + Q$  отражает лишь соотношение между массами (молями) молекул азота, водорода и аммиака – участников реакции. Но изменение количества молекул веществ, участвующих в процессе химического взаимодействия, также неизбежно придает последнему и новый качественный характер. Совокупность молекул обладает особенностями, не присущими отдельным молекулам. Так, например, химические реакции в газах могут протекать обычно только при наличии совокупности молекул. Характерно также и то, что химические и физические свойства данного вещества, как правило, не представляют собой суммы свойств составляющих его молекул. Эти факты вполне согласуются с законом диалектики о переходе количества в качество.

Химическое движение можно рассматривать также как результат действия специфических противоречий, внутренне присущих атомам, молекулам и другим дискретным частицам вещества, любой химической реакции. Основным противоречием химической формы движения в наиболее общем виде является противоречие между двумя тенденциями, характеризующими состояние вещества. Первая тенденция – это приближение, точнее, влечение квантово-механической системы (например, молекулы, комплексы, макромолекулы и другие химические частицы) к минимуму на поверхности потенциальной энергии, т. е. "стремление" к термодинамически наиболее устойчивому при данных условиях состоянию. Вторая тенденция противоположна первой; она состоит в кинетической неподатливости системы, или, иначе, в наличии энергетических барьеров, противодействующих стремлению системы скатиться в энергетическую яму. Первая тенденция "революционна", тогда как вторая характеризует "консервативную" сторону системы.

Анализ противоречий между этими двумя тенденциями дает возможность получить ключ к выяснению сущности химического движения как *самодвижения*. Суть химического самодвижения системы, т. е. первопричина химического самоизменения данного соединения, заключается в наличии внутри самой системы возможности к преодолению энергетических барьеров без подачи энергии извне. Для этого почти любое химическое со-

единение обладает целым рядом способов, каждый из которых так или иначе ведет к удлинению пути реакции, но к выигрышу энергии, т. е. к отысканию более низких барьеров (стеночный катализ, сольвокатализ) или к снижению их путем автокатализа – путем образования промежуточных комплексных соединений, в том числе комплексов с циклическим переносом электронов.

Следовательно, физический смысл химического самодвижения заключается в том, что волновая природа (непрерывность) валентных электронов позволяет осуществить скачок, т. е. дискретный переход путем постепенного (адиабатического) перераспределения электронного облака в промежуточных комплексах.

Формы проявления основного противоречия в различных видах химических процессов (окислительно-восстановительных и кислотно-основных) весьма разнообразны. Познание конкретных видов противоречий и есть познание самих конкретных процессов превращения веществ, т. е. различных химических реакций.

Химия, изучающая превращение веществ, качественно особую форму движения материи, является самостоятельной, специальной наукой, имеющей свой собственный предмет и метод изучения, свойственные ей специфические понятия (химический элемент, химическое соединение, химическая связь, валентность, радикал, функциональная группа и т. д.), с помощью которых она формулирует свои законы (периодический закон, закон химического строения, принцип валентности и др.), – строит свои гипотезы и теории, составляющие базис химической науки, ее теоретическую основу.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каков предмет философии и специфика философского мышления?
2. Какова взаимосвязь между философией и естествознанием, в том числе химией?
3. Какова связь между химией и мировоззрением?
4. Каковы способы решения основной задачи химии?
5. Каков предмет вопросов философии химии?



6. В чем специфика применения химических методов?
7. В чем различие в исследовании химических процессов химии и алхимии?
8. Каковы методологические основания исследования химических явлений и процессов?
9. В чем проявляется химическая форма движения материи?
10. Каковы этапы развития концепции атомизма в философии и химии?
11. Могут ли выступать структурность и системность атрибутами материи?
12. Возможна ли химическая форма пространства и времени?
13. Назовите основные черты атомистика Дж. Дальтона.
14. Мировоззрение Лавуазье и его роль в развитии химии.
15. Мировоззрение Дальтона и его роль в развитии химии.
16. Мировоззрение Берцелиуса и его роль в развитии химии.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Будрейко, Н. А. Философские вопросы химии. – М., 1970.
2. Бэкон, Ф. Великое восстановление наук // Бэкон Ф. Соч. : в 2 т. – М. : Мысль, 1977. – Т. 1.
3. Вольтер Философские сочинения. – М. : Наука, 1996.
4. Гарковенко, Р. В. Философские вопросы современной химии. – М. : Наука, 1970.
5. Данцев, А. А. Философия и химия. – Ростов н/Д, 1991.
6. Декарт, Р. Рассуждение о методе // Декарт Р. Соч. : в 2 т. – М. : Наука, 1989–1994. – Т. 1. – С. 250–296.
7. Диоген Лаэртский. Фрагменты ранних греческих философов. – М. : Мысль, 1989. – Т. 1. – Гл. 1–2.
8. Кондрашин, И. И. Диалектика материи: Системный подход к основам философии. – СПб. : The Pentland Press Ltd, 1997.
9. Кузнецов, В. И. Формирование мировоззрения учащихся в преподавании химии / В. И. Кузнецов, А. А. Печенкин. – М. : Химия, 1978.
10. Лобковиц, Н. От субстанции к рефлексии. Пути западно-европейской метафизики // Вопр. философии. – 1995. – № 3.

11. Энгельс, Ф. Диалектика природы. Формы движения материи. Классификация наук // К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч. – 2-е изд. – Т. 20.

12. Шварц, Ф. Теории и символы алхимиков / Ф. Шварц, А. Пуассон, Е. П. Блаватская. – М. : Новый Акрополь, 1995.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бейль, П. Исторический и критический словарь : в 2 т. Т. 1. – М. : Мысль, 1968.

2. Быков, Г. В. История классической теории химического строения. – М. : Наука, 1960.

3. Блох, М. А. Биографический справочник. Выдающиеся химики и ученые XIX и XX столетий, работавшие в смежных с химией областях. – М., 1938. – Т. 1. – 372 с. – Т. 2. – 313 с.

4. Добротин, Р. Б. Химическая форма движения. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1967.

5. Жданов, Ю. А. Углерод и жизнь. – Ростов н/Д, 1968.

6. Жданов, Ю. А. Очерки методологии органической химии. – М. : Наука, 1960.

7. Жданов, Ю. А. Исторический метод в химии // Вопр. философии. – 1977. – № 10.

8. Кедров, Б. М. Закон периодичности и химические элементы / Б. М. Кедров, Д. Н. Трифионов. – М. : Наука, 1969.

9. Кривокорытова, Р. В. Философский камень XX века. – М. : Наука, 1969.

10. Кузнецов, В. И. Эволюция представлений об основных законах химии. – М. : Химия, 1967.

11. Менделеев, Д. И. Избранные лекции по химии. – М. : Высш. шк., 1968.

12. Ломоносов, М. В. Полн. собр. соч. Т. 1, 2. – М.; Л. : АН СССР, 1959.

13. Хотинский, Е. С. Курс органической химии. – М.; Л. : АН СССР, 1959.

## Глава 2. Химическая картина мира

### 2.1. Проблемы структуры химических соединений

На протяжении многих веков в сознании человека господствовали натурфилософские представления об атомах как мельчайших, неделимых, простейших по составу и неизменных "кирпичиках" вещества. Сначала химическая атомистика, как и атомное учение вообще, основывалась на представлениях о существовании лишь одного вида мельчайших частиц вещества – атомов, из которых образуются все тела окружающего мира. На протяжении всей истории развития естествознания, правда, не раз высказывались мысли о том, что, помимо атомов, существуют и другие, более сложные частицы. Такие идеи развивались в работах Гассенди (который ввел и сам термин "молекула"), Бернулли, Ньютона, Бойля, Ломоносова и др. Но достаточно убедительного естественнонаучного обоснования эти взгляды не имели. Дальтон, с именем которого связано утверждение атомного учения в химии, тоже говорил об атомах и молекулах, но не придавал значения их качественному различию, считая молекулы просто сложными атомами, а различия между ними лишь количественными. Развитие химии на базе идей атомизма доставляло между тем все больше и больше фактов, показывающих, что предположение о существовании только одного вида частиц вещества – атомов совершенно недостаточно для объяснения многих химических явлений.

Первоначально атомное учение предполагало существование только одного вида мельчайших частиц – атомов, из которых образуются все тела окружающего мира. Но уже в самом начале развития химии на основе атомного учения оказалось, что для строго количественного объяснения многих свойств представлений о "двухступенчатой" (атом – макротело) дискретной организации вещества явно недостаточно. Все более четким становилось предположение о существовании наряду с атомами еще одного вида частиц вещества – молекул – сложных микрочастиц, состоящих из двух или нескольких атомов.

Четкое разграничение понятий атома и молекулы было закреплено в 1860 г. на Международном съезде химиков в Карлс-

руэ. На основе достижений химии в учении о веществе утвердилось, таким образом, представление о существовании двух видов микрочастиц – атомов и молекул. Соответственно сложилось и представление о "трехступенчатой" организации вещества: атом – молекула – макротело. Все вещества (жидкие, твердые, газообразные тела) стали представлять состоящими из молекул, которые, в свою очередь, образованы путем химического соединения из неделимых, неизменных атомов. Общие представления о веществе поднялись на качественно новую ступень. Учение о дискретном строении вещества стало благодаря успехам химии уже не атомным, а атомно-молекулярным. Это был большой шаг, скачок в развитии химического и вообще естественнонаучного мышления, в выработке и конкретизации научной картины мира. Химические превращения вещества стали трактоваться как процессы образования молекул из атомов, как процессы перестройки молекул.

Коренная ломка сложившихся в XIX в. воззрений на вещество была вызвана открытием электронов, открытием сложности атомов, их делимости, их превращений (радиоактивность). Атом в XX в. предстал как сложная целостная система из более мелких частиц. Было раскрыто и участие электронов в химических процессах, в образовании химических связей между атомами в молекулах.

Но открытием более мелких, чем атомы, частиц вещества (атомных ядер, "элементарных частиц"), открытием сложности и делимости атомов, их изменчивости не исчерпываются последние десятилетия изменения в химической атомистике и в общих представлениях о дискретном строении вещества. История химии за столетие со времени оформления атомно-молекулярной теории свидетельствует о том, что молекулы – это была лишь первая ступенька на пути выявления химией качественного многообразия дискретных форм вещества и раскрытия внутреннего механизма его превращений. В ходе развития химических исследований, вооруженных идеями атомно-молекулярного учения, еще в прошлом веке были открыты и другие виды химических частиц.

Уникальным и принципиально новым явлением в развитии атомистических представлений были труды М. В. Ломоносова, осуществившего дедуктивный или даже своеобразный гипоте-

тико-дедуктивный синтез этих представлений с учением о химических элементах в рамках логики. Концептуальной основой такого синтеза явились:

корпускулярные представления о строении вещества;  
кинетическая теория теплоты;  
закон сохранения вещества и движения.

В суждениях о химическом составе тел, их свойствах и превращениях Ломоносов использовал корпускулярную теорию для объяснения фазового перехода твердых тел в жидкость и обратно, взаимодействия разных жидкостей при разных температурах и, наконец, воздействия теплоты на физические и химические явления. Решение всех этих задач он осуществлял с единых позиций своей "корпускулярной философии", сущность которой можно свести к следующим положениям:

1) все тела вне зависимости от агрегатного состояния имеют дискретное строение, они состоят из "корпускул", т. е. молекул, которые в свою очередь составлены из "элементов", или атомов;

2) корпускулы могут быть однородными, или простыми, когда они состоят из одних и тех же элементов, и разнородными, или сложными, когда они представляют собой соединение разных элементов;

3) "теплота не зависит от сосредоточения постоянной материи, а есть некое состояние тела" и, далее, теплота твердого тела "состоит во внутреннем вращательном движении (частиц) связанной материи", теплота жидкостей и газов обусловлена как вращательным, так и линейным движением их частиц; "корпускулы от большой степени теплоты отделяются друг от друга и даже рассеиваются";

4) явление перехода из одного агрегатного состояния в другое, так же и растворение, сопровождается поглощением или выделением теплоты и обусловлено перемещением корпускул;

5) химические превращения тел обусловлены "изменениями, происходящими в смешанном теле", т. е. изменением элементарного состава.

Рассматривая историю возникновения развития понятия молекулы, нельзя не обратить внимание на то обстоятельство, что по данному вопросу в химии переплетались и боролись две точки зрения. Первую можно назвать аналитической: она рассматрива-

ла молекулу как элементарную единицу состава тела. Вторая признавала за молекулой самостоятельное существование в качестве реальной структурно-кинетической единицы материи.

В начале XIX в. в химии сформировались представления, согласно которым во всякой совокупности близко расположенных (контактирующих) атомов есть *химически связанные* атомы. Иными словами, имеются пары атомов, *между* которыми *существуют химические связи*. Наряду с этим, естественно, есть и пары атомов, химически не связанных. Позже эти представления привели к понятию *молекулы*, которая прямо мыслится как совокупность последовательно соединенных атомов, как ансамбль химических связей.

Развитие такого взгляда на химические соединения выдвинуло ряд кардинальных вопросов.

Какие атомы считать связанными, а какие – нет и что из этого следует?

Какова природа сил, точнее потенциалов, обуславливающих химические связи?

Что происходит с химическими связями в ходе разнообразных процессов (химических и физических)?

Эти вопросы обсуждаются вот уже почти два столетия, но ни один из них и поныне нельзя считать полностью решенным.

Впервые достаточно полная концепция, отвечающая на первый вопрос, появилась в 50–60-х гг. прошлого столетия в виде "классической теории химического строения" органических молекул; ее создателями были Ф. А. Кекуле (1857), А. С. Купер (1858), А. М. Бутлеров (1861). Для неорганических, в частности, координационных соединений аналогичный подход был развит в работах А. Вернера (1893). Эта самая старшая по возрасту и вместе с тем до сих пор самая важная для химии модель структуры базируется на колоссальном фундаменте опытных данных, на постоянно пополняемых и корректируемых эмпирических представлениях. Разумеется, далеко не всегда эмпирическая система, описанная в многотомных курсах органической и неорганической химии, дает ясную и правильную картину ансамбля химических связей. Но в большинстве случаев она устраивает химиков и даже тогда, когда эти представления явно отказывают, классическая теория химического строения служит хорошим "нулевым при-

ближением", на фоне которого легче создавать более совершенные схемы.

Для последовательного, научно обоснованного ответа на вопрос о том, какие атомы в химическом веществе следует считать связанными, а какие – нет, предлагались весьма различные подходы и критерии. Одна из новейших методик – градиентный анализ распределения электронной плотности.

И все же попытка решить этот вопрос, исходя из любой, сколь угодно совершенной модели статичного химического объекта, модели *равновесного* вещества, заведомо не может привести к полноценным результатам. Формировавшаяся в течение полутора веков эмпирическая система воззрений на совокупность химических связей включает в себя не только характеристики равновесного вещества, но и сведения о его поведении при разнообразных внешних воздействиях (изменение условий, действие реагентов). Именно такой подход нужен химии.

Таким образом, адекватное описание системы химических связей, имеющихся в веществе, требует построения и анализа многочисленных и весьма сложных потенциальных поверхностей, включая исследование путей реакций и других процессов, определение высоты потенциальных барьеров, оценку энергий активации и т. д. Однако даже если бы все это было доступно и легко осуществимо, в конечном итоге мы пришли бы к необходимости создания аппарата (языка), позволяющего суммировать имеющуюся информацию и представить ее в наглядном виде. Но скорее всего тут снова получилось бы нечто похожее на классическую систему химического строения с ее структурными формулами (графами); разумеется, при этом многие графы неорганических веществ (в твердом состоянии) оказались бы бесконечными в одном, двух или трех измерениях, что соответствует цепочечным, слоистым и каркасным структурам.

Сказанное побуждает с глубоким уважением и доверием относиться к картине химических связей, трактуемых на основе классической теории химического строения, – это главное богатство химии. Конечно же, классическая теория должна постоянно корректироваться; временами приходится оговаривать существование отдельных химических объектов и даже целых классов веществ и процессов, для которых классические представления не-

применимы или недостаточны. С другой стороны, имеет огромное значение и дальнейшее развитие физической интерпретации химического связывания, и углубленное квантовомеханическое исследование процессов образования и разрыва химических связей. Только не нужно думать, что в обозримом будущем эти более строгие подходы смогут заменить классическую теорию: очень многие закономерности поведения химических веществ, легко описываемые на языке классической теории химического строения (с учетом количественной структурной информации), оказываются безнадежно сложными для последовательной физической трактовки.

Понятие "атом", несмотря на его чрезвычайную значимость и очень частое употребление, имеет достаточно определенный смысл лишь тогда, когда атом является (или считается) изолированным. Всякое взаимодействие между атомами приводит к образованию обобществленного континуального распределения электронной плотности  $p(r)$ , в которое "вкраплены" атомные ядра. Как в такой системе выделить атомы и указать границы между ними? Стоит основательно разобраться в этом важном вопросе.

Ко второй половине XIX в. в достаточной степени была подтверждена достоверность атомной гипотезы; в химии утвердились понятия атома и молекулы; на основе атомистических представлений были раскрыты основные законы образования сложных химических веществ из элементов; были изучены свыше 60 элементов, описаны их свойства и более или менее точно определены атомные веса. Назревала насущная необходимость синтезировать весь накопленный материал.

Первые попытки классификации основывались на резко выраженных физических и химических свойствах (например, металлы и неметаллы – А. Берцелиус, 1815), на выделении отдельных групп, или рядов, сходных между собой элементов (например, щелочных металлов, галогенов – триоды И. Деберейнера, 1829). Дж. Ньюландс предложил закон октав (1863), Л. Майер и У. Одлинг (1864) размещали химические элементы в таблицы исходя из различия в их атомных весах.

Но все эти ученые преследовали ограниченную цель – удобнее классифицировать элементы. Пытаясь объединить их в



сходные группы, они не видели связи между этими группами. Никто из них не уловил за отдельными закономерностями объединяющего их фундаментального закона, опираясь на который можно было бы предсказать существование новых, еще не открытых элементов, двигать вперед развитие научной мысли в области познания химических свойств элементов и образуемых ими веществ. По существу элементы продолжали оставаться случайным скоплением, не объединенным единой системой, не связанным общей закономерностью.

Д. И. Менделеев прежде всего четко определил понятие "элемент". Он отграничил его от "простого тела" и, что самое главное, связал с учением об атомах. По мнению Менделеева, простое тело есть нечто материальное – металл или неметалл, одаренное физическими свойствами и химической деятельностью. Понятию простого тела отвечает молекула, состоящая из атомов. Элементами же называются те составные части простых и сложных тел, которые обуславливают их физическое и химическое отношение. Элементу соответствует понятие атома. Так, углерод есть элемент, но уголь, графит, алмаз – суть простые тела.

## 2.2. Диалектика химических соединений и периодический закон. Теория химического строения (А. М. Бутлеров, Ф. Кекуле, А. Кольбе и др.)

В начале XIX в. И. Берцелиус, опираясь на многочисленные анализы, установил действие закона кратных отношений в области веществ органического происхождения. Он же ввел термин "органические соединения" и составил их первые формулы. К этому времени в органической химии был накоплен большой эмпирический материал, но крайне разрозненный и не объединенный единой теорией. Существовавшие представления о структуре органических соединений, характере их химических превращений были поверхностны, односторонни и ни в какой мере не могли объяснить, не говоря уже о том, чтобы предсказать, новые факты и явления.

Берцелиус (а также Ж. Дюма, Ю. Либих), пытаясь обобщить и осмыслить накопившиеся факты, создают одну из пер-

вых теорий в органической химии – теорию радикалов. В основе ее лежит свойство определенных сложных групп из атомов углерода и водорода (радикалов) оставаться неизменными при всех реакциях, т. е. переходить из молекулы одного вещества в молекулу другого, подобно элементам неорганической химии. Сущность молекул органических соединений, согласно этой теории, заключалась в разнообразных комбинациях радикалов и связанных с ними различных групп. Однако теория радикалов не разрешила ситуации в органической химии. Вскоре новые факты, в частности открытие реакций замещения, при которых некоторые радикалы легко изменялись, вошли в противоречие с этой теорией. И, как всегда теория, не соответствующая в той или иной степени данным эксперимента, практики, сменилась другой, более развитой.

Французский химик Ш. Жерар отказался от попытки классифицировать органические соединения исходя лишь из их структуры и характера связи. Он вообще критически отнесся к представлениям о внутренней структуре молекулы. Жерар учитывал главным образом состав соединения, придавая ему решающее значение в определении химического поведения частицы. Новая теория Жерара в центр внимания поставила наиболее изменчивые части молекулы и пыталась объяснить те причины, от которых зависит эта изменчивость. Согласно теории Жерара, для органического соединения свойственно не существование некоторых неизменных радикалов, а наличие нескольких характерных типов соединений.

Теория типов абсолютизировала и подчеркнула другую сторону такого сложного диалектического единства, которым является молекула органического соединения, – наличие в ней изменчивой функциональной группы. Эта теория, несмотря на шаг вперед в объяснении и охвате фактов органической химии, страдала односторонностью, формализмом, как и теория радикалов. Сторонники теории типов писали разные формулы для одного и того же вещества в зависимости от реакций, в которые оно вступает. Таким образом, возможность выяснения строения молекулы отвергалась принципиально. Утверждалось, что рациональные формулы вещества являются лишь формулами превращения, но

не формулами строения, т. е. выражать расположение атомов в молекуле они не могут.

Вместе с понятием о молекуле как сложном, целостном образовании, качественно отличном от атомов, в химию и в теоретическое мышление химиков вошел и новый принцип подхода к изучению вещества. Это структурный принцип – положение о том, что свойства вещества зависят не только от элементарного состава, но и от строения, т. е. от того, какова организация, упорядоченность взаимодействия элементарных частей в системе целого. В старой атомистике свойства вещества ставились в зависимость лишь от его состава – природы и количественного соотношения образующих его элементов (атомов). Чем отчетливее осознавалась в химии необходимость качественного различия атомов и молекул, тем яснее становилось и значение существования устойчивой упорядоченности отношений атомов в системе молекулы как единого целого, упорядоченности, особой для каждого вида молекул.

Структурный принцип получил самое яркое выражение в разработанной А. М. Бутлеровым теории химического строения, основанной на представлении о связи свойств каждого вида вещества с существованием устойчивого порядка химических взаимодействий атомов в молекулах данного вида. Принцип структурного подхода занял с тех пор прочное место в арсенале познавательных средств химика и методов химического научного мышления.

В 60-х г. XIX в. А. М. Бутлеров на принципиально иной основе создает современную теорию химического строения органических соединений. Он решительно выступил против взглядов, отрицавших существование атомов и возможность познания молекул вещества. Весь фактический материал науки, с его точки зрения, не только давал право, но и обязывал говорить о частицах вещества, атомах со всеми их отношениями как о существующих реально. "Мы смело можем утверждать, что они сохранят известное отношение к тому, что действительно существует в объективном мире и познается нами обычным путем наблюдения, опыта и мышления". И далее: "Что бы значила, спрашивается, любая из наших формул с ее атомными знаками, если бы по-

нятие об атоме не соответствовало для нас некоторой определенной реальности".

Критикуя агностическое положение теории типов о непознаваемости молекулы, А. М. Бутлеров показал, что природа молекулы определяется природой и расположением атомов, т. е. вполне определенной структурой, порядком связей атомов, составляющих молекулу. Строение молекулы определяет химические свойства вещества. Изучая свойства через реакции, в которые вещество вступает (соединения – синтезы, разложения – анализы, двойного обмена – замещения), можно познать строение молекул.

Поскольку организация вещества в атомно-молекулярной теории представлялась трехступенчатой: атом – молекула – макротело, то логически последовательное поведение структурного подхода предполагало бы, с одной стороны, исследование того, как свойства вещества зависят от внутреннего строения его молекул, а с другой – раскрытие зависимости свойств вещества от структуры самих макротел, от взаимодействий молекул в массе вещества.

Пока в химии еще не сложилось четкое различие атомов и молекул и понятие о химическом строении, химические превращения рассматривались преимущественно как изменения состава, изменения количественного и качественного соотношения атомов в составе вещества.

Другой известный русский ученый В. В. Марковников отмечал, что закономерность о взаимном влиянии атомов в молекуле нельзя вывести на основе положений механики, а процесс надо рассматривать глубже. "Во взаимном влиянии атомов в молекуле мы видим проявление одного из законов диалектики, закона всеобщей взаимосвязи предметов и явлений природы. В сфере химических отношений этот закон выступает в своеобразных, специфических формах; с одной стороны, он охватывает межмолекулярные взаимодействия, с другой – отношения атомов внутри молекулы".

Такое диалектическое понимание молекулы позволило Бутлерову объяснить явление изомерии и предсказать существование неизвестных органических соединений, которые в дальнейшем были получены на практике.

Теория химического строения открыла путь к познанию химических функций (или реакционной способности) отдельных структурных фрагментов молекул. Она могла предсказать и объяснить существенно различную реакционную способность отдельных атомов  $H$ ,  $Cl$ ,  $O$  и отдельных связей  $C-H$ ,  $C-Cl$ ,  $O-H$  и т. д.

Это означает, что теория химического строения выяснила генезис химического свойства вещества как макротела посредством изучения взаимного влияния атомов в молекуле и выяснения реакционной способности отдельных ее структурных фрагментов. Понятие свойств расчленилось, таким образом, на два понятия: химических свойств макротела и реакционной способности в отдельных структурных элементах, и всей молекулы в целом, а также вещества как совокупности молекул. Отсюда следует, что теория химического строения позволила перейти к новому способу научного познания химических объектов: к выяснению причинной обусловленности формирования веществ через функции его структурных элементов.

А. М. Бутлеров категорически отвергал субъективно-идеалистические взгляды А. Кекуле, Н. А. Меншуткина и других, отрицавших объективный характер химических формул, считавших их одним из способов описания химических явлений, подобных арифметическим действиям. "Что бы значили "арифметические действия" в реальной науке, – писал А. М. Бутлеров, – если бы они ничему объективному, существующему в природе не соответствовали?" Для А. М. Бутлерова была характерна убежденность в объективном содержании химических формул, в правильности отражения ими объективной сущности химических явлений, в возможности познания этой сущности через строение.

Основные положения новой теории А. М. Бутлеров сформулировал в статье "О химическом строении органических веществ" (1861): "Исходя от 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* распределение действия этой силы, вследствие которого химические атомы, посредственно или непосредственно влияя друг на друга, соединяются в химическую частицу". И да-

лее: *"Химическая натура сложной частицы определяется натурой элементарных составных частей, количеством их и химическим строением"*. Так по-новому определяет А. М. Бутлеров природу химического вещества. Это принципиальное положение легло в основу дальнейшего развития органической химии. Из него следует, что введенное А. М. Бутлеровым понятие химического строения вещества включает представление о расположении атомов и распределении связей в молекуле, а также о взаимном влиянии отдельных атомов и атомных групп в молекуле.

Возникновение теории химического строения знаменовало качественно новый этап в развитии химической науки. Теория А. М. Бутлерова вобрала в себя все то положительное, что имелось у его предшественников. Признав существование радикалов, способных при химических превращениях переходить без изменения из одной молекулы в другую, она отбросила ошибочное, метафизическое положение об абсолютной неизменности, прочности радикалов. В отличие от Д. Дальтона, А. М. Бутлеров признает качественно различные ступени делимости, или дискретности, материи – атом и молекулу, что вытекает не только из всей его теории строения, которую по существу можно назвать теорией строения молекулы, но и из самого определения, которое он дает этим частицам. А. М. Бутлеров пишет: "Понятие об атоме – величине, неделимой химически, – и понятие о частице – величине, неделимой физически, но делимой химически, – должны быть строго разграничены одно от другого".

Рядом блестящих экспериментальных работ А. М. Бутлеров шаг за шагом доказал не только применимость теории строения к различным классам органических соединений, но и принципиальную правильность ее основных положений. На основе своей теории А. М. Бутлеров не только впервые научно обосновал явление изомерии, т. е. того факта, что вещества, обладающие различными химическими свойствами, имеют одинаковый, установленный анализом состав и одинаковую эмпирическую формулу, явившегося пробным камнем его теории, но и теоретически подсчитал возможное число изомеров для данного соединения, а затем многие из них получил экспериментально.

Изомерию Бутлеров рассматривает как следствие строения молекулы: "Понятие о химическом строении, весьма твердо опи-

рающееся на факты, приводит нас здесь а priori к допущению возможности существования веществ, имеющих совершенно одинаковый состав и одинаковую величину частицы и, тем не менее, совершенно различных между собой в силу различного химического строения. Это случай так называемой вообще *изомерии* или, в частности, случай *метамерии*. Очевидно, что принцип химического строения, заранее указывающий даже химический характер изомеров, должен считаться вполне объясняющим обыкновенные явления изомерии сложных веществ".

А. М. Бутлеров прекрасно понимал, что действительно научная теория, кроме удовлетворительного объяснения существующих фактов, должна предвидеть новые. К такой проверке своей теории строения он и приступил. Сначала он предсказывал существование изомеров, а затем синтезировал их. Так, Бутлеров предсказал возможность наличия нескольких изомеров бутилена и бутана, а затем синтезировал их, чем практически доказал верность теории. "Теория здесь идет, следовательно, дальше, чем опыты, но последние должны решить вопрос, все ли теоретически возможные алкоголи могут существовать в действительности". Теория, по А. М. Бутлерову, является орудием научного предвидения, а практика (в данном случае эксперимент) есть критерий истины. Эти представления вполне соответствуют материалистической теории познания.

Создав и блестяще развив теорию химического строения, А. М. Бутлеров сумел предсказать ее дальнейшую судьбу. В будущем, говорил он, теория химического строения сменится другой, более широкой теорией, сегодняшний взгляд на химическое строение "падет", но "падет" не для того, чтобы исчезнуть, а для того, чтобы войти в измененном виде в круг новых и более широких воззрений. В этом виден не только его глубокий материализм, но и его стихийно диалектический подход к пониманию процесса познания.

Действительно, диалектика процесса познания такова, что в ходе производственной и научной деятельности происходит непрерывное уточнение, углубление и развитие объективного содержания уже известных теорий и законов. Новые опытные данные, экспериментальные факты неизменно обогащают теории и законы представлениями и выводами, соответствующими совре-

менному состоянию науки и практики. Это раздвигает пределы наших представлений о действиях теорий и законов, позволяет сделать еще один шаг к абсолютной истине.

Столетие прошло с тех пор, как А. М. Бутлеров высказал свои замечательные идеи. Это была пора великих открытий и небывалого прогресса науки. За истекшее время во многом углубились и изменились представления о природе и сущности химической связи, о процессах ее образования и разрушения, о характере взаимного влияния атомов или групп атомов друг на друга. Атом из абстрактного понятия – частицы "наименьшего количества химического элемента" – превратился ныне в такую же обычную реальность, как реактивные самолеты и космические спутники Земли. Химия получила много новых экспериментальных фактов, связанных с чрезвычайной химической активностью некоторых соединений и исключительной устойчивостью определенных групп атомов.

Теория А. М. Бутлерова в первоначальном ее виде не могла объяснить, например, почему не получаются экспериментально некоторые предсказанные ею изомеры и, наоборот, получают-ся тогда, когда их, казалось, нельзя ожидать, или почему так устойчив бензол и его гетероциклические аналоги. Ответ на эти вопросы был найден, когда в 1874 г. благодаря работам Я. Г. Вант Тоффа и Ж. А. Ле Беля было расширено представление об изомерии, высказано предположение о различном пространственном расположении атомов в молекулах различных изомеров. Структурная теория, таким образом, была перенесена из плоскости в пространство, послужив путеводной звездой для создания стереохимии. В свете новейше-квантово-механических представлений о строении молекул удалось выяснить направленность и насыщенность химических связей, а явления образования и разрушения последних предстали как следствия образования и разрушения, взаимных переходов и смещений электронных пар.

Дополненная стереохимией, квантово-механическими, электронными представлениями, рядом важнейших уточнений, добытых химиками-органиками на протяжении века, теория строения А. М. Бутлерова остается и поныне основным теоретическим оружием в органической химии. Установление того факта, что все без исключения химические вещества имеют опреде-



ленное строение, имело большое значение для развития философии. Это, в частности, явилось одной из естественнонаучных предпосылок для разработки и обоснования в дальнейшем такой философской категории, как структура.

Данные о строении атома, полученные современной физикой с помощью эксперимента и квантовой механики, имеют решающее значение для понимания валентности, природы химической связи, объяснения химического сродства. С помощью сведений об электронном строении атома, квантовых чисел найдены такие важнейшие характеристики атома, как ионизационный потенциал, сродство к электрону и электроотрицательность. Знание этих величин позволяет определить химическую природу и реакционную способность атомов элемента, подойти к ответу на коренной вопрос химии: почему атомы сочетаются? На основе знания строения атома получили свое объяснение и дальнейшее глубокое раскрытие многие фундаментальные химические закономерности, в том числе и сам закон Д. И. Менделеева.

Но "...необходимо отметить, – пишут М. Х. Карапетьянц и С. И. Дракин, – что сведения о строении атомов, несмотря на их огромное значение для науки, не заменяют периодический закон. Периодический закон дает возможность предсказывать и вычислять такие свойства элементов и их соединений, которые пока не могут быть рассчитаны теоретически на основе данных об электронном строении атомов и молекул. Очевидно, дальнейшее развитие науки приведет к увеличению возможностей теоретического расчета, но ясно также и то, что оно приведет и к изучению еще большего числа веществ и свойств; поэтому разрыв между тем, что позволяет вычислить теория строения атомов и молекул, и тем, что можно найти с помощью периодического закона, видимо, всегда будет существовать". Авторы делают правильный, на наш взгляд, вывод о качественном своеобразии различных форм движения, о несводимости химии к физике. *"Химия не может быть сведена к физике... в химии есть ряд своих, только ей присущих закономерностей; наиболее важной из них является периодический закон"*.

Являясь основным законом развития вещества, раскрывая генетическую связь различных уровней его структурных образований (ядра атомов, атомы, молекулы, кристаллы), объективную

диалектику их взаимопревращений, периодический закон выражает единство материального мира, служит важнейшим естественнонаучным подтверждением материалистической диалектики.

Законы стехиометрии, теория химического строения, периодический закон являются основными законами и теориями, на которых покоится современная химическая наука. На базе этих законов получили объяснение природа химического строения и состава вещества, химические связи, сам характер химических превращений, на их основе стала вырабатываться методология исследования химических веществ и явлений.

Различен был путь открытия законов химии. Законы стехиометрии, как указывалось, были первоначально установлены опытным путем, положение о периодической зависимости было выдвинуто Менделеевым как гипотеза, научная абстракция, которая в процессе изучения накопленного химического материала и в результате длительной опытной проверки превратилась в закон. Некоторые положения химии, ныне известные как законы, явились следствиями более общих положений, выведены из фундаментальных принципов и законов физики. В этом выражается необходимая органическая связь более высокой, химической формы движения с более "простыми" формами, изучаемыми физикой. В химических явлениях в диалектически "снятом" виде присутствует, таким образом, предшествующая им молекулярно-физическая форма движения.

Химические явления, поскольку они обладают качественной и количественной определенностью, изучаются в соответствующих аспектах. Это находит свое выражение в условном подразделении законов химии на качественные и количественные. В условном потому, что тот или иной закон, отражая, например, определенную функциональную зависимость между явлениями и их сторонами, будучи количественным, в то же время является и законом специфической химической формы движения, т. е. в этом смысле качественным. Характеризуя это единство, можно сказать, что химический закон является количественным выражением условий качественного перехода.

Исторически обусловленный переход в химии в процессе развития, так сказать, от качественного к количественному этапу привел к особому акцентированию внимания на количественной

стороне химических явлений, к установлению законов, отражающих количественную сторону. Возможность количественных определений на основе химических законов означала не только более глубокое познание их сущности, но и новый, более высокий этап в развитии химии. Ибо переход от чисто эмпирического изучения химических фактов, качественной констатации их взаимозависимостей и связей к установлению строгих количественных соотношений между явлениями открыл возможность точно предсказывать течение химических процессов и их результат.

Химические законы, будучи специфическими, обладают в то же время всеми общими чертами закона. Они являются могучим эвристическим средством, служат орудием научного предвидения, научного поиска, опорными пунктами и исходным моментом построения новых теорий в химии, ведения дальнейшего научного исследования. В этом заключается важнейшая гносеологическая роль химических (как и всех вообще) законов в познании.

История открытия основных законов и создания теорий химии показала, что философской основой при этом явился материализм и стихийная диалектика. Такая исходная философская позиция послужила толчком к созданию основных научных понятий и представлений (об атомном весе, строении молекулы и взаимном влиянии составляющих ее атомов, о периодичности, изомерии и т. д.), объективно отражающих состав и строение химических соединений, существо химических превращений.

### 2.3. Периодическая система Д. И. Менделеева как отражение единства материального мира

Согласно теории строения и всем имеющимся эмпирическим данным, химические свойства соединений зависят от свойств образующих их элементов. Какое же свойство атомов элемента является основным, определяет все остальные свойства атома, а значит, и элемента, позволяет отличать атомы одного элемента от атомов другого? Исследования, проведенные до установления сложной структуры атома, показали, что таким решающим, главным свойством является атомный вес элемента. Именно на этом фундаментальном свойстве, связанном с самой природой

элемента, должна быть и основана, по мнению Менделеева, научная система элементов. Сущность ее заключалась, с его точки зрения, в раскрытии характера связи между атомным весом (массой атома) как количественной определенностью элемента и всей совокупностью его химических свойств как качественной определенностью.

Идея о том, что атомный вес элемента является его определяющим свойством, в самом общем виде высказывалась и до Менделеева. Но только он, изучив весь предшествующий теоретический и эмпирический материал, с присущей ему исключительной способностью к глубоким обобщениям и умением выделять основные, решающие связи в сложной цепи явлений, установил характер зависимости химических свойств элемента от его атомного веса.

Существо своих открытий он изложил в следующих положениях:

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

2. Сходственные по химическим отправлениям элементы представляют или близкие атомные веса (подобно Pt, Jr, Os), или последовательно и однообразно увеличивающиеся (подобно Rb, Cs).

3. Величина атомного веса определяет характер элемента.

4. Необходимо ждать открытия еще многих *неизвестных* простых тел, например, сходных с Al и Si...

5. Величину атомного веса элемента иногда можно исправить, зная его аналогии.

6. Некоторые *анalogии* элементов открываются по величине веса их атома.

Кратко сущность периодического закона Д. И. Менделеев сформулировал так: "*Свойства простых тел, также формы и свойства соединений элементов, находятся в периодической зависимости... от величины атомных весов элементов*". Данная формулировка раскрывает центральный принцип, лежащий в основе периодического закона, — единство и взаимопереход количества в качество. Менделеев глубоко понимал существо этой важнейшей закономерности. "*Правильное и постепенное изменение в величине атомного веса, — указывал он, — влечет за собою... пра-*

*вильное и постепенное изменение как в качественной, так и в количественной способности элементов к соединениям..."* Иначе говоря, в зависимости от изменения атомного веса элемента (количественная характеристика) закономерно изменяются и его химические свойства (качественная характеристика). Качество и количество, с точки зрения Менделеева, – это две неразрывно связанные между собой характеристики элемента. Изменение одной из них закономерно вызывает изменение другой. "По удельному весу растворов, – писал Менделеев, – зная качество веществ, их образующих, можно судить о количестве, или, зная количество, – о качестве, хотя последнее и труднее".

Закон перехода количества в качество в периодической системе обнаруживается не только при непрерывном переходе от элемента к элементу начиная с водорода; он проявляется также в периодах и группах. Но если периоды построены по принципу возрастания атомных весов расположенных в них элементов, то в группах объединены элементы – химические аналоги, т. е. качественно сходные. Единство периодов и групп, характерное для периодической системы и выражающееся в переходе от одной естественной группы к другой, основано на действии единого закона перехода количественных изменений в качественные. Действие этого основного закона диалектики прослеживается и в главных группах, и в подгруппах периодической системы. Д. И. Менделеев на примере подгруппы Li в первой группе и подгруппы Be во второй группе показал, что изменение свойств элементов этих групп связано с изменением их атомных весов.

Д. И. Менделеев указал также на скачкообразный переход от одного качественного состояния к другому в результате количественных изменений. При этом он отметил разницу в характере скачков при переходе от элемента к элементу внутри периода (малые качественные скачки) и при переходе от периода к периоду (резкие скачки). Именно скачки, по его терминологии "переломы и переделы", всего характернее для химических явлений, наиболее ярко выражают их специфику. Эти исследования Д. И. Менделеева дали богатый естественнонаучный материал для разработки философских вопросов, касающихся типов скачков, единства прерывности и непрерывности в строении материи и т. д.

В периодической системе ярко проявляется также важнейший закон диалектики – закон единства и борьбы противоположностей. Так, вопреки существовавшему ранее мнению о резком и абсолютном разграничении металлов и неметаллов (металлоидов) Д. И. Менделеев показал, что это различие не абсолютно, что между ними существует и тесная связь, взаимные переходы. Металлы и неметаллы Д. И. Менделеев диалектически объединил в одном периоде ( $Na^{\wedge} - Cl$ ) и даже в одной группе (IV гр. *C, Si, Sn, Pb* или VII гр. *F, Cl, Mn*), причем сделал он это сознательно, так как, опираясь на периодический закон, был уверен, что каждый элемент есть единство разнообразных и противоположных свойств, из которых то или иное проявляется в зависимости от условий. При этом Д. И. Менделеев ссылался на многочисленные примеры, показывающие, как один и тот же элемент в одних соединениях выступает как металл, в других как неметалл (*Mn, Zn, S, Pb, Bi* и т. д.). Он раскрыл диалектику отношения элементов как в периодах, так и в группах, показав, что каждый период представляет собой единство противоположных, разнообразных по свойствам элементов, причем на концах периодов были размещены наиболее разные по качеству элементы, а в серединах – элементы, наиболее сходные между собой; каждая группа также представляет собой единство противоположностей, объединяя разные подгруппы (1 группа – подгруппу *Li* и подгруппу *Cu*, 2 группа – *Be* и *Zn* и т. д.).

Периодическая система элементов ярко отражает действие закона отрицания отрицания в специфической для химии форме и действие других диалектических закономерностей (единства единичного и общего, строения и свойств и т. д.).

Современная атомная физика и химия более глубоко вскрыли содержание периодической системы, развили ее, дали ответ на те вопросы, которые оставались еще не ясными. В частности, причина химической периодичности не могла быть раскрыта в рамках только химии. Развитие физики, связанное с изучением рентгеновских спектров, радиоактивности и строения атома (Г. Мозли, Н. Бор, В. Паули), позволило вскрыть физический смысл периодического закона. Основная сущность этого закона "заключается в том, что идущее по мере увеличения положительного заряда ядра (а следовательно, и числа внешних электронов)

*последовательное развитие атомных структур протекает с периодическим образованием сходных электронных систем. Поэтому все свойства, связанные с распределением электронов в атомах, должны также изменяться периодически". Не атомный вес, а заряд ядра является основной характеристикой атома, само периодическое повторение аналогичных особенностей в свойствах элементов и форм их соединений в молекулах есть следствие периодичности в строении электронных оболочек.*

Периодический закон оказался не только основой химической классификации и систематики, исходным пунктом в изучении химических свойств элементов и форм образуемых ими соединений, он открыл также путь к познанию и овладению внутриядерными процессами. Трансурановых элементов не было в таблице, составленной Д. И. Менделеевым, их не существовало на земле в свободном состоянии, их синтезировали, получили искусственно, но ключом к этому послужил закон Д. И. Менделеева. Эти элементы не нарушили основ периодической системы, в ней оказались для них соответствующие места. Из этих новых радиоактивных элементов самый тяжелый изотоп 102-го элемента (нобелия) и первый из изотопов 104-го, получивший наименование курчатовий, были синтезированы в 1963–1964 гг. в "Объединенном институте ядерных исследований" в Дубне.

Значение открытия Д. И. Менделеева глубоко оценил Ф. Энгельс. "Менделеев, применив бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Леверье, вычислившего орбиту еще не известной планеты – Нептуна". Научный подвиг Менделеева, по мнению Ф. Энгельса, состоял в том, что он сделал на основе периодического закона далеко идущие теоретические предсказания. Они дали ключ к опытной проверке закона, на много лет вперед указали развитие химии.

Открытие периодического закона явилось настоящей революцией, качественным скачком в развитии химии. Периодический закон по-новому осветил всю историю науки, связал в единое целое и причинно объяснил многочисленные, казавшиеся до сих пор изолированными и случайными химические факты и открытия, позволил привести в стройный порядок огромный эмпирический материал. Химия встала на прочный теоретический

фундамент, приобрела все черты современной науки. За короткий срок периодический закон буквально завоевал химию. Изменилась тематика научных работ химиков. Проверка отдельных положений и следствий закона, поиски неоткрытых элементов, приготовление и изучение новых, предсказанных законом соединений давно известных элементов, открытие закономерностей, связанных с периодическим изменением свойств простых веществ по мере увеличения их атомного веса, привлекали внимание все большего и большего числа ученых.

Область действия периодического закона выходила далеко за пределы химии. Этот закон стал одним из основных законов естествознания. Он составляет фундамент современного учения о строении материи.

Данные о строении атома, полученные современной физикой с помощью эксперимента и квантовой механики, имеют решающее значение для понимания валентности, природы химической связи, объяснения химического сродства. С помощью сведений об электронном строении атома, квантовых чисел найдены такие важнейшие характеристики атома, как ионизационный потенциал, сродство к электрону и электроотрицательность. Знание этих величин позволяет определить химическую природу и реакционную способность атомов элемента, подойти к ответу на коренной вопрос химии: почему атомы сочетаются? На основе знания строения атома получили свое объяснение и дальнейшее глубокое раскрытие многие фундаментальные химические закономерности, в том числе и сам закон Д. И. Менделеева.

#### 2.4. Электронное строение материи как способ описания химических соединений средствами квантовой механики

Планетарная модель строения атома, существовавшая до недавнего времени, не могла объяснить не только все многообразие функциональных (химических) свойств различных атомов, но даже тонкой структуры спектров излучения. Поэтому в настоящее время все более утверждается модель атома, состоящая из ядра, охваченного замкнутыми стоячими волнами электронов, образующими "электронное облако", в котором невозможно представить движение электронов по определенным траекториям,



как, например, движение планет вокруг звезды. Поэтому в положении электронов, в определении их местонахождения всегда имеется неопределенность.

Двойственная природа (дуализм) электрона, обладающего свойствами и частицы, и волны, приводит к тому, что его движение не может быть описано определенной траекторией. Траектория "размывается", возникает полоса неопределенности, в пределах которой и находится электрон. В любой момент времени невозможно определить и положение в пространстве, и скорость (или импульс) электрона. Движение электрона описывается с помощью волновой функции, являющейся функцией пространственных координат. Волновая функция должна быть однозначной, конечной и непрерывной в пространстве. Она равна нулю там, где электрон не может находиться. Получающиеся при расчете волновой функции объемные фигуры – "электронные облака", называемые атомными орбиталями, описываются тремя постоянными целочисленными величинами – квантовыми числами. Их значения указывают вероятностное нахождение электрона в атоме.

"Главное квантовое число" определяет наиболее вероятное расстояние электрона от ядра атома, т. е. средний радиус электронного слоя (орбиты). "Азимутальное квантовое число" определяет момент количества движения электрона и характеризует электронные подслои (подуровни энергии), составляющие каждый слой. "Магнитное квантовое число" определяет ориентацию каждого подслоя в пространстве, которое не может быть произвольной.

Итак, электроны в каждом атоме располагаются слоями, слои дробятся на подслои, каждый подслои состоит из ориентированных в пространстве областей – атомных орбиталей. Состояние электрона в атоме зависит также от его собственного момента количества движения, возникающего как бы из-за "вращения" электрона вокруг своей оси. При этом электрон, обладая электрическим зарядом, проявляет и собственный магнитный момент, характеризуемый спиновым квантовым числом.

Двойственная природа функциональных ячеек и функционирующих единиц подтверждается знаменитой теорией Дирака об античастицах. Суть ее, как известно, сводится к следующему.

Если все состояния с отрицательной энергией в любых системных образованиях уже заняты электронами, никакой новый электрон не может перейти в эти состояния из состояний с положительной энергией. Если по какой-либо причине электрон с отрицательной энергией покинет свою ячейку, среди состояний с отрицательной энергией останется одно незаполненное, или, как принято говорить, "дырка". Но недостаток отрицательного заряда воспринимается как положительный заряд, а недостаток отрицательной энергии – как обычная положительная энергия: "минус на минус дает плюс". Теория Дирака предсказала возможность появления положительно заряженных электронов, которые позднее были названы позитронами. Если обычный электрон с отрицательным зарядом встретится с позитроном, он может заполнить дырку, т. е. "упасть" на свободное место среди состояний с отрицательной энергией. Избыток энергии будет передан электромагнитному полю, а фон электронов с отрицательной энергией станет равномерным всюду, т. е. ненаблюдаемым. Ведь если все состояния с отрицательной энергией заняты – это нормальное, основное состояние фона как целого: тогда дырок-позитронов нет. Взаимодействие электрона с позитроном приводит к аннигиляции их индивидуальных качественных свойств, при этом сами они становятся частью структуры более высокой системной организации.

Необходимым условием того, чтобы между частицами (молекулами, ионами) исходных веществ произошло химическое взаимодействие, является их взаимное сближение и столкновение друг с другом (соударение). Точнее говоря, частицы должны сближаться друг с другом настолько, чтобы атомы одной из них испытывали бы действие электрических полей, создаваемых атомами другой. Только при этом станут возможны те переходы электронов и перегруппировки атомов, в результате которых образуются молекулы новых веществ – продуктов реакции. Однако не всякое столкновение молекул реагирующих веществ приводит к образованию продукта реакции. Для того чтобы произошла реакция, т. е. чтобы образовались новые молекулы, необходимо сначала разорвать или ослабить связи между атомами в молекулах исходных веществ. На это надо затратить определенную энергию. Если сталкивающиеся молекулы не обладают такой

энергией, то их столкновение не приведет к образованию новой молекулы: столкнувшись, они разлетаются в разные стороны, как упругие шары.

Если же кинетическая энергия сталкивающихся молекул достаточна для ослабления или разрыва связей, то столкновение может привести к перестройке атомов и к образованию молекулы нового вещества. Поэтому лишь молекулы, обладающие избытком энергии по сравнению со средним запасом энергии всех молекул, могут преодолеть такой "энергетический барьер", чтобы войти в химический контакт друг с другом. Избыточная энергия, которой должны обладать молекулы для того, чтобы их столкновение могло привести к образованию нового вещества, называется энергией активации данной реакции. Молекулы, обладающие такой энергией, называются активными молекулами. Избыточная энергия этих молекул может быть поступательной или вращательной для молекулы в целом, колебательной для составляющих её атомов, энергией возбуждения для электронов и т. д. Для каждой конкретной реакции основное значение может иметь какая-либо одна форма избыточной энергии. С ростом температуры число активных молекул возрастает, вследствие чего и скорости химических реакций увеличиваются.

Энергия активации различных реакций различна. Её величина является тем фактором, посредством которого сказывается влияние природы реагирующих веществ на скорость реакции. Для некоторых реакций энергия активации мала, для других, наоборот, велика. Если энергия активации очень мала, то это означает, что значительная часть столкновений между частицами реагирующих веществ приводит к реакции. Скорость такой реакции велика. Напротив, если энергия активации реакции очень велика, то это означает, что лишь очень малая часть столкновений взаимодействующих частиц приводит к протеканию химической реакции. Скорость подобной реакции очень мала.

Реакции, требующие для своего протекания заметной энергии активации, начинаются с разрыва или с ослабления связей между атомами в молекулах исходных веществ. При этом вещества переходят в неустойчивое промежуточное состояние, характеризующееся большим запасом энергии – активированный комплекс. Именно для его образования и необходима энергия акти-

вации. Неустойчивый активированный комплекс существует очень короткое время. Он распадается с образованием продуктов реакции, при этом энергия выделяется. В простейшем случае активированный комплекс представляет собой конфигурацию атомов, в которой ослаблены старые связи и образуются новые. Активированный комплекс возникает в качестве промежуточного состояния в ходе как прямой, так и обратной реакции. Энергетически он отличается от исходных веществ на величину энергии активации прямой реакции, а от конечных – на энергию активации обратной реакции. Активация молекул возможна при нагревании или растворении вещества, при выделении энергии в ходе самой реакции, при поглощении ими квантов излучения (светового, радиоактивного, рентгеновского и т. п.), под действием ультразвука или электрического разряда и даже при ударах о стенку сосуда.

Скорость реакции часто зависит от присутствия в системе "третьего" компонента, с которым реагенты могут образовывать активированный комплекс. При этом изменение скорости реакции происходит за счет изменения энергии ее активации, так как промежуточные стадии процесса будут другими. Добавленный компонент, называемый катализатором, после разрушения активированного комплекса не входит в состав продуктов реакции, поэтому общее уравнение процесса остается прежним. В большинстве случаев действие катализатора объясняется тем, что он снижает энергию активации реакции. В присутствии катализатора реакция проходит через другие промежуточные стадии, чем без него, причем эти стадии энергетически более доступны. Иначе говоря, в присутствии катализатора возникают другие активированные комплексы, причем для их образования требуется меньше энергии, чем для образования активированных комплексов, возникающих без катализатора.

Катализатор – это вещество, изменяющее скорость реакции и остающееся после нее химически неизменным. Катализатор, присутствующий в системе в количествах, в тысячи раз меньших, чем реагенты, может в сотни, в тысячи и в миллионы раз изменять скорость реакции. В некоторых случаях под действием катализаторов могут возбуждаться такие реакции, которые без них в данных условиях практически не протекают. Вместе с тем, с по-

мощью катализатора можно изменить скорость лишь термодинамически возможного процесса. Для замедления нежелательных процессов или для придания реакциям более спокойного характера используются отрицательные катализаторы.

Различают гомогенный и гетерогенный катализ. В случае гомогенного катализа катализатор и реагирующие вещества образуют одну фазу (газ или раствор). В случае гетерогенного катализа катализатор находится в системе в виде самостоятельной фазы и реакция протекает на его поверхности.

Очень большую роль играет катализ в биологических системах. Активными катализаторами биологического действия являются ферменты – простые и сложные белки с большой молекулярной массой. Большинство химических реакций, протекающих в пищеварительной системе, в крови и клетках животных и человека, являются каталитическими реакциями. Так, слюна содержит фермент птиалин, который катализирует превращение крахмала в сахар. Фермент, имеющийся в желудке (пепсин), катализирует расщепление белков. Половина от имеющегося количества мочевины при 25 °С в обычных условиях разлагается водой за 3 200 лет, а в присутствии фермента уреазы время ее "полупревращения" при той же температуре составляет  $10^{-4}$  с. Всего в организме человека функционирует свыше 30 тысяч различных ферментов; каждый из них служит эффективным катализатором соответствующей реакции.

Рассматривая гетерогенные реакции, нетрудно заметить, что они тесно связаны с процессами перемещения веществ, вступающих в реакцию, и новых веществ. Так, для осуществления постоянного процесса горения угля необходимо, чтобы диоксид углерода, образующийся при этой реакции, все время удалялся бы от поверхности угля, а новые количества кислорода подходили бы к ней. Поэтому в ходе гетерогенной реакции можно выделить, по меньшей мере, три стадии:

- 1) подвод реагирующих веществ;
- 2) химическая реакция;
- 3) отвод продуктов реакции.

Скорость химической реакции, которую в свою очередь можно разбить на подстадии, определяется скоростью наиболее медленной подстадии. Стадия, определяющая скорость протека-

ния всей реакции в целом, называется лимитирующей стадией. В одном случае это может быть отвод или подвод веществ, в другом – собственно химическая реакция.

Все химические реакции делятся на необратимые и обратимые. Необратимые реакции протекают до конца – до полного израсходования одного из реагирующих веществ. Обратимые реакции протекают не до конца: при обратимой реакции ни одно из реагирующих веществ не расходуется полностью. Поэтому необратимая реакция может протекать только в одном направлении. Обратимая реакция – как в прямом, так и в обратном направлениях. В начале обратимой реакции, при смешении исходных веществ, скорость прямой реакции велика, а скорость обратной равна нулю. По мере протекания реакции исходные вещества расходуются и их концентрации падают. В результате этого уменьшается скорость прямой реакции. Одновременно появляются продукты реакции, а их концентрация возрастает. Вследствие этого начинает идти обратная реакция, причем ее скорость постепенно увеличивается. Когда скорости прямой и обратной реакций становятся одинаковыми, наступает химическое (динамическое) равновесие.

Изменяя условия, в которых пребывает система, – концентрацию веществ, давление, температуру – можно изменять скорости прямой и обратной реакций. Тогда равновесие в системе нарушается и сдвигается в сторону той реакции, скорость которой стала больше. Так, при увеличении концентрации реагентов скорость прямой реакции, естественно, возрастает, и равновесие смещается в сторону прямой реакции, в сторону большего выхода продуктов. Большого выхода продуктов можно добиться и при систематическом выведении их из сферы реакции, приводящем к снижению их концентрации в системе и к уменьшению скорости обратной реакции по сравнению с прямой. Для химических систем, содержащих газообразные вещества, изменение давления оказывает на смещение равновесия влияние, аналогичное изменению концентрации газов. При этом в большей мере изменяется скорость той реакции, в которой участвует большее количество молекул газов. Изменение температуры оказывает влияние на сдвиг химического равновесия для процессов, сопровождающихся тепловыми эффектами. Если прямая реакция экзотермична, то

обратная – эндотермична, и наоборот. Для обратимых реакций энергия активации эндотермического процесса больше энергии активации экзотермического процесса. В свою очередь, чем больше  $E_{ак}$ , тем сильнее зависит скорость реакции от температуры. Следовательно, увеличение температуры смещает химическое равновесие в сторону эндотермичной реакции, в результате которой поглощается теплота и система охлаждается.

Сопоставляя изменения условий, при которых находится химическая система, с ее ответной реакцией на внешнее воздействие, проявляющейся в смещении химического равновесия, нетрудно заметить, что эта реакция всегда оказывается противоположной изменению условия. Так, если уменьшают концентрацию какого-либо из веществ, находящегося в равновесии с другими реагирующими веществами, то равновесие сдвигается в сторону реакции, увеличивающей концентрацию этого вещества. При увеличении давления быстрее начинает идти процесс, понижающий его, а при увеличении температуры – процесс, вызывающий охлаждение системы. Эти наблюдения составляют химическое содержание общего принципа поведения систем, находящихся при данных условиях в состоянии динамического равновесия: если система, находящаяся в равновесии, подвергнута воздействию извне путем изменения какого-либо из условий, определяющих положение равновесия, то равновесие в ней смещается в сторону того процесса, который ведет к снижению эффекта произведенного воздействия. Это правило противодействия известно под названием принципа Ле Шателье, сформулированного им в 1884 г.

Для разрешения проблемы равновесия материи необходимо обратиться к основаниям термодинамики как разделу физики, изучающему наиболее общие свойства макроскопических систем, находящихся в состоянии термодинамического равновесия, и процессы перехода между этими состояниями. Термодинамика строится на основе фундаментальных принципов – начал термодинамики, которые являются обобщением многочисленных наблюдений и результатов экспериментов. Она возникла в первой половине XIX в. в связи с развитием теории тепловых машин (С. Карно) и установлением закона сохранения энергии (Ю. Р. Майер, Дж. Джоуль, Г. Гельмгольц). Основные этапы ее развития связаны с именами Р. Клаузиуса и У. Томсона (форму-

лировки второго начала термодинамики), Дж. Гиббса (метод термодинамических потенциалов), В. Нернста (третье начало термодинамики). Различают химическую термодинамику, техническую термодинамику и термодинамику различных физических явлений.

## 2.5. Статическая форма строения материи как учение о макроскопическом равновесии

Разделом физической химии, изучающим химические реакции и физико-химические превращения на основе представления о термодинамическом равновесии в макроскопических системах – химическая термодинамика. Она включает термохимию, учения о химическом равновесии, растворах, фазовых переходах и процессах на границе раздела фаз. Термодинамические соотношения широко применяют для определения максимально возможных (при данных температуре, давлении и т. п.) выходов продуктов химических реакций и других параметров технологических процессов в химической, металлургической и других отраслях промышленности. Использование понятий и методов термодинамики неравновесных процессов позволяет определять потоки тепла и вещества для открытых систем с учетом скоростей химических превращений.

История возникновения этого направления связана с основами механики. Изучая движение, механика должна изучать и причины, производящие и изменяющие движения, называемые силами; силы же могут и уравнивать друг друга, и равновесие может быть рассмотрено как частный случай движения. Следовательно, учение о равновесии составляет предмет механики, потому что, еще в весьма недавнее время, механику подразделяли на учение о равновесии, называемое *статикой*, и учение о движении, называемое *динамикой*. Надо полагать, что некоторые понятия о законах движения и равновесия были достоянием народов еще глубокой древности, потому что постройки древних индусов, ассирийцев и египтян требовали весьма сильных машин для поднятия на значительную высоту массивных камней, из которых они созидались, но никаких точных сведений о состоянии мате-



рии в этом виде в эти отдаленные времена мы не имеем. Правильные теоретические рассуждения впервые встречаются только у Архимеда. В дошедших до настоящего времени сочинениях Архимеда исследуются только вопросы, относящиеся к статике: теория рычага, равновесие плавающих тел, положение центра тяжести.

Первые следы изучения вопросов динамики встречаются в трудах одаренного всеобъемлющим умом Леонардо да Винчи, родившегося в 1452 г., которому было уже известно возрастание скорости при падении тел. Бенедетти, умерший в 1570 г., имел уже понятие о существовании центробежной силы и о том, что оторвавшаяся от вращающегося тела часть продолжает двигаться по касательной. Открытие начала возможных перемещений в применении его к выводу законов равновесия рычага, блоков и ворот принадлежит Гвидо Убальди, жившему в 1545–1607 гг. Таким образом, механика, как самостоятельная наука, начала зарождаться в Италии.

Настоящим же основателем динамики по справедливости считают Галилея, который открыл: начало инерции, начало независимости движения и нашел законы падения тел. Исследования Галилея по механике изложены в его сочинениях: "Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quello si muovono", "Dialogo intorno ai due niassimi sistemi del mondo", "Discorsi e dimonstrationi matematiche intorno a due nuove scienze" и "Della scienza meccanica". При жизни Галилей приобрел славу своими астрономическими открытиями, но основная его заслуга состоит, как замечает Лагранж, именно в открытии законов падения тел: нужен был гений, чтобы выяснить закон явления самого обыденного и в то же время управляющего движениями миров, как это было впоследствии обнаружено Ньютоном. Гюйгенс, пополнивший многие исследования Галилея, установил точные понятия о центробежной силе и о законах колебания маятника и этим еще более подготовил путь к открытию всемирного притяжения, сделанному Ньютоном, поставившим механику на прочные основания изложением ее основных принципов. В книге Ньютона, появившейся в 1687 г. под заглавием "Philosophiae Naturalis Principia mathematica" и не имеющей себе равной по значению в истории

развития точных наук, основные начала механики изложены в виде трех законов:

1) *Закон инерции*: каждое тело пребывает в своем состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, если действующие на него силы не принуждают его изменить такое состояние.

2) *Закон величин действия*: изменение движения пропорционально приложенной действующей силе и происходит по той прямой линии, по которой действует сила.

3) *Закон противодействий*: всякому действию соответствует противодействие равное и противоположное, т. е. действия двух тел одно на другое всегда равны и направлены противоположно. Эта книга Ньютона и открытое им же, одновременно с Лейбницем, дифференциальное и интегральное исчисление дали сильный толчок дальнейшему развитию в изучении материального мира. Яков и Даниил Бернулли, Клеро, Эйлер и многие другие ученые исследовали целый ряд механических задач первостепенной важности. Недоставало принципа, связывающего динамику со статикой.

Этот принцип был найден Даламбером и изложен в его "Traite de Dynamique", появившейся в 1743 г. Свобода движения тел и точек бывает иногда стеснена известного рода условиями, состоящими, например, в том, что точка может двигаться только по известной поверхности; такая поверхность или вообще все, что стесняет движение, называется связью. Связи оказывают некоторые сопротивления – реакции – на точку или систему точек. Начало Даламбера состоит в том, что равнодействующая всех данных сил, приложенных к каждой из точек рассматриваемой системы, разлагается на две составляющих: на потерянную силу, уравнивающуюся благодаря реакциям связей, и на движущую силу, сообщаящую точке то самое ускорение, какое бы она сообщила свободной точке, обладающей той же массой. Это начало приводит исследование движения к исследованию равновесия, потому что может быть выражено так: данные силы и считающиеся в обратную сторону движущие силы должны в течение движения находиться в равновесии. Этим началом воспользовался Лагранж и в своей "Mecanique Analytique" (1788) свел решение каких бы то ни было вопросов механики на решение уравнений,

устанавливаемых для всех вопросов совершенно однообразным способом и вытекающих из одной общей формулы. Лагранж создал аналитическую механику. Аналитическая механика представляет собою науку о движении, приведенную к интегрированию некоторых общих уравнений и к исследованию получаемых результатов. Всякое тело представляется совокупностью материальных точек. Положение каждой точки определяется ее координатами.

Во второй половине XIX в. исследованиями Фарадея и Максвелла были установлены законы изменения качественно новой по сравнению с веществом формы материи – электромагнитного поля. Законы электромагнитного поля оказались не сводимыми к законам классической механики. В конце XIX – начале XX в. последовала целая серия открытий: радиоактивности, сложности химических атомов, изменчивости массы в зависимости от скорости движения тел, зависимости пространственно-временных свойств тел от скорости их движения. Эти открытия положили начало новейшей революции в естествознании. В ситуации отождествления материи с атомом и в связи с последующим углублением в его структуру ряд физиков, в том числе и Э. Мах и А. Пуанкаре (так называемые "физические идеалисты"), пришли к выводу об "исчезновении (аннигиляции) материи". Методологическая несостоятельность этого вывода заключалась в отождествлении материи как философской категории с учением о ее физическом строении.

Особые полюсы составляют философствующие ученые типа А. Эйнштейна и В. Вернадского, которые не удовлетворены всем этим спектром и строят свои "домашние" и весьма эклектичные философии. По мнению А. Эйнштейна, ученый "с благодарностью принимает теоретико-познавательный анализ понятий, но внешние условия, которые поставлены ему фактами переживаний, не позволяют ему при построении своего мира понятий слишком сильно ограничивать себя установками одной теоретико-познавательной системы" [26, т. 4, С. 310]. В своем "Ответе на критику" Эйнштейн еще раз подчеркивает, что "в таком случае он должен систематизирующему философу-гносеологу показаться своего рода беспринципным оппортунистом. Он кажется реалистом, поскольку старается представить не зависящий от актов

ощущения мир; идеалистом – поскольку смотрит на понятия и на теории как на свободные изобретения человеческого духа; позитивистом – поскольку рассматривает свои понятия и теории лишь настолько обоснованными, насколько они доставляют логическое представление связей между чувственными переживаниями. Он может показаться даже платоником или пифагорейцем, поскольку рассматривает точку зрения логической простоты необходимым и действенным инструментом своего исследования"; "...колебания между... крайностями (эмпиризма и рационализма) кажутся мне неустранимыми" – говорит А. Эйнштейн [26, т. 4, С. 311]. Но это высказывания Эйнштейна-мэтра, у которого научные революции 1905 г. уже позади. Эйнштейн-революционер начала века вряд ли мог бы состояться без философии Маха, которой бы не было, если бы Маха могла удовлетворить подобная эклектика.

Любые физические представления о строении материи учитывают лишь момент особенного, так как касаются не всей действительности, но лишь отдельных ее сторон. Философское понятие материи охватывает собой всю предметную действительность и обладает признаком всеобщности. Оно обозначает всю объективную реальность без ограничений. Философское понимание материи, опирающееся на признак всеобщности, в принципе не может устареть, поскольку выражает неизменную способность человека отражать внешний мир. Физические представления о свойствах, строении и видах материи непрестанно устаревают и изменяются. Отсюда должен последовать вывод о том, что исчезает не материя, а вчерашний предел нашего знания о ней.

Все эксперименты, проводимые в микромире, приводят к удивительным результатам. Можно сказать, что микромир изначально парадоксален. После соударения двух элементарных частиц никаких меньших элементарных частиц не образуется. Возникают частицы того же класса, что и соударяемые, т. е. элементарные. Например, после столкновения двух протонов возникает много других элементарных частиц – в том числе и протонов, мезонов, гиперонов. Феномен "множественного рождения" частиц Гейзенберг объяснил следующим образом. При соударении элементарных частиц большая кинетическая энергия превращается в вещество, в появляющиеся частицы, и мы наблюдаем этакое

множественное рождение частиц. Около пятидесяти лет назад было известно всего лишь три типа элементарных частиц (электрон и протон как мельчайшие элементы вещества, а фотон как минимальная порция энергии), сейчас открыто более 200 элементарных частиц. Но если для выявления структуры обычных объектов подходит формула "состоит из" (каких-то меньших элементов), то для характеристики микромира она неприемлема.

Другой парадоксальный эффект микромира связан с двойственной природой микрочастицы, с тем, что она одновременно представляет собой корпускулу и волну. Поэтому такую частицу невозможно локализовать строго однозначно в пространстве и во времени. Эта особенность отражена в принципе соотношения неопределенностей Гейзенберга.

В качестве наиболее распространенных типов материальных систем выделяют: неорганическую, органическую и социальную. При классификации неорганического типа материальной системы в качестве ее составляющих выделяют: элементарные частицы и поля, атомные ядра, атомы, молекулы, макроскопические тела, геологические образования. Органика как тип материальной системы имеет свои специфические уровни организации: доклеточный уровень включает в себя ДНК, РНК, нуклеиновые кислоты, белки. Клеточный – самостоятельно существующие одноклеточные организмы. Многоклеточный – ткани, органы, функциональные системы (нервная, кровеносная), организмы (растения и животные). Выделяют также и надорганизмический уровень, это популяции – сообщества особей одного вида, которые связаны общим генофондом (стая волков в лесу, стая рыб в озере, муравейник или же кустарник). Целостность популяции регулирует поведение и размножение отдельных, входящих в нее организмов. Например, когда биомасса саранчи превышает определенный предел, включаются механизмы, тормозящие программы размножения. Кроме популяций к надорганизменным уровням организации живой материи относят биоценозы. В целостной системе биоценоза популяции связаны так, что продукты жизнедеятельности одних становятся условиями жизни других.

С точки зрения субстанционального подхода, субстанция понимается как первопричина и причина самой себя, которая содержала в себе последующие состояния своего развития, все по-

тенциальное многообразие мироздания. С понятием субстанции в философской картине мира соседствует понятие субстрат. Субстрат (от лат. *substratum* – подстилка) толкуется как самый нижний и фундаментальный слой реальности. Так, в атомистических учениях древности в качестве такового выступали атомы. Всякий конкретный субстрат выражает специфическое качество тех или иных формообразований, их качественную неоднородность. Субстратом известных физических процессов выступают элементарные частицы и фундаментальные взаимодействия (сильное, слабое, электромагнитное и гравитационное). Субстратом химических процессов предстают атомы, остающиеся устойчивыми при образовании и превращениях различных веществ. Субстратом биологических процессов служат молекулы нуклеиновых кислот (ДНК и РНК) и белковых веществ, выступающие в качестве элементарных "единиц жизни". Субстратом социальной жизни является человек, целесообразная деятельность которого лежит в основе всех социальных изменений.

Имея исходный набор химических атомов и связей, можно строить разнообразные химические соединения, а также рассматривать "четыре аспекта моделирования структуры: топология в статике, топология в динамике, геометрия в статике и геометрия в динамике", изучать "не только химические реакции, но и "функциональные зависимости вида  $p = p(X)$ , где  $X$  – по-прежнему химическое вещество, а  $p$  – какое-либо свойство. Это может быть и такое "химическое" свойство, как реакционная способность, и такое физическое свойство, как температура плавления или электропроводность...". При этом "функциональные зависимости вида  $p = p(X)$ " или "свойства как функция природного вещества" П. М. Зоркий вообще кладет в основу определения химии как науки, как научного предмета [8]. Такой взгляд естественен, если исходить из эмпиристской философии, для которой, по сути, существует только "фаза использования".

В XX в. парадигма химии существенно изменилась. В основе современных химических представлений лежат представления квантовой химии, возникшей сразу вслед за формированием современной квантовой механики в конце 1920-х гг. Она возникает в результате совмещения "физических" и "химических" атомов (и молекул). В результате этого все исходные представления химии

начинают переопределяться явным образом через физические модели. В первую очередь это касается атома. Химический атом замещается физико-химическим атомом, точнее многоэлектронным атомом квантовой механики, рассматриваемым в контексте структуры химического соединения или превращения. Соответственно физические модели кладутся в основание явного определения химических связей [13].

Процесс этого совмещения, воспринимаемый сегодня и физиками и химиками как очевидный и не требующий обсуждения, не так прост.

"Физическая" и "химическая" атомистика происходят из близких источников: из наложения атомистической натурфилософии на физические и химические исследования разреженных газов. Этими двумя областями и занимался на рубеже XVIII и XIX вв. отец химической атомистики Дальтон. И, как утверждает Н. А. Фигуровский [18, С. 15]: "Во второй половине XVIII в. основные идеи корпускулярных теорий считались среди ученых естествоиспытателей само собой разумеющимися", и в начале XIX в. они стали главенствующими в химии. В физике же дело обстояло сложнее. Как было сказано выше, в связи с успехами модели теплорода в сер. XIX в. здесь произошел "откат" от этих представлений и атомно-молекулярные представления пробивали себе дорогу в статистической физике с большим трудом вплоть до начала XX в. В квантовой химии, как и во времена Дальтона, атомная (молекулярная) химия и физика пересеклись (атом квантовой механики происходит из атома в молекулярной статистической физике Больцмана). В результате образовался новый ПИО – физико-химический атом, который обладает свойствами атома в квантовой механике, но, кроме того, включен в химическое соединение (АХА) в химии. Последнее обуславливает то, что химия не сводится к физике.

Первым триумфом физической квантовой химии стал вывод периодической таблицы Д. Менделеева из квантово-механической теории атома. Следующим достижением стала физическая электронная модель межмолекулярного взаимодействия и теория элементарных физико-химических связей, а также физическая классификация типов химической связи (ковалентная связь, ее донорно-акцепторный механизм, ее свойства; ионная

связь; полярные и неполярные молекулы; металлическая связь; водородная связь, многоатомная физико-химическая связь и др.), начавшаяся еще до квантовой механики.

Параллельно шло формирование и развитие физической аналитической химии (спектроскопия, рентгеноанализ и т. п.), т. е. нового типа эталонов и измерительных процедур для определения химических соединений и их компонентов.

В результате, во-первых, отпала необходимость в "базовом множестве эмпирических веществ и их превращений", поскольку теперь главные ПИО химии – химические атомы и связи – определяются явным образом с помощью физических понятий. С их помощью явным образом определяется понятие химического соединения [8].

Вопрос "Что такое атом?" химиков больше не волнует. "Что такое химическая связь?" – более животрепещущий вопрос, но со стороны создания теоретической (по сути физической) модели различных связей или эмпирических и полуэмпирических законов, помогающий ориентироваться в невероятном множестве химических превращений. Сегодня атом в химии, по сути, является явно определенным, более того, спектроскопические и рентгенографические методы, разработанные для физических атомов и молекул, стали основными для определения состава химических веществ, вытеснив чисто химические. Можно сказать, что появилась "физико-химическая аналитическая химия" XX в., сменившая химическую аналитическую химию XIX в.

Но сама структура и основные понятия, введенные в XIX в., по-прежнему задают контекст и специфику химии. Физика здесь не заменяет химию, а встраивается в нее. Этот тип симбиоза отличается от случая физической химии XIX в. тем, что он касается определения исходных понятий химии, а не добавок к ним.

Обретение человеком новых возможностей в контексте его современной эволюции лежит не в сфере новейших биотехнологий, не в сфере генной инженерии, волнующей общество своими открытиями и экспериментами. Новые способы осознания, развитие многовариантного социального воображения – вот наиболее мощный инструмент коэволюции человека в новой технокультуре конструирования им реальностей будущего. А для этого ново-



го осознания мы нуждаемся в новой синергично ориентированной системе гуманитарных образовательных технологий.

А. Ч. Китайгородский, отмечает, что состояние вещества определяется борьбой двух противоположных тенденций: "стремлением иметь наименьшую энергию" и "наибольшую энтропию" [10, С. 611–615]. Если первая тенденция направлена на превращение газа в жидкость, а затем в твердое тело, то вторая – в обратном направлении. В связи с этим, выгодное для данного давления и температуры состояние устанавливается в виде компромисса между энтропией и энергией. Как подчеркивает В. С. Лугай, данная физическая закономерность разрешения противоречия между упомянутыми противоположными тенденциями "является принципом наименьшего действия и затраты энергии и принципом увеличения энтропии – как тот фундаментальный закон, который распространяется на развитие всех явлений реального мира, в том числе и общества" [14, С. 136]. При возрастании энтропийных процессов в мире задача человечества, в том числе в аспекте переориентации химических технологий, направляется на то, чтобы природные и социальные условия, необходимые для нашего существования, не были уничтожены энтропийным действием.

По замечанию М. И. Штеренберга [16, 17], неравновесная термодинамика характеризуется наличием энтропийных процессов, что свидетельствует о росте хаотизации, и наоборот. Рост энтропии может сопровождаться как увеличением, так и уменьшением порядка (например, при плавлении кристалла), что говорит о противоречивости оснований термодинамики. Например, хаотическая смесь льда и холодной воды. Если лед достаточно охлажден, то в этой системе одновременно с ростом энтропии смесь превращается в упорядоченный кристалл. Это справедливо и для любой двухфазной смеси, и для открытых систем. При смешении компонентов эпоксидной смолы смесь разогревается, энтропия растет, а из жидкости возникает более упорядоченное твердое тело. В химии это справедливо для всех экзотермических реакций синтеза, идущих с выделением тепла, когда из атомов или молекул образуются более крупные, т. е. более упорядоченные.

Синергетика формируется как сложное переплетение математики, физики, химии и других разделов науки, развивается в

виде множества параллельных, часто спорящих друг с другом частных линий. Основу синергетической системы составляет так называемая "нелинейная среда", т. е. среда, свойства которой зависят от происходящих в ней процессов. В математическом слое это выражается в наличии нелинейных уравнений движения. "Во всех случаях ... (эта система) составлена из множества подсистем, например атомов, молекул, клеток" [21, С. 30]. Собственно и в статистической физике мы имеем дело с системами, "составленными из множества подсистем" (тех же атомов и молекул). Но если модели системы в статистической физике ориентируются на идеальный газ, где системообразующими являются свойства элементов, а не связей, которые считаются слабыми, то в центре модели системы в синергетике оказываются связи между элементами. Эти-то связи и задают нелинейный характер среды-системы.

Другими обязательными характеристиками синергетической системы является ее открытость, предполагающая постоянный приток энергии и/или вещества (или чего-то другого), и диссипативность, предполагающая наличие диссипации (затухания), т. е. оттока этой энергии (и т. п.) из системы.

В такой системе возникают динамические макроскопические структуры (иногда их называют заимствованным из теории колебаний и волн термином "моды", а иногда – "диссипативными структурами", подчеркивая созидательную роль диссипации в этих системах)  $M_A(i)$  – хорошо организованное (когерентное) в масштабах полной системы поведение ее микроскопических элементов-подсистем. Именно эти динамические структуры являются главным предметом рассмотрения синергетики и определяют ее специфику. Вследствие этого "акцент переносится с изучения инвариантов системы и положений равновесия на изучение состояний неустойчивости и возникновение и перестройку структур, нелинейность, открытость, катастрофы, случайность и хаос" [21, С. 14].

Для иллюстрации рассмотрим генерацию лазера. Лазер представляет собой открытую диссипативную систему: "лампа накачки" закачивает туда энергию, которая отчасти непроизводительно уходит в тепло, отчасти выходит в виде излучения лазера. Энергия накачки  $F$  здесь играет роль управляющего параметра.

Пока накачка мала, система представляет собой огромное число молекул, "живущих" сами по себе и независимо переизлучающих доставшуюся им долю энергии накачки. Но при достижении некоторого "порогового значения" ситуация кардинально меняется. Все это огромное количество молекул начинает вести себя как единый коллектив, поведение которого описывается всего лишь несколькими переменными. Это новое поведение системы, сопровождающееся качественным изменением характера выходящего из лазера излучения, и есть режим генерации высококогерентного излучения.

Динамический характер этих структур имеет принципиальное значение. В каждом из различных разделов физики, которые мы рассматривали выше, речь шла об определенном типе движения, описание которого и конституирует соответствующее ядро раздела науки. В синергетике в центре внимания оказывается не тип движения, тесно связанный с моделью системы и ее состояний, а возникновение, исчезновение или превращение динамических структур, главной характеристикой которых является форма движения.

Синергетика отличается от других разделов физики тем, что она, по сути, рассматривает изменения формы, т. е. изменения качества (в классификации Аристотеля это другой тип движения, чем движение-перемещение). Центральными ее объектами оказываются не движение физических систем, а формы движений, которые можно обнаружить в разных разделах науки, на основе разных систем. В результате физические, химические, биологические и другие модели движения играют роль конкретного материала, выступают в качестве конструктивного элемента. Наполнение формы материей (как у Аристотеля, где статуя представляется как наполнение формы-идеи материей-медью) требует фиксации определенного раздела науки с определенным типом движений и систем.

Таким образом, модель синергетики как раздела науки, в центре которой стоит процесс перехода от одной динамической структуры  $MA(i)$  к другой, как бы надстраивается над различными разделами науки, поставляющими конкретные реализации открытой, диссипативной, нелинейной среды  $A$ .

Аналогичная ситуация имеет место в теории колебаний. Новая характерная черта, проявляющаяся у этого детища XX в., рожденного в лоне классической механики в трудах наших соотечественников Л. И. Мандельштама, Н. Д. Папалекси, А. А. Андропова, С. Э. Хайкина и др., состоит в том, что предметом его рассмотрения становятся определенные формы движения, выделяющие колебательное движение среди других. При этом, как скоро выясняется, конкретный тип системы – носителя движения (механический, электрический, химический, ...) оказывается не существенен для теории и вытесняется в "конструктивные элементы". Теория колебаний рассматривает колебательную форму любого по своему материалу движения. Колебательными же являются движения или процессы, обладающие той или иной степенью повторяемости во времени. Основными измеримыми величинами становятся амплитуда и фаза колебания, а математическими образами колебаний становятся фазовые траектории, которые стремятся к фокусам, предельным циклам и другим особым математическим объектам в фазовом пространстве. Одновременно с появлением понятия формы движения появляется целевая причинность (стремление к некоторой форме), вопросы об устойчивости и переходы от одной формы колебаний к другой. Теория колебаний усложняется, включая в себя теорию нелинейных колебаний, у истоков которой стояли А. А. Андронов и его коллеги, опиравшиеся на математические труды А. Пуанкаре и А. М. Ляпунова.

Математические представления синергетики с соответствующими уравнениями движения вышли из теории нелинейных колебаний и ряда разделов математики. Математическими образами динамических структур являются аттракторы – предельные для множества траекторий в фазовом пространстве множества точек, образующих "фокусы", "предельные циклы", "странные" аттракторы. Упорядочение мод и отвечающих им аттракторов может производиться с помощью сравнительно небольшого числа так называемых "параметров порядка" ( $h$ ). Математическим образом возникновения новой динамической структуры-моды, определяющейся соответствующими уравнениями движения, в которые входят управляющие параметры, является бифуркация. Их появление определяется изменением так называемых "управ-

ляющих параметров" ( $F$ ), в качестве которых часто выступает величина поступающей в систему энергии.

Указанная выше структура имеет философский смысл, она помогает нехимику понять, чем занимаются химики, может быть полезна для неопита, пытающегося обозреть свой предмет. В химии сегодня, по-видимому, нет серьезных проблем, связанных с осознанием своих оснований, перманентных проблем для физики с конца прошлого века.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем проявляются основные проблемы естественнонаучной картины мира?
2. В чем специфика основных элементов химической картины мира?
3. Каковы отличительные особенности современной естественнонаучной картины мира?
4. В чем проявляется философский смысл периодической системы элементов Д. И. Менделеева?
5. Какова роль корпускулярно-волнового дуализма в развитии химии?
6. Что выступает основанием для моделирования химических процессов?
7. Каково философское содержание концепции химического строения?
8. В чем проявляется проблема химического элемента?
9. Определите философский смысл соотношения физических параметров – массы и объема?
10. В каких химических процессах проявляется закон изменения количественных изменений в качественные?
11. Определите философско-методологический аспект проблемы химической термодинамики.
12. Какова роль синергетики в моделировании химических процессов?

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, И. С. Деятельностная концепция познания и реальности // Избранные труды по методологии физики. – М. : РУССО, 1995.
2. Андронов, А. А. Теория колебаний / А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин. – М. : Физматгиз, 1959.
3. Гейзенберг, В. Шаги за горизонт. – М. : Прогресс, 1987.
4. Гейзенберг, В. Физика и философия. – М. : Прогресс, 1989.
5. Денбин, К. К вопросу об энтропии, беспорядке и дезорганизации // Знание – сила. – 1995. – № 9.
6. Джуа, М. История химии. – М. : Мир, 1975.
7. Жданов, Ю. А. Исторический метод в химии // Вопр. философии. – 1977. – № 10.
8. Зоркий, П. М. Критический взгляд на основные понятия химии // Журн. Рос. хим. общества им. Д. И. Менделеева. – 1996. – Т. 40. – № 3. – С. 5–25.
9. Золотухин, В. М. Философские вопросы химии: проблемы и методологические основания / В. М. Золотухин, Н. А. Золотухина // Вестн. Кузбас. гос. техн. ун-та. – 2007. – № 2. – С. 115–118.
10. Китайгородский, А. Ч. Введение в физику. – М., 1959.
11. Кондрашин, И. И. Диалектика материи: Системный подход к основам философии. – СПб. : The Pentland Press Ltd, 1997.
12. Пригожин, И. Порядок из хаоса / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Прогресс, 1986.
13. Полинг, Л. Химия / Л. Полинг, П. Полинг. – М. : Мир, 1978.
14. Лугай, В. С. Основной вопрос современной философии. Синергетический вопрос. – Киев : ПАРАПАН, 2004. – 156 с.
15. Материалистическая диалектика : в 5 т. Т. 3. Диалектика природы и естествознания. – М. : Мысль, 1983.
16. Синергетика: проблемы, трудности (материалы "круглого стола") // Вопр. философии. – 2006. – № 9. – С. 3–33.
17. Синергетическая парадигма. – М. : Прогресс-Традиция, 2000.

18. Фигуровский, Н. А. Очерк общей истории химии. Т. I: От древнейших времен до начала XIX в. ; Т. II: Развитие классической химии в XIX столетии. – М., 1979.

19. Физическая теория : Философско-методологический анализ. – М. : Наука, 1980.

20. Физический энциклопедический словарь. – М. : Сов. энциклопедия, 1983.

21. Хакен, Г. Синергетика. – М. : Мир, 1980.

22. Хакен, Г. Синергетика. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах. – М. : Мир, 1985.

23. Химическая энциклопедия : в 5 т. Т. 1. – М. : Сов. энциклопедия, 1988.

24. Энгельс, Ф. Анти-Дюринг // К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч. – 2-е изд. – Т. 20.

25. Энгельс, Ф. Диалектика природы. Формы движения материи. Классификация наук // К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч. – 2-е изд. – Т. 20.

26. Эйнштейн, А. Собрание научных трудов. – М. : Наука, 1987.

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И КАТЕГОРИИ

**Вещество** – электронно-ядерная форма бытия материи. Предполагается, что все вещества состоят из молекул, которые, в свою очередь, состоят из атомов, связанных между собой химическими связями. В предельном случае молекула может быть одноатомной.

**Материя** – вещество; понятие, первоначально обозначающее отличительный признак очевидной пространственной телесности, еще без противопоставления его жизни, душе и духу, и только после ряда исторических превращений развившееся в понятие "мертвого вещества", которое является также и понятием, противоположным понятиям жизни, души и духа. В области мировоззрения это оформляется в материализме, в сфере науки – в современном естествознании. В новейшей физике "материя" – обозначение некоторой особой точки поля.

**Энергия** – общая количественная мера различных форм движения материи. В философии Аристотеля все, что имеет вид

силы, способность на какое-либо достижение, дело. В современной физической картине мира энергия определяется законом сохранения энергии, согласно которому различные виды энергии при соответствующих условиях могут превращаться один в другой, однако энергия в целом и при всех превращениях остается равной самой себе.

**Энергетизм** – учение об энергии. Основатель естественно-научного энергетизма – Роберт Майер (1814–1878). Философский энергетизм как мировоззрение сводит все существующее и происходящее к энергии, в т. ч. материю, дух, которые в его понимании суть не что иное, как формы проявления энергии. Главный представитель этого энергетизма – В. Освальд, построивший на этой основе обширную философию природы и культуры, вершиной которой является энергетический императив: "Не растрачивай понапрасну никакую энергию, используй ее!"

**Химия** – наука, изучающая превращения веществ, сопровождающиеся изменением их состава и (или) строения. Химические процессы (получение металлов из руд, крашение тканей, выделка кожи и др.) использовались человечеством уже на заре его культурной жизни. В III–IV вв. зародилась алхимия, задачей которой было превращение неблагородных металлов в благородные. С эпохи Возрождения химические исследования все в большей степени стали использовать для практических целей (металлургия, стеклоделие, производство керамики, красок); возникло также особое медицинское направление алхимии – ятрохимия. Во второй половине XVII в. Р. Бойль дал первое научное определение понятия "химический элемент". Период превращения химии в подлинную науку завершился во второй половине XVIII в., когда был сформулирован закон сохранения массы при химических реакциях (М. В. Ломоносов, А. Лавуазье). В начале XIX в. Дж. Дальтон заложил основы химической атомистики, А. Авогардо ввел понятие "молекула". Эти атомно-молекулярные представления утвердились лишь в 60-х гг. XIX в. Тогда же А. М. Бутлеров создал теорию строения химических соединений, а Д. И. Менделеев открыл периодический закон. В конце XIX – начале XX вв. важнейшим направлением химии стало изучение закономерностей химических процессов. На законах химии бази-



руются такие технические науки, как химическая технология, металлургия.

**Химическая картина мира** – взгляд на природу с точки зрения химии, определяющий при этом место и роль химических объектов и процессов во всем многообразии. Ее содержанием является:

1. Обобщенное знание данной эпохи о том, что представляют собой объекты живой и неживой природы со стороны их химического содержания. Сюда входит учение о многообразии частиц вещества, о его химической организации.

2. Представление о происхождении всех основных типов природных объектов, их естественной эволюции.

3. Зависимость химических свойств природных объектов от их структуры.

4. Общие закономерности природных процессов как процессов химического движения (взаимодействие реагирующих веществ друг с другом и с окружающей средой).

5. Знание о специфических объектах, синтезируемых в практической деятельности химика.

**Периодический закон** (закон Д. И. Менделеева): "Свойства элементов, а потому и образуемых ими простых и сложных тел (веществ), стоят в периодической зависимости (т. е. правильно повторяются) от их атомного веса". Современная формулировка: "Свойства химических элементов (т. е. свойства и форма образуемых ими соединений) находятся в периодической зависимости (т. е. правильно повторяются) от заряда ядра атомов химических элементов".

**Периодические свойства элементов** – правильно повторяющиеся свойства химических элементов:

1) способность химических элементов давать гидриды определенного состава;

2) способность химических элементов давать высшие кислородные соединения определенного состава;

3) периодическое изменение молярных атомных объемов;

4) правильное периодическое изменение потенциалов ионизации;

5) закономерное повторение типичных степеней окисления атомов;

б) определенные закономерности в изменении физических свойств соединений (плотности, температуры кипения и температуры плавления).

**Пространство и время** – философские категории. Пространство – форма сосуществования материальных объектов и процессов (характеризует структурность и протяженность материальных систем); время – форма и последовательные смены состояний объектов и процессов (характеризует длительность их бытия). Пространство и время имеют объективный характер, неразрывно связаны друг с другом, бесконечны. Универсальные свойства времени – длительность, неповторяемость, необратимость; всеобщие свойства пространства – протяженность, единство прерывности и непрерывности.

**Химическое равновесие** – состояние реагирующей системы, при котором в ней протекают только обратимые реакции. Параметры состояния системы при химическом равновесии не зависят от времени; состав такой системы называют равновесным.

**Химический потенциал** – понятие, используемое для описания термодинамического равновесия в многокомпонентных системах. Обычно химический потенциал компонента системы вычисляют как частную производную гиббсовой энергии по числу частиц (или молей) этого компонента при постоянной температуре, давлении и массах других компонентов. В равновесной гетерогенной системе химические потенциалы каждого из компонентов во всех фазах, составляющих систему, равны (условие фазового равновесия). Для любой химической реакции сумма произведений химического потенциала всех участвующих в реакции веществ на их стехиометрический коэффициент равна нулю (условие химического равновесия).

**Химическая термодинамика** – раздел физической химии, использующий химические реакции и физико-химические превращения на основе представления о термодинамическом равновесии в макроскопических системах. Термодинамические соотношения широко применяют для определения максимально возможных (при данных температуре, давлении и т. п.) выходов продуктов химических реакций и других параметров технологических процессов в химической, металлургической и других отраслях промышленности. Использование понятий и методов тер-

динамики неравновесных процессов позволяет определять потоки тепла и вещества для открытых систем с учетом скоростей химических превращений.

**Детерминизм** (лат. *determino* – определяю) – философское учение о закономерной универсальной взаимосвязи и взаимообусловленности явлений объективной действительности, результат обобщения конкретно-исторических и конкретно-научных концепций детерминизма. Методологическая **природа принципа детерминизма** проявляется в том, что он выступает не только как философское учение, но и как конкретно-научный норматив описания и объяснения универсальной закономерной связи и обусловленности развития и функционирования определенным образом системно-организованных объектов в процессе их взаимодействия. Принципиальная историчность этого учения обусловлена необходимостью формирования новых естественнонаучных форм детерминизма при переходе науки к изучению объектов с новыми системно-структурными характеристиками. Переход науки от изучения простых динамических систем к вероятностным, эволюционирующим объектам сопровождался кризисом концепции лапласовского детерминизма и формированием статистического вероятностного детерминизма в учении Дарвина. Соответственно менялся категориальный каркас детерминистических естественнонаучных концепций, структура теоретических построений, идеалы и нормы научного исследования.

**Индетерминизм** – философская позиция, отрицающая либо универсальность причинной связи, либо ее объективный характер.

**Закон** – существенная, необходимая, устойчивая, повторяющаяся связь (отношение) между явлениями. Категория "закон" выражает в своем содержании тот, не зависящий от нашего сознания, факт, что предметы и явления окружающего мира функционируют и развиваются в соответствии с присущими им существенными, необходимыми, повторяющимися, устойчивыми отношениями (связями). Важнейшие черты закона – необходимость, всеобщность, повторяемость и инвариантность.

**Причина** есть событие, которое при определенных условиях порождает или изменяет другое событие, называемое его следствием. В причинно-следственной связи находится лишь **пара со-**

бытий, из которых одно является причиной другого. Но событие, которое в одном отношении является причиной, в отношении к другому событию может выступить как следствие. Таким образом, каждое событие одновременно является и причиной, и следствием: причиной по отношению к порожденному им событию и следствием по отношению к тем событиям, которыми оно само было порождено.

**Абстракция** – процесс отвлечения от некоторых характеристик (свойств, отношений) изучаемых предметов и явлений, от реальных носителей интересующих нас характеристик, а также результат этого отвлечения, представляющий собой некоторый абстрактный объект.

**Движение** – любое изменение или взаимодействие материальных и идеальных объектов. Выделяют три основных вида движения: в неорганическом мире – пространственное перемещение, движение элементарных частиц и полей, тепловые процессы, изменение космических систем и объектов и т. п.; в мире живой природы – совокупность жизненных процессов в организмах и видах; в социальном мире – все формы деятельности людей.

**Диалектика** – философское учение о наиболее общих законах и формах движения и развития. Создателем диалектики считается немецкий философ Г. В. Ф. Гегель (1770–1831); материалистическую диалектику развивали немецкие философы К. Маркс (1818–1883) и Ф. Энгельс (1820–1895), русский философ Г. В. Плеханов (1856–1918).

**Метод** – совокупность приемов и операций познания и практической деятельности; способ достижения определенных результатов в познании и практике. Применение того или иного метода определяется целью познавательной или практической деятельности, предметом изучения или действия и условиями, в которых осуществляется деятельность.

Владимир Михайлович Золотухин  
Наталья Анатольевна Золотухина

## **Философские вопросы химии**

Учебное пособие

Редактор О. А. Вейс

Подписано в печать 08.07.2008. Формат 60×84/16

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 5,0.

Тираж 75 экз. Заказ .

ГУ КузГТУ. 650026, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Типография ГУ КузГТУ. 650099, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.