

Рецензенты:

доцент кафедры химии ГГПИ им. М. Горького,
кандидат пед. наук *Г. И. Аверкиева*;
доктор хим. наук *В. Н. Пак*;
учитель химии школы № 132 Москвы *Ю. И. Ремизов*;
доцент кафедры философии ЛТИ им. Ленского,
кандидат философ. наук *Б. М. Суханов*

Макареня Александр Александрович
Обухов Валерий Леонидович

МЕТОДОЛОГИЯ ХИМИИ

Заведующая редакцией *Т. П. Крюкова*
Редактор *Л. И. Соколова*
Младший редактор *Е. В. Коркина*
Художественный редактор *В. А. Галкин*
Технический редактор *И. С. Поташикова*
Корректор *Н. В. Бурдина*

ИБ № 8496

Сдано в набор 12.02.85. Подписано к печати 03.07.85. Формат 60×90^{1/16}. Бум. кн.-журн.
Гарнит. литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 10. Усл. кр.-отт. 10.25. Уч.-изд.
л. 11,52. Тираж 68 000 экз. Заказ № 1148. Цена 50 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного коми-
тета РСФСР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 129846, Москва,
3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Областная ордена «Знак Почета» типография им. Смирнова Смоленского облуправления
издательства, полиграфии и книжной торговли, 214000, г. Смоленск, проспект им. Ю. Га-
гарина, 2.

Макареня А. А., Обухов В. Л.
М15 **Методология химии: Пособие для учителя. — М.: Просве-
щение, 1985.—160 с.—(Б-ка учителя химии).**

Основой взаимосвязи химии и педагогики выступает марксистская философия
в функции всеобщей методологии. В предлагаемом пособии всеобщая методология
является ключом к разработке системного подхода как к материалу науки химии,
так и к химии как учебному предмету. Авторы воспользовались историческим
подходом к рассмотрению содержания химии, а также к принципам отбора фак-
тов, понятий и теорий для построения курса химии средней школы. На примерах
формирования мировоззрения и обобщения знаний учащихся по некоторым темам
показано применение вопросов методологии химии в методике обучения. Освещены
также принципы политехнизма, региональности, непрерывности образования и др.
В пособии учтен опыт работы учителей, а также методистов, использующих мето-
дологические основы для разработки и творческого применения методики обучения
химии.

М 4306010000—626

103(03)—85

Свод. план подписных изд. 1985

ББК 74.265.7

54

© Издательство «Просвещение», 1985 г.

ВВЕДЕНИЕ

Июньский (1983 г.) Пленум ЦК КПСС особое внимание обра-
тил на методологическую сторону научных исследований, на не-
обходимость заботиться о мировоззренческой четкости научного
поиска, призвал научные учреждения сосредоточить силы на наи-
более актуальных вопросах, на решении задач, стоящих перед
практикой социалистического и коммунистического строительства.
Все это относится и к педагогической науке, к практической дея-
тельности учителя.

Методология педагогики обеспечивает правильность и глуби-
ну самого педагогического видения, педагогического мышления,
что очень важно и для педагога, и для любого ученого, исследо-
вателя. Наиболее требовательные к себе педагоги с пониманием
важности названной области знаний в наши дни быстрого роста
информации, а также развития учащихся знают, что силен тот
учитель, который владеет и методологией педагогики.

Что же дает методология химии учителю? Почему знание ме-
тодов химии и методов педагогических исследований в наше вре-
мя является важнейшим источником успешной работы в области
методики преподавания химии?

Ответ на этот вопрос дает практика современной школы, пе-
редовой педагогический опыт. Реализация принципов научности,
соответствия содержательной и процессуальной сторон обучения,
оптимизации учебного процесса, принципа вариативности и инди-
видуализации обучения тесно связана с усилением внимания к
совместной деятельности учащихся и учителя, поиску наиболее
рациональных средств решения возникающих учебных задач, фор-
мированию способности учащихся увязывать теорию с практикой,
расширением сфер проявления социальной активности (трудовое
обучение, профотбор и т. д.).

Философия, методология химии и методология педагогики —
вот те три краеугольных камня, которые должны способствовать
методологической вооруженности учителя-методиста. С их помо-
щью можно добиться раскрытия системности учебного знания, его
структуры, понимания специфики методов химической науки и ее
законов, реализации принципа политехнизма, формирования науч-
ного мировоззрения учащихся, формирования гармонически разви-
той личности.

В методике преподавания физики и биологии указанная про-
блематика получила глубокое отражение и освещение. В методике

обучения химии таких работ пока гораздо меньше. Однако в последние годы в нашей стране появились крупные исследования по философским и методологическим вопросам химии. В первую очередь следует назвать работы Б. М. Кедрова, Ю. А. Жданова, В. И. Кузнецова, Р. В. Гарковенко, В. С. Вязовкина, А. А. Печенкина, Б. М. Суханова. Эти авторы раскрывают пути и методы познания химических объектов и явлений на основе большого исторического материала, рассматривают особенности развития химических наук, их роль в формировании естественнонаучной картины природы, в химизации народного хозяйства.

Химическое знание — часть естественнонаучного знания. В истории науки можно выделить несколько линий, по которым просматривается устойчивая тенденция развития концепций единого знания. Это единство знания носит диалектический характер. Философская наука, стараясь подтвердить свои общие положения на практике, неминуемо пытается рассмотреть фактический материал «другого уровня», где точность ее выводов оказывается под ударом слишком заземленного уровня рассмотрения. Естественные науки, поднимаясь до уровня обобщений, должны также входить в сферу действия других наук. Необходимо помнить, что естественные науки родились в ходе неизбежного и метафизического по своей природе (на некотором этапе познания) расчленения единого на ряд составных частей, определяемых не только спецификой изучаемого, но и наличием методов их исследования и описания.

Повышение роли науки в жизни общества, превращение ее в непосредственную производительную силу общества, привело к усилению ее взаимодействия с производством, техникой и образованием и еще более повысило требования к единству знания, придав им не только экономическую, но и морально-этическую и даже эстетическую окраску.

Химия является одной из основных естественных наук, с которой связан процесс формирования единого знания. Ее роль в преобразовании природы, в создании новых материалов и источников энергии (химизация народного хозяйства), а также в быту (медицина, техника, досуг) трудно переоценить. Это тем более верно, что химия выступает как связующее звено неживого с живым (вспомним основные формы движения, охарактеризованные в работах Ф. Энгельса).

Именно поэтому и при подготовке учителя химии, и при повышении квалификации преподавателей естественных дисциплин, работающих в педагогических институтах, университетах, средних школах, техникумах и ПТУ, взаимосвязи философии и химии в настоящее время должно быть уделено повышенное внимание.

Авторы данного пособия, стремясь осуществить межцикловые связи, рассмотрели ленинские элементы диалектики, их взаимосвязь применительно к проблеме взаимодействия химии и философии. Они старались отразить их со следующей позиции: в самом механизме формирования как методологии философии, так и

методологии химии есть много общего, однако восприятие этой общности нередко затрудняется из-за тех различий, которые существуют в силу специфики предметов указанных наук.

Взяв на вооружение основные элементы диалектики и их взаимосвязь, можно показать сходство рассмотрения изучаемых явлений на эмпирическом и теоретическом уровне, своеобразном для каждой из наук. Только диалектика, являющаяся прежде всего наукой о всеобщем, способна дать всеобщий методологический ориентир как для приведения в систему (упорядоченную целостность) основного содержания конкретных наук, так и для системного их преподавания. Таким ориентиром явится теория системы диалектики. При этом оказывается, что, поскольку философская система есть некая идеальная модель всеобщего, системность химии как конкретной, отдельной науки не может быть в нее полностью вложена, ибо, как отмечал во фрагменте «К вопросу о диалектике» В. И. Ленин, «всякое отдельное неполно входит в общее...»¹. Поэтому целесообразно начать раскрытие основ методологии преподавания химии с системного изложения важнейших философских категорий, от них перейти к системности химии, а затем выдвинуть методологические истоки обучения и показать их применение на практике.

Желая придать изложению материала проблемный и более доходчивый характер, авторы считали целесообразным начать его с рассмотрения методологических уроков исторического развития химии, позволяющих охарактеризовать принципы формирования основ химии как учебного предмета в прошлом и настоящем. Это позволяет увидеть в учебном материале устойчивую, сохраняющуюся часть, а также ее вариативную составляющую, определяемую социальным заказом общества. Рассмотрение предмета в развитии дает возможность оценить и перспективы развития химического образования — задача актуальная в свете реформы общеобразовательной и профессиональной подготовки молодежи, осуществление которой намечено в двенадцатой пятилетке.

Авторы благодарны В. И. Кузнецову, Р. В. Гарковенко, В. С. Вязовкину, Б. М. Суханову за обсуждение проспекта пособия, Г. И. Аверкиевой, И. С. Дмитриеву и В. Н. Паку за замечания, высказанные при просмотре некоторых разделов рукописи.

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 318.

ЧАСТЬ I

ФОРМИРОВАНИЕ ЛОГИКИ И МЕТОДОЛОГИИ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ В ХИМИИ

Философская и методологическая культура становится непременным атрибутом образованности, профессионализма в любой области человеческой деятельности. Особенно это касается учителя. Во-первых, он выполняет комплекс функций: предметника, организатора и воспитателя. Во-вторых, он должен владеть приемами оптимизации обучения и вырабатывать НОТ в своей деятельности. В-третьих, он выступает как исследователь в области методики обучения химии. Следовательно, методика преподавания учебных дисциплин является интегративной дисциплиной.

Нельзя овладеть философской и методологической культурой, не проследив основные пути формирования методологии научного познания, не поняв историзма этого процесса.

Как это неоднократно было показано классиками марксизма-ленинизма, формирование как философии в целом, так и методологии научного познания осуществлялось в результате обобщения истории научных и технических открытий, анализа процесса отражения вещей в диалектике идей. С другой стороны, всевозрастающая сложность задач, стоящих перед наукой, а также перед преподавателями высшей и средней школы, заставляет систематизировать научные знания, вырабатывать новые методы их получения, исследования, обобщения, классификации, преобразования в учебную информацию, а также ее изложения.

Глава I. ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ХИМИИ

Общий ход человеческого познания В. И. Ленин выразил следующими словами: «Сначала мелькают впечатления, затем выделяется нечто,— потом развиваются понятия качества $\#$ (определения вещи или явления) и количества. Затем изучение и размышление направляют мысль к познанию тождества — различия — основы — сущности *versus* явления,— причинности etc»¹.

Конкретный путь формирования и развития научного знания характеризуется неравномерностью в изучении веществ и явлений, в разработке и осознании методов и средств его достижения, что определяется целым рядом внешних и внутренних факторов. Как науки в целом, так и отдельные их разделы формировались в сложной исторической последовательности. К. Маркс писал:

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 301.

«...Историческое развитие всех наук приводит к их действительным исходным пунктам лишь через множество перекрещивающихся и окольных путей. В отличие от других архитекторов, наука... возводит отдельные жилые этажи здания, прежде чем заложить его фундамент»¹. И в другом труде: «Научные истины всегда парадоксальны, если судить на основании повседневного опыта, который улавливает лишь обманчивую видимость вещей»².

В высказываниях классиков марксизма-ленинизма выступает целый ряд положений, которые имеют прямое отношение как к методологии познания, так и к методологии обучения. Поэтому вначале целесообразно хотя бы в самых общих чертах рассмотреть методологические уроки исторического развития химии как науки и как учебного предмета, с тем чтобы наметить основные проблемы методологии химии, которые помогут учителю химии овладеть важнейшей информацией и использовать ее в своей деятельности.

§ 1. Формирование химии как науки

Первоначальные научные сведения и знания стали формироваться более 2,5 тыс. лет назад. Накопление химической информации происходило в результате человеческой деятельности (жизненные наблюдения, опыт в выполнении различных операций, связанных с использованием огня, растворением, механической обработкой веществ и т. п.). Это была стадия эмпирического познания. Теоретические знания того времени формировались в рамках натурфилософии и натурфилософской картины мира, для которой было характерно дедуктивное построение системы знаний, относящихся к природе вещей и явлений (атомы Демокрита, принципы Эмпедокла, элементы-стихии Аристотеля и т. п.). Тогда же началось формирование отдельных наук, таких, как математика, астрономия, логика, медицина.

Становление химии как науки растянулось на несколько столетий, в течение которых был получен значительный фактический материал практического значения (металлургия, солеварение, фармация, кожевенное, пищевое производство, строительное дело, «военная» химия и т. п.). Изобретение весов и их применение при химических операциях, попытки установления качественных различий между различными веществами дали возможность управлять получением важных в жизни человека веществ, установить факт существования определенного числа элементов («земель», простых веществ).

Первая методологическая проблема возникла в глубокой древности. Она была связана с необходимостью найти критерий сравнения окружающих человека веществ. Ученые пытались решить ее с позиций *элементарности*, т. е. дискретности (неразложимости вещества при дальнейшем дроблении) и *непрерывности*

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 13, с. 43.

² Там же, т. 16, с. 131.

(в изменении свойств при разном сочетании элементов), чтобы объяснить многообразие свойств веществ.

Вторая методологическая проблема возникла позже, когда от наблюдения и описания химик перешел к попыткам объяснить различные факты на основе эксперимента, используя физические приборы, в том числе для измерения количества исследуемого вещества. Современному человеку трудно представить себе, как трансформировалась тогда в голове химика информация, которую тот получал, исследуя вещества с помощью органов чувств по запаху, цвету, на ощупь. Он мог получить только сведения на уровне «мелькают впечатления» и в лучшем случае на уровне выделения «нечто». Свойство горючести он связывал с серой, летучести — с воздухом. К спиртам относили самые разнообразные вещества, общими свойствами которых считалась способность реагировать со щелочами.

Введение метода взвешивания, а позже измерения температур, определение объемов газов поставило важную проблему: отношения количества и качества. Позже Ю. Либих охарактеризовал ее «на уровне здравого смысла» так: надо знать, что взвешиваешь, что измеряешь. Приведем два примера, раскрывающие смысл проблемы.

Один пример связан с доказательством сохранения массы веществ при химических реакциях. Еще в рамках натурфилософской картины мира признавалось, что «ничто в ничто и ничего из ничего» не может превращаться. Эта аксиома известна как закон (идея) сохранения материи. Позже стал рассматриваться вопрос о сохранении материи и движения. Настала пора их естественнонаучного обоснования, для чего потребовался физико-химический эксперимент. Можно выделить четыре его этапа: 1) опыты Р. Бойля (обжиг металла в запаянных сосудах) показали, что происходит увеличение массы в результате превращения части металла в окислы. Р. Бойль объяснил это присоединением к металлу частиц огня; 2) опыты М. В. Ломоносова (повторение опытов Р. Бойля, но со взвешиванием не только металла, но и всей реторты, т. е. металла и воздуха) показали, что масса до прокаливании и после прокалывания сохранилась. На этом основании М. В. Ломоносов сделал вывод о сохранении массы веществ, участвующих в химической реакции; 3) опыты Дж. Блэка (прокаливание мела) показали, что масса исходного вещества равна сумме масс полученных веществ; 4) опыты А. Лавуазье (разложение воды и синтез воды), проведенные после выяснения состава воздуха, окончательно утвердили справедливость закона сохранения массы веществ при химических реакциях. Для установления этого закона потребовалось около 150 лет, в течение которых не только была усовершенствована техника эксперимента, устранена неверная общая теория химических процессов (теория флогистона), но и открыты новые факты (состав воздуха), новая теория горения (кислородная теория Лавуазье). Постановка эксперимента требовала соответствующей методики измерения, соответствующей

теории — таков вывод из этого исторического примера. Эксперимент А. Лавуазье поэтому и получил название *решающего*, так как цели эксперимента находились в соответствии с условиями его проведения и истолкования.

Второй пример относится к развитию пневматической химии. XVIII в., как известно, называют веком пара. Физические и химические исследования газов и жидкостей были определены развитием мануфактурного производства. Измерение объемов газов стало одной из очередных научных задач. В качестве затворной жидкости в эвдиометрах вначале использовалась вода. Однако многие газообразные вещества нельзя хранить над водой. Ученые этого не знали. И только после того, как Г. Кавендиш предложил использовать в качестве затворной жидкости ртуть, удалось собрать и исследовать множество соединений. Это способствовало выяснению состава воздуха, развитию теории горения, правильному описанию реакций с участием азотной и серной кислот. Таким образом, открытие в области техники эксперимента — обеспечение хранения газов — позволило изучить различные их превращения и приступить к установлению состава воздуха. Г. Кавендиш, изучая поглощение различными веществами составных частей воздуха (пары воды, углекислый газ, кислород и азот улавливались соответствующими поглотителями), констатировал каждый раз наличие некоторой порции газа, которую ничем не удавалось уловить (порция была постоянной, если привести к одному исходному объему). Только спустя 100 лет выяснилось, что эта составная часть воздуха — благородные газы — не могла быть извлечена известными тогда поглотителями. Метод их обнаружения не мог быть химическим (индивидуальная природа газов была установлена при спектральном анализе).

Первые классификации в химии (например, классификация солей, данная Г. Рузлем — учителем А. Лавуазье и К. Бертолле), первые классификации химических реакций (М. В. Ломоносов), первый закон химии — закон эквивалентов — были установлены на основании химического эксперимента, путем наблюдения, сравнения и описания найденных данных, т. е. их обобщения. Они вместе с другими экспериментальными данными, а также теоретическими воззрениями легли в основу атомно-молекулярной теории, разработанной в начале XIX в. Эта теория привела к возникновению химической статики (учение о составе, строении и свойствах соединений, главным образом молекулярного типа), а также химической динамики (классификация химических реакций).

На этом закончился первый этап развития химии как экспериментальной науки. Атомно-молекулярная теория явилась теоретической базой для развития всего естествознания, причем не только объектов, но и явлений (процессов). И если до этого в естествознании господствовала механическая картина мира, то с помощью этой теории — в том числе и в химии — предстояло преодолеть механицизм, неизбежный спутник обыденного (господствовавшего тогда) мышления.

Механицизм как принцип мышления сменился признанием взаимодействия дискретного и непрерывного в объяснении причин химических явлений. Механицизм был преодолен, в частности, путем новых экспериментов в области химической динамики, которые появились уже в первые годы утверждения атомной теории. Речь идет о работах К. Бертолле о зависимости состава соединений от способа их получения, а также о работах по выяснению условий протекания химических реакций (гальваническое электричество, вольтова дуга, электролиз, термолиз, фотолиз). Экспериментальные открытия этого времени далеко опережали теорию. В химии только зарождалось учение о составе. А на основании электрохимических исследований была сформирована первая модель химической связи. Одни экспериментальные исследования подтвердили формирующиеся теоретические представления, другие вскрывали новые факты, которые ставят новые проблемы, не находящие пока объяснения. Постепенно обрисовываются границы применения возникших представлений и моделей. Более того, у некоторых ученых возникают сомнения в устойчивости атомной теории, ее статусе как непогрешимой концептуальности (не гипотеза ли она?).

Признав атом как меру химических веществ и явлений (вещества при химических реакциях обмениваются атомами), химики не могли найти законов химических реакций, объяснить, что заставляет одни атомы соединяться, а другие «отказываться» от соединения. Не могли они объяснить, почему в одних случаях образуются «закрытые» системы — молекулы, а в других «открытые» — кристаллы, почему устойчивы природные соединения.

Химическим атомом становилось модельное объяснение химического состава (все вещества состоят из атомов, но не все из молекул и кристаллов), физический атом не стал «реальностью». Ученые охарактеризовали атом как предел делимости и построили химическую атомистику, но наука не пришла к атому путем синтеза, т. е. не раскрыла его как сложную систему (физический эксперимент привел к атомной физике спустя столетие). Поэтому в XIX в. был введен термин «химическое и физическое состояние атома».

Для молекул же обнаружилось широкое поле экспериментальной деятельности и теоретических обобщений. Молекулярная физика развивалась уже давно на основе законов Бойля—Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, т. е. исследовались уравнения состояния идеальных газов (химики изучали отступления для реальных газов) при постоянных давлении, объеме, температуре. Получила развитие и химия молекул. Был определен состав молекулярных соединений — их истинная формула, формировались представления об основных типах молекул: $\text{HCl}(\text{H}_2)$, H_2O , NH_3 , CH_4 . Стала рассматриваться химическая теория строения органических молекул. Началось изучение зависимости свойств молекулярных соединений от их состава и строения («классический треугольник» химии — химическая статика).

Экспериментальные исследования в области химии развернулись в двух основных направлениях. Первое было связано с изучением молекулярных соединений. При обычных условиях некоторые из них являлись газообразными, другие легко переходили в пар, третьи, оставаясь твердыми, обладали молекулярным строением. На этом направлении бурно развивалась органическая химия (анализ, синтез, изучение свойств, применение, классификация соединений), что способствовало появлению стереохимии, физической органической химии, химии полимеров и т. д.

Второе направление было связано с изучением кристаллов, главным образом неорганических соединений: силикатов, солей, сплавов металлов. Успехи в этой области были неравноценны.

В химическом эксперименте все большую роль играли физические методы изучения веществ и реакций. В первой половине и середине XIX в. были открыты законы электролиза, термолиза, фотолиза и др. Начали формироваться химическая термодинамика (термическая диссоциация) и кинетика. Широко исследуются зависимость свойств веществ от состава, графические методы анализа получаемых результатов, поиск различных закономерностей с применением математических методов.

В XIX в. в химии следует выделить еще три кульминационные точки, означавшие рождение новых концептуальных систем: 1) периодический закон, 2) химическая термодинамика, 3) физико-химическая теория растворов. Они изменили облик химической науки. Будучи тесно связаны с атомно-молекулярной теорией, они способствовали созданию химической статистики и динамики как двух ветвей единой химической науки.

Развитие химии как экспериментальной науки привело к открытию закономерностей, означающих переход от индивидуальных свойств к специфическим и общим. Так, например, сначала в результате систематизации сведений о составе соединений было сформировано понятие о постоянной валентности (общая форма соединений одного элемента, например PX_3 : PCl_3 , $\text{P}(\text{CH}_3)_3$, PH_3), затем установлены понятия о предельной форме окисления и восстановления: $\text{PH}_3 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5$; $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CO}_2$, введено понятие о соединениях I и II порядка (NH_3 , HCl , NH_4Cl), найдена связь форм и типов соединений с положением элементов в периодической системе, введено понятие о координационном числе для комплексных соединений. Каждое из названных открытий вначале развивалось в рамках сложившихся представлений, но затем вместе с другими привело к созданию новых теорий.

Трактовка полученных фактов была связана с совершенствованием экспериментальной техники и методик. Это можно выразить схемой I.

Экспериментальная техника в XIX в. использовала законы физики и достижения техники (эвдиометры, калориметры, спектрометры, гониометры, вискозиметры, гальванические элементы, весы, пикнометры, ареометры, печи для сжигания, аналитические приборы и посуда).

Схема 1



§ 2. Основные черты становления современной химии

В XIX в. на стыке физики и химии оформилась в самостоятельную науку *физическая химия*. Ей было суждено сыграть важную роль в становлении теоретической части химии. В своем развитии она прошла ряд этапов. Первый из них — подготовительный (в конце XVIII в. до создания атомно-молекулярной теории). Наиболее четко ее предмет в этот период определил М. В. Ломоносов, назвав физическую химию наукой, объясняющей на основании положений и опытов физики то, что происходит в смешанных телах при химических операциях.

Изучение свойств химических элементов с помощью реакций продвинулось вперед в связи с использованием физических приборов. Заслуга М. В. Ломоносова и А. Лавуазье заключается в широком применении и развитии количественных методов в химии. Это привело не только к развитию физической химии, но и к изучению состава и строения химических соединений. По мнению Я. Вант-Гоффа, если изучение веса привело Д. Дальтона к идее об атомах, то изучение объема и плотности газов привело к представлению о молекулах.

Начало этого периода развития физической химии знаменуется применением корпускулярной теории для описания веществ и введением представлений о роли пор, крючков и других подобных атрибутов непознанных внутренних особенностей строения корпускул для объяснения химических явлений. Для полноты картины тогдашнего состояния химии (и физической химии) вспомним о так называемых невесомых жидкостях или флюидах, позаимствованных из физики. В этот же период был поставлен вопрос о «химическом родстве» растворимых веществ и проведена первая систематизация соединений по силе их относительного сродства.

Изучение химиками весовых отношений реагирующих веществ (правило эквивалентов Рихтера) и исследование физиками и химиками количественных свойств газов (закон Гей-Люссака) в конце XVIII и начале XIX в. способствовали возникновению со-

временной физической химии. Второй этап в развитии физической химии, следовательно, совпадает с периодом возникновения современной химии (с. 8). Выделение химии как самостоятельной науки, происшедшее на базе атомно-молекулярной теории, привело в скором времени к ее отрыву от физики. Это обстоятельство в особенности связано с развитием химических теорий и расширением эксперимента в области органической химии, где молекулярная теория нашла великолепное поле применения. В неорганической химии в силу специфики изучаемых объектов союз с физикой не был нарушен еще два-три десятилетия (до середины 70-х годов XIX в.). Исследователь неорганических соединений оставался и физиком, и химиком. Примером тому может служить деятельность всех крупнейших химиков-неоргаников XIX в.

В течение XIX столетия по мере расширения объема химических исследований в области физической химии большое значение приобретают работы физиков, изучающих химические изменения под действием физических сил (работы по электролизу соединений и т. п.). Эти физики были одновременно и химиками (М. Фарадей).

Процесс развития физической химии можно разбить на три периода:

1) 40—70-е годы — период формирования основных направлений физической химии (химия как наука о веществах, их превращениях и явлениях, сопровождающих эти превращения). Основная задача — изучение физических свойств и их связи с химическими для объяснения законов химического процесса, изучение явлений, сопровождающих химические изменения. Теоретическая база — атомно-молекулярная теория, теория теплоты, света и т. п., закон сохранения и превращения энергии. Расширилась экспериментальная база (применение калориметра, спектроскопа). Развиваются электрохимия (законы Фарадея), термохимия (закон Гесса), фотохимия (закон Роско), учение о равновесиях (А. Ле Шателье), термической диссоциации (Сент-Клер Девиль);

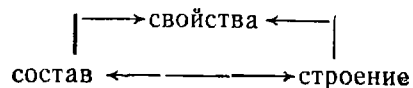
2) 70-е годы XIX в. — начало XX в. — возникновение химической термодинамики и химической кинетики (а также катализа) — двух важнейших физико-химических наук о химическом процессе;

3) 80—90-е годы XIX в. — начало XX в. — возникновение и борьба «химических» и «физических» теорий в физической химии. Третий этап развития физической химии связан с созданием теории строения атома и развитием электронных представлений в химии. Создаются современные представления о сущности химического процесса на уровне атомных и внутриатомных взаимодействий (химическая физика), разрабатывается теория цепных реакций, возникает радиационная химия и химическая механика.

На первом этапе развития физической химии в XIX в. последовательно решались вопросы, которые носили физико-химический и физический характер. Ученые выясняли связи физических и химических свойств вещества, разрабатывали учение об агрегатных

состояниях, учение о строении материи. В ходе выполнения указанной программы им неизбежно приходилось задумываться над рядом общих понятий (материя и энергия) и законов (сохранение материи и движения), а также конкретных представлений (удельные объемы, капиллярность, сжатие, масса и атомный вес, растворимость, сродство, плотность растворов). В первой половине и середине XIX в. бурно развивались такие области химии, как электрохимия и термодинамика, в физике — учение о теплоте, свете, электричестве и магнетизме.

Работая на материале органической и неорганической химии, сознавая, что при решении поставленных задач необходим учет всех факторов, определяющих химический процесс, такие ученые, как Ю. Томсен, М. Бертло, Сент-Клер Девиль, Д. И. Менделеев и другие, вынуждены были рассматривать многие аспекты учения о веществе. Их обычно схематически представляют теперь в виде треугольника:



Эти направления получили название молекулярной механики, физической химии, внутренней механики атомов и частиц. Они были связаны с развитием всего теоретического естествознания. Не все перечисленные здесь области могли получить существенное развитие в те годы. Обращение к актуальным практическим задачам (добыча и переработка нефти, воздухоплавание, метеорология, кораблестроение, метрология и т. п.) не раз приводило к решению практических нужд и давало важные теоретические результаты. В ходе их выполнения постепенно раскрывался и методологический аспект взаимосвязи физики и химии. Здесь нельзя не вспомнить, что, по мнению Д. И. Менделеева, физика является наукой о силах, тогда как химия — наукой о веществах, а поэтому физика является своеобразной методикой всего естествознания, так как не имеет «одного внешнего предмета» (т. е. ее объектами являются вся природа в целом и ее составляющие).

Выкристаллизовывалось мнение, что все «чисто» химические понятия *относительны*, так как, занимаясь изучением процессов *превращения* веществ, химики все свои понятия строили с учетом *взаимного* поведения реагирующих веществ и с учетом *условий* этого взаимодействия. Они убеждались в том, что химическое явление складывается из нескольких ступеней, разных по своей природе (химическая, качественная перестройка вещества сопровождается изменением физического состояния, его агрегатного состояния, структуры).

Физические понятия привлекали ученых своей *абсолютностью*, возможностью количественного описания в виде математических формул. Исследуя вещество с количественной стороны (физические свойства) и устанавливая связь химических свойств с физическими, а также изучая явления, сопровождающие химический

процесс (сжатие, теплота реакции и т. п.), химики надеялись сделать химию точной наукой.

Открытие периодического закона (особого закона, подобного которому еще не было ни в химии, ни в физике) лишь «подлило масла в огонь». Связь внешнего с внутренним, раскрытие природы периодичности — вот что толкнуло Д. И. Менделеева в конце 1871 г. обратиться вновь к исследованию газов — того классического объекта для построения новых теорий о строении материи, которые знала наука в XVIII—XIX вв.

Теперь уже хорошо известно, что в процессе познания сущности объектов и явлений формирование научных категорий осуществляется в такой последовательности: 1) исследование *отношений* между конкретными величинами; 2) установление *взаимосвязи* между изучаемыми объектами; 3) нахождение *функциональной зависимости* между исследуемыми свойствами.

В работах ученых второй половины XIX в. и в XX вв. прослеживается, как последовательно развивались указанные уровни на соответствующих этапах развития физической химии.

С развитием физической химии впервые и на широком числе объектов (органическая и неорганическая химия) удалось показать, какую роль могут играть физические и физико-химические исследования в формировании системы химических понятий, в создании новых химических понятий, в отыскании законов общей химии.

Создание химической статистики — науки о взаимосвязи свойств химических соединений с их составом и строением — определилось необходимостью решения задач, стоящих перед химией: 1) выявлением специфики и качественных отличий изучаемых объектов, т. е. в рамках сравнительного метода; 2) рассмотрением и сопоставлением таких понятий, как «физические и химические свойства», с одной стороны, и «химическая активность», «реакционная способность» — с другой, на основе взаимосвязи свойств простых и сложных веществ от состава и строения атомов. В последнем случае не только уточняются понятия «физические свойства», «реакционная способность», «электронное и пространственное строение», но и устанавливаются особенности причинно-следственных связей между макросвойствами и микросостояниями объектов.

Ученых всегда занимали две стороны протекания химического процесса: 1) внешние условия, при которых процесс начинается (действие теплоты, света, электрических сил); 2) явления, сопровождающие химический процесс (выделение теплоты, света). Какие же свойства веществ привлекали внимание ученых XIX в., какие теории в учении о химическом процессе им удалось создать и на что они опирались?

Конец XVIII и начало XIX в. ознаменовались фронтальным использованием электричества как метода исследования в естествознании. Классические исследования М. Фарадея привели к установлению законов *электрохимии*.

В. Оствальд в своей «Истории электрохимии» (1911) писал о

первых шагах проникновения учения об электричестве в химию: «...в XVIII столетии, когда знания явлений электрических стали быстро расширяться, связь их с явлениями химическими в первое время не намечалась даже как случайное наблюдение. Объясняется это тем особым обстоятельством, что все электрические генераторы, электрические машины, электрофоры и т. п. аппараты, одни только и известные в то время, имели одно общее свойство: они давали электрическую энергию высокого напряжения, но при весьма малом количестве электричества... Так могло развиться довольно широкое знакомство с так называемым статическим электричеством без всякой мысли о какой бы то ни было связи его с явлениями химическими»¹. Гальваническое электричество и «сухие батареи» — вот два открытия того периода, наиболее примечательные с точки зрения поставленных перед химией вопросов. Уже тогда наметилась известная дифференциация теорий, их раскрывающих, которая объяснялась начавшимся разделением труда в науке. Физики и химики давали разное объяснение фактам, известным в указанных областях электрохимии.

Первый этап в развитии электрохимии связан с работами М. Фарадея (1791—1867), приведшими к быстрому развитию того отдела электрохимии, который занимается изучением электролитического разложения веществ. Законы М. Фарадея были не только первыми итогами количественного изучения явления электролиза, но и способствовали торжеству атомно-молекулярного учения. Необходимо также отметить, что и М. Фарадеем, по существу, были установлены все важнейшие понятия в области электролиза и применены термины, которые используются до сих пор.

Второй этап развития электрохимии связан с изучением химических источников тока. Одним из первых понятий, которое приходилось рассматривать в этой области, было понятие электродвижущей силы. Практика здесь значительно опережала теорию. Элементы Ф. Даниеля, Б. Якоби получили широкую известность и использовались более 50 лет, прежде чем было найдено соответствующее теоретическое объяснение. Как заметил В. Оствальд, технически лучшее решение вопроса стало и научно лучшим решением. Теоретическое обоснование этим работам было найдено в результате развития того направления в изучении химического процесса, которое связано с учением об энергетике химического процесса. Его финал связан с переходом от общего (энергетика процессов вообще) к специфическому (электродный процесс), сопровождаемому установлением количественных отношений.

В 1841 г. были опубликованы работы Дж. Джоуля о переходе энергии химических процессов в электрическую. В те же годы был установлен закон Гесса, высказаны идеи о взаимном превращении энергии (Р. Майер, Дж. Джоуль, Г. Гельмгольц), установлено второе начало термодинамики (закон сохранения энергии как естественнонаучный закон). В результате уже в 1851 г.

¹ Оствальд В. История электрохимии. СПб., 1911, с. 47.

У. Томсон мог сформулировать следующий принцип: интенсивность (ЭДС) электрохимического аппарата в абсолютных мерах равна механическому эквиваленту химического действия в таком размере, который приходится на единицу силы тока в единицу времени.

В дальнейшем вопрос о мере перехода одного вида энергии в другой в элементах разного типа исследовался знаменитым термохимиком П. Фавром и не менее известным впоследствии физико-химиком Ф. Раулем (оба из Франции). Указанные авторы показали, что переход энергии химической реакции в электрохимическую не так прост, как представлялось на первый взгляд, и что теплота играет роль посредника лишь в предельных случаях. На самом деле нужно учитывать передачу теплоты (или обратное явление) в окружающую среду. Степень изолированности системы стала важным фактором в классификации процессов с точки зрения теплообмена.

Но лишь с развитием термодинамики вообще, и в частности учения о гетерогенном равновесии, были найдены все основные положения учения о преобразовании энергии химической реакции в электрическую (химические источники тока) и обратно (электролиз). Наиболее полную реализацию на практике они получили в XIX в. при разработке аккумуляторов, а в XX в. — топливных элементов.

Еще одной важной ветвью физической химии, сыгравшей решающую роль в формировании общей химии, была *термохимия*. Главное ее направление в первой половине XIX в. — изучение химического сродства путем рассмотрения теплот реакций или тепловых эффектов образования. Для изучения органических соединений аналогичную роль играло изучение теплот сгорания.

В дальнейшем термохимия (как способ определения энтальпии) стала играть ведущую роль в термодинамических расчетах.

История количественных закономерностей в термохимии относится к концу XVIII в., когда А. Лавуазье и П. Лаплас с помощью сконструированного ими ледяного калориметра (1780) определили теплоты целого ряда химических процессов. Это дало им возможность установить закон, который иногда называют первым законом термохимии: теплота прямой реакции по абсолютному значению равна теплоте обратной реакции, если состояние системы остается неизменным.

К 30-м годам XIX в. относятся термохимические исследования академика Г. И. Гесса, приведшие к установлению второго закона термохимии: тепловой эффект реакции не зависит от пути ее проведения (в изложении Г. И. Гесса этот закон постоянства количества теплоты сформулирован более пространно).

Третьей ветвью физической химии стала *фотохимия*, связанная с изучением взаимосвязи химических и световых явлений.

Т. Гротгус (1818) установил, что химическое действие может оказывать только тот свет, который поглощается веществом. Выведенный им первый закон фотохимии гласит: тело, цвет которого

противоположен данному цветному свету, наиболее сильно действует на него, независимо от его химической природы, и обратно, цветной свет в этом случае сильнее действует на данное тело.

В XIX в. было сконструировано много приборов, найдено значительное число фактов, которые вошли в историю фотохимии, однако, как и в случае спектрохимии, о ее развитии можно сказать: теория оптических явлений в химии была создана значительно позже, только после открытия теории строения атома, т. е. столетие спустя. Лишь в начале XX в. Я. Вант-Гофф понял, что необходимо учитывать не весь падающий на вещество свет, а лишь им поглощенный. Закон Вант-Гоффа (1904) установил связь скорости фотореакции с поглощенной в единицу времени световой энергией.

В 1912 г. А. Эйнштейн установил основной закон фотохимии — закон квантовой эквивалентности, согласно которому каждый поглощенный фотон $h\nu$ вызывает изменение одной молекулы. Развитие электрохимии, термохимии и фотохимии привело к возникновению важнейших составных частей химической динамики — к *кинетике* и *термодинамике*.

Среди количественных закономерностей, которым должен подчиняться химический процесс, исторически первым по праву должен считаться принцип Лавуазье—Лапласа, согласно которому в природе все системы стремятся к минимуму энергии. Этот принцип был установлен в 80-х годах XVIII в., после того как два указанных французских ученых построили ледяной калориметр и начали термохимические исследования.

С тех пор учение о химическом процессе прошло длинный путь развития, который вкратце можно обрисовать следующим образом. В химии были определены условия протекания химической реакции, явления, сопровождающие химический процесс, законы химического равновесия, химической кинетики, сущность каталитических явлений, механизмы разнообразных превращений. Атомно-молекулярная теория, закон сохранения энергии, периодический закон, теория строения атомов и молекул были вехами на этом пути. С их помощью формировался понятийный аппарат термохимии, химической термодинамики, химической кинетики, учения о катализе, статистической термодинамики, химической механики, наконец, физической химии и химической физики в целом. От изучения условий протекания химических процессов наука перешла к рассмотрению методов изучения вещества.

Так постепенно углублялось и развивалось представление о *химической реакции* — важнейшем понятии учения о химическом процессе, которое, подобно понятию о химическом элементе, прошло путь от эмпирического уровня до теоретико-познавательного. Была выяснена *специфика* химического превращения, отличие химических явлений от физических и биологических, переходы от одних явлений к другим. Были вскрыты также особенности взаимодействия веществ в зависимости от агрегатного состояния, природы химической связи, строения атомов, молекул и кристал-

лов, проведена классификация химических реакций. Эти открытия были очень важны для развития химической технологии и химической промышленности.

На примере взаимодействия химической промышленности и физической химии отчетливо видна определяющая роль практики. Достаточно в качестве примера привести промышленный синтез аммиака, доменный процесс или производство материалов с заранее заданными свойствами, которые способствовали созданию теории катализа, экстремальных состояний, химической кибернетики и др.

Формирование химической термодинамики. В первой половине XIX в. был открыт закон сохранения и превращения энергии, способствовавший разработке теории тепловых процессов (цикл Карно) и созданию термодинамики (первое начало термодинамики).

Возникновению химической термодинамики предшествовали работы в области термохимии, среди которых особое место занимает закон Гесса (закон сохранения энергии при химических реакциях).

Термохимия долгое время играла важную роль в описании химического сродства. Был установлен принцип наибольшей работы Берто — Томсена: всякое химическое превращение, протекающее без вмешательства посторонней энергии, стремится к образованию тела или системы тел, которые выделяют наибольшее количество теплоты.

Основное следствие из принципа наибольшей работы о самопроизвольном протекании экзотермических реакций не подтверждалось опытом. Во многих случаях, особенно при осуществлении реакций в растворах, самопроизвольно протекали и эндотермические реакции. Причина неприменимости высказанного М. Берто принципа ко всем химическим системам была найдена при термодинамической обработке термохимических данных (роль энтропии).

Прежде всего была подвергнута критике концепция Ю. Томсена, рассматривающего тепловой эффект химической реакции как меру химического сродства. Справедливости ради следует сказать, что и Ю. Томсен, и М. Берто, так же как и их современники, отмечавшие ограниченность установленного ими принципа, не отрицали зависимости теплоты от многих причин или изменений, сопровождающих химический процесс. Но, как подчеркивал А. Ле Шателье, некоторые их сторонники довели этот принцип до абсурда, чем дискредитировали его.

Я. Вант-Гофф в «Очерках по химической динамике» (1884) рассмотрел границы применимости указанного принципа и использованные его авторами термины. Он показал, в чем состоит отличие понятий «теплота» и «работа химической реакции». При этом Я. Вант-Гофф опирался на сформулированный им *принцип подвижного равновесия* (или смещения равновесия с изменением температуры) и предложенное им уравнение изохоры химической реакции.

Критическое отношение к принципу наибольшей работы было высказано теми учеными, которые занимались изучением химического равновесия (А. Л. Потылицын, Д. И. Менделеев), но до термодинамического анализа этого принципа Я. Вант-Гофф сумел подняться потому, что нашел удачную форму обобщения материала по равновесиям с помощью дифференциального уравнения, связавшего скорости прямой и обратной реакций.

В развитии представлений о равновесии важную роль сыграли работы Сент-Клер Девиля по определению явления термической диссоциации (1857), кинетическая теория газов (Р. Клаузиус, 1857), закон Кирхгофа (о зависимости теплового эффекта от температуры, выражаемой через разность теплоемкостей начальных и конечных веществ, 1858), законы распределения Максвелла, установление закона действующих масс (1864—1879), установление понятия энтропии (Р. Клаузиус, 1865).

Разработка молекулярно-кинетического толкования второго начала термодинамики, а затем статистического смысла понятия «энтропия» привела к созданию химической термодинамики (А. Горстман, Г. Гельмгольц, У. Гиббс, Я. Вант-Гофф и др.), которому способствовали работы А. Горстмана по применению термодинамики к явлениям диссоциации (1873) и работы Л. Больцмана по статистическому истолкованию второго начала термодинамики (1885).

Основные уравнения термодинамики, в том числе

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S,$$

где ΔG — изменение свободной энергии Гиббса (изобарно-изотермический потенциал), ΔH — изменение энтальпии системы, T — абсолютная температура, ΔS — изменение энтропии системы. Они позволили оценить наиболее полно возможность протекания химического процесса в определенном направлении, показали специфику химического равновесия. Свободная энергия системы оказалась той величиной, которая учитывает противоречивость химического состояния и подвижный характер равновесия.

Понятия «система», «фаза», «компонент», «химический потенциал» были выражены через правило фаз Гиббса (1876) и закон Нернста (1906). Понятия «фазовый переход» и «химическая реакция» зафиксировали различие физических и химических явлений и взаимосвязь между ними.

Квантовая теория теплоемкости (В. Нернст, А. Эйнштейн, П. Дебай, 1909—1912) привела к разработке понятия о термодинамической активности (Г. Льюис, 1907—1923), введение статистической термодинамики завершило эту линию развития физической химии.

Формирование химической кинетики. Первая количественная теория скоростей химических реакций была предложена Л. Вильгельми в 1850 г. в результате изучения инверсии сахара. В работе «Закон действия кислот на тростниковый сахар» он впервые ввел

математическое описание скорости химической реакции как изменения количества вещества в единицу времени.

В 1851 г. А. Вильямсон ввел динамическое представление о равновесии как состоянии равенства скоростей прямой и обратной реакций. В 60-х годах XIX в. математической обработкой полученных к тому времени результатов измерения скоростей химических реакций (главным образом, органических соединений) занялись норвежские ученые К. Гульдберг и П. Вааге. Они установили основной закон формальной кинетики, выражаемый ныне формулой:

$$v = knc_i,$$

где v — скорость реакции, k — константа скорости, а nc_i — математическое выражение произведения скорости реакции для i компонентов.

Однако только после работ Я. Вант-Гоффа и С. Аррениуса был раскрыт физико-химический смысл этого закона действующих масс: произведение концентраций — статистический процесс, константа скорости характеризует отбор частиц по энергии и геометрии.

В монографии «Очерки по химической динамике» (1884) Я. Вант-Гофф ввел представление о молекулярности реакции и использовал его для выражения скорости.

Отступление от этих уравнений при их проверке на опыте, значительное для реакций в растворах, Я. Вант-Гофф объяснял влиянием среды и другими причинами «вторичного происхождения».

Вопросу о влиянии среды на скорость реакций этерификации посвятил несколько работ Н. А. Меншуткин (1877—1890) — основатель первой отечественной школы в области химической кинетики.

С. Аррениус для объяснения «отбора по энергии» ввел термин «активные молекулы» и дал аналитическое выражение для этого понятия, связав его с уравнением изохоры реакции. Он рассмотрел также вопрос об увеличении числа активных молекул с увеличением температуры.

Следующая серия работ по учету «отбора» была выполнена Г. Эйрингом и М. Полянью, приблизившими трактовку отбора к некоторым представлениям об индивидуальности молекул, роли строения реагирующих частиц (стерический фактор) в элементарном акте взаимодействия. Г. Эйринг ввел также представление об активированном комплексе (1935).

Понятие о переходном состоянии в процессе химической реакции рассматривалось с точки зрения вопроса о необходимости объяснить, как преодолевается потенциальный барьер, разделяющий два состояния системы.

За 125 лет существования химической кинетики был накоплен огромный экспериментальный материал, систематизированы дан-

ные, относящиеся к скоростям реакций, протекающим между различными по природе веществами, находящимися в различных агрегатных состояниях. Если вначале преимущественно развивались исследования кинетики быстрых газовых реакций (диктовалось необходимостью изучить причину взрывов в шахтах), а также медленно протекающих реакций между органическими веществами, то в последние десятилетия XX в. диапазон исследований значительно расширился: от изучения скорости течения геологических процессов до изучения скорости биохимических процессов. Особенно выделяются своим обилием и блестящими последствиями исследования по скорости цепных реакций, выполняемые школой Н. Н. Семенова, начиная с 20-х годов XX в.

§ 3. Методологические уроки исторического развития химии

Наука в одно и то же время и средство, и цель: средство достижения благ, цель изучения природы. Как труд и работа, по Д. И. Менделееву: труд — это высокое (цель) и всеобщее, работа — утилитарное, сегодняшнее, для сохранения и воспроизводства рода.

В том, чем занимается химия, очень сильно нуждается человечество. С добычей огня люди случайность (например, пожар от молнии) превратили в необходимость, в неотъемлемую часть и своего существования, и существования Земли. Началась массовая добыча полезных ископаемых в рудниках, их переработка в горах, плавильнях и т. п. Переход от кочевой к оседлой жизни — результат определенного овладения тайнами природы, но следствием этого явилось также первое крупное экологическое воздействие.

Химия всегда была наукой о веществах, материалах и источниках энергии, необходимых для удовлетворения жизненных потребностей человека как биологического и социального феномена.

Химические знания исторически были признаны важными и массовыми знаниями, которые человечество рассматривало как практически ценные на всех этапах своего существования. Таких сведений человечеству нужно было много: лечение, питание, обогрев и т. д. Искусство и ремесло — вот с чего начиналась химия в первую очередь. Как наука она развивалась много позже. С этого противоречия между практически ценными, но получаемыми эмпирически данными (органы чувств, эксперимент методом проб и ошибок) и отсутствием их обобщения, теоретически истолкованного, и началось формирование этой науки. В противоречии между теорией, отстающей по времени, которая объяснила бы найденное и предсказывала бы новые факты¹, и практикой, имевшей огромные по своему значению результаты, состояла первая методологическая проблема. Появление этого противоречия и

¹ Противоречие между количеством полученных результатов и найденными им объяснениями.

этой проблемы связано с тем, что причина химических явлений и процессов лежит в скрытых от нашего глаза внутреннем строении вещества и свойствах его составных частей, т. е., как говорят теперь, она определяется микросостояниями. Астрономия и механика, изучавшие перемещения или движения тел в пространстве, сумели их не столько объяснить, сколько математически описать. Химия же вначале вынуждена была пользоваться приемами сравнительного описания, в чем не могла преуспеть, как ботаника и зоология. Объекты последних (а не биологии вообще) были достаточно «морфологичны» при всем их разнообразии. Это же касается и минералогии, описывающей минералы, но не геологии и тем более геохимии, предмет которых иной. Одним словом, явления природы отличались своей сложностью, масштабами, и все это освещалось в определенной последовательности, с разной глубиной и полнотой.

Химия оказалась «на переломе». Д. И. Менделеев писал в «Основах химии», что, например, механические движения частей машины или небесных светил суть движения больших масс, части которых ясно различаются нами.

Для того чтобы называться наукой теоретической, химии надо было познать самое себя, т. е. свои объекты, роль различных методов в получении конкретного знания о природе вещей и явлений, систему своих понятий в их абстрактной и конкретной реальности (системность, иерархия понятий, ядро и периферия и т. п.).

Первое, с чего начал человек познавательную деятельность в области химии, как уже отмечалось, было определение свойств, т. е. распознавание и изучение свойств тех окружающих его вещей, которые годились в пищу или применялись при добывании пищи, одежды, для создания жилища, для защиты от нападения, наконец, для добывания и поддержания огня, а потом использовались при земледелии, скотоводстве и т. д. Изучение этих веществ привело человечество к потребности проникнуть в причины возникновения найденных свойств или качеств. Начинать приходилось с состава, хотя первые сведения о строении, правда умозрительные, тоже были получены довольно давно.

Однако до раскрытия причинно-следственных связей макросвойств или свойств макротел от их состава и строения (на более глубоком атомном и внутриатомном уровне) было еще далеко. Поэтому первым возник сравнительный метод — основа эмпирического знания. В каждой науке этот метод имеет свои модификации.

В химии изучение абсолютных значений свойств иногда оказывается необязательным (конечно, не излишним), так как важнейшие химические свойства относительно (кислотно-основные, окислительно-восстановительные, «смена» активности). Поэтому ведущим методом формирования теоретического знания из эмпирического и стало составление рядов активности, плеяд соединений, гомологов и аналогов.

При допущении аддитивности свойств вещества изучались и

вычислялись свойства его частей. Так возникло представление об атомных и удельных объемах в предположении, что атомы — шарики, а химическая «связь» происходит при их соприкосновении.

Важное место занимала индивидуальность отдельных элементов в определении химизма некоторых свойств. Это проявилось в происхождении терминов: «окисление» — от кислорода, «кислота» — от кислорода.

Методологические уроки исторического развития химии заключаются в следующем:

1. *Пересмотр исторически сложившихся понятий, переоценка фактов.* Примером последнего может служить оценка открытия соединения углерода с кислородом (CO_2), которое было найдено при наблюдении различных процессов: при горении органических соединений и углерода, при брожении и скисании продуктов, при некоторых химических реакциях (взаимодействие карбонатов с кислотами). Этому соединению нередко давалось разное название (лесной газ и др.). Но только Я. Ван-Гельмонт, установив идентичность свойств полученного различными способами газообразного соединения, догадался о тождественности его состава, что имело большое значение для определения программы исследований (теория флогистона, пневматическая химия, вплоть до создания кислородной системы Лавуазье).

Второй пример — попытка выяснить природу химического свойства. Предпринимались исследования «типичных» соединений (таблицы «жадности» кислот при взаимодействии с основаниями), измерения сжатия при взаимодействии жидких тел (например, спирт и вода), вводилось представление об электрической природе сил, а затем о «химической активности» (окислительно-восстановительные ряды и «типичные» естественные группы элементов — галогены и щелочные металлы). Только с середины XIX в. эта проблема была разрешена вначале в рамках термодинамики и кинетики (направление процесса, изучение статистических факторов), а в дальнейшем в причинно-следственном плане (строение индивидуальных частиц и природа элементарного химического акта).

Третий пример — расщепление понятия валентности, возникшего вначале в результате систематизации состава газообразных (или летучих) молекулярных и, как выяснилось позже, ковалентных и сравнительно малополярных соединений.

Все эти примеры показывают изменение роли и даже смещение акцентов в признании тех или иных научных, учебных и исторических фактов и понятий. Принцип научности оказался связан с идеями интервальности¹ в применимости найденных законов, а также неопределенности и дополнительности, что объясняется уровнями рассмотрения. Трансформация же фактов и понятий из научных в учебные оказалась связанной с принципами историзма и соответствия исторического и логического.

¹ Под принципом интервальности понимают сферу действия данного закона.

2. *Неравномерность появления информации об основных формах организации вещества привела и к неравномерности формирования концептуальных систем химии и к гиперболизации некоторых представлений* (молекула, валентность, аддитивность свойств), что имело мировоззренческую природу и нежелательные последствия (механицизм при понимании более сложных явлений).

Такие основные законы химии, как законы кратных отношений и постоянства состава, сформировались при изучении газообразного состояния, т. е. без учета их химизма. О роли этих законов, а также о роли закона парциального давления газов Дальтона, закона растворимости газов в жидкостях Генри в создании атомной теории, законов Гей-Люссака и Шарля при установлении законов Ампера — Авогадро уже упоминалось (с. 10). На базе молекулярной теории было создано учение о составе органических соединений и сформулирована теория их химического строения, в которой важное значение имело представление о четырехвалентности углерода во всех органических молекулах. Однако попытки распространить эту теорию на неорганические соединения натолкнулись на значительные трудности (различие валентности по водороду RH_n и по кислороду RO , хотя оба соединения — газообразны), главные из которых связаны с тем, что большинство неорганических соединений отнюдь не молекулярного строения: кристаллические полимеры, подобные силикатам; ионные кристаллы, характеризующиеся отсутствием насыщения химических связей; комплексные соединения, подобные хлориду аммония или кристаллогидратам, наподобие «медного купороса», с соответствующими координационными числами, что связано с использованием «неподеленных» электронных пар и валентных орбиталей, и т. д. Перечисление этих терминов подтверждает, что соответствующие представления могли быть разработаны только при создании электронных теорий строения веществ (электронное и пространственное строение).

Указанные примеры показывают, что рост теоретических знаний значительно отставал от получения нового знания, ибо потребность в получении веществ и источников энергии возникла с появлением человеческого общества, а для приращения знания информации было недостаточно. Систематизация материала по химии совершалась под влиянием успехов других наук (ботаника, зоология, минералогия), но для ее объяснения не хватало знаний по физике.

3. *Как только наука стала непосредственной производительной силой, в химии резко возросла роль прикладного знания* (физическая химия и ее роль в развитии химической технологии, в разработке основ управления химическими процессами и металлургическими процессами). Физика, химическая технология, генетика и биотехнология стали решающими факторами в разработке глобальных проблем современности. Вместе с этим были разработаны приемы восхождения от абстрактного к конкретному, и на этом

пути важную роль сыграли аналитическая химия и химическая метрология (повышение точности, чувствительности, качества изделий, материалов и их композиций).

Глава II. МАРКСИСТСКО-ЛЕНИНСКАЯ ФИЛОСОФИЯ КАК ВСЕОБЩАЯ МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

§ 1. Методология как наука о путях приращения и упорядочения знания

Методология (дословно — учение о методе) в настоящее время определяется как наука о путях и средствах рационализации научной деятельности, приращения нового знания. *Метод* (от греч. — *преследовать, идти следом*) — вначале образ охоты за зверем или преследования преступника, затем, начиная с Платона, термин, обозначающий путь исследования, ведущий к истине, совокупность логических приемов достижения знания.

Приращение нового знания возможно как логическим путем, с помощью метода, так и эмпирически, через опыт, эксперимент. Однако и опыт, и эксперимент только тогда могут привести к новому знанию, когда они соответствующим образом организованы, когда разработана методика их подготовки и проведения. Именно поэтому можно утверждать, что метод, как общая стратегическая линия исследования, и методики, как тактические разработки, выполняющие частные задачи на этом пути, лежат в основе приращения всего научного знания.

Существуют методы конкретно-научные (например, метод условных рефлексов в физиологии), общенаучные (например, метод дедукции) и философские (диалектические). Конкретно-научная методология изучает методы конкретных наук; философия, как общенаучная методология, изучает диалектические методы, а также их взаимосвязь с методами конкретных наук. Общенаучные методы изучаются и представителями частных наук, и философами. Таким образом, существует три рода методов, но только две методологии.

Нельзя изучать современную науку (учебный предмет), не знакомясь с одной из ее областей — методологией науки. Методология науки призвана сыграть большую роль в понимании принципов отбора учебного материала, применения методов обучения, рассмотрения задач и целей обучения.

Поскольку метод является основным теоретическим инструментом получения и упорядочения научного знания, постольку лишь с разработкой собственного метода, соответствующего содержанию науки, к ней приходит подлинная зрелость. В философии диалектический метод впервые был разработан (на идеалистической основе) Г. Гегелем. В химии аналогичную задачу выполнил Д. И. Менделеев.

Некоторые авторы уподобляют методологию костяку, скелету

в организме животного. Если простейшие животные (например, устрицы, черепахи) носят скелет снаружи, то высшие животные — внутри. Он становится их внутренней опорой. Так же и в развитии науки, где на ранних стадиях зачастую заимствуются «чужие» методы более развитых наук, и лишь на высшем методологическом уровне данная наука начинает организовываться собственными силами, когда метод совпадает с ее собственным содержанием.

Несколько слов о «чужих» методах. Сейчас все науки пользуются богатым арсеналом как «своих», так и «чужих» методов. Причем использование «чужих», т. е. разработанных другими науками, методов оказывается подчас очень эффективным. Это объясняется тем, что, когда в науке разработан собственный метод, тогда другие методы применяются в «его ключе» и фактически «чужими» уже не являются. Иными словами, заимствованные из других наук методы являются «чужими» до тех пор, пока наука не разработала собственного.

Известный парадокс на стадии зрелости науки состоит в том, что чем более сознательно и правильно применяется собственный метод науки, тем менее он заметен, так как метод познания становится все более тождествен (однако никогда не сливаясь, ибо тождество это диалектическое) природе исследуемого явления. Это, в свою очередь, порождает иллюзию, будто диалектика и есть диалектический метод.

Ошибочность отождествления диалектического метода с диалектикой в целом можно показать, только выделив метод в «чистом виде». Для этого придется обратиться к Г. Гегелю как родоначальнику диалектического метода. Собственно, учение о методе является главным и наиболее ценным в его философии, что неоднократно подчеркивал сам Г. Гегель. При всей своей самодисциплине и скромности он многократно, и в самых гордых выражениях, отмечал эту свою заслугу, когда, например, утверждал, что философия может быть объективной доказательной наукой только на основе разработанного им метода, что его метод, допуская многочисленные усовершенствования в частности, является в то же время единственно истинным.

Очень высоко ценили гегелевский метод классики марксизма-ленинизма. В пору работы над первым томом «Капитала» К. Маркс признавался в письме Ф. Энгельсу, что в методе обработки материала ему очень помогла «Логика» Г. Гегеля и что он с большим удовольствием изложил бы «то рациональное, что есть в методе, который Гегель открыл, но в то же время и мистифицировал»¹. Ядром гегелевской логики, заключающим в себе действительное открытие, назвал этот диалектический метод Ф. Энгельс. Итогом и резюме, сутью логики Гегеля назвал его диалектический метод В. И. Ленин.

Г. Гегель не только открыл диалектический метод, но и дал до-

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 29, с. 212.

вольно развернутую его теорию. Попробуем изложить эту теорию материалистически, используя дальнейшую ее разработку в трудах классиков марксизма-ленинизма.

Абсолютный, или диалектический, метод познания Г. Гегель характеризовал как движение мышления по формуле отрицания отрицания. На первом этапе этого движения ученый отходит от конкретной целостности предмета, данной нам на чувственном уровне познания (т. е. отрицает его), и силой абстракции проникает в его суть, т. е. выявляет его основные противоположности. В диалектике этот процесс характеризуется как раздвоение единого и познание противоречивых частей его или как восхождение от явления к сущности. На выявлении основных противоположностей метафизика и останавливается. Диалектика идет дальше. Понимая выявленные противоположности как абстрактные крайние моменты, она в ходе второго отрицания восстанавливает исходную целостность предмета, но уже на новом — логическом — уровне, т. е. в единстве его явления и сущности. Поскольку первый путь познания, первое отрицание связано с раздвоением единого, постольку это отрицание называется *аналитическим*. Второе отрицание, результатом которого является конкретное как синтез многих определений, называется *синтетическим*. Первое отрицание называется также *абстрактным*, так как в ходе его осуществляется переход от чувственно-конкретного к абстрактному уровню познания. Второе отрицание называется *конкретным*, ибо оно соответствует движению мышления от абстрактного к духовно-конкретному.

Очищенное от мистической оболочки и позднейших наслоений рациональное в гегелевском отрицании отрицания заключается в том, что это действительно единственно возможная форма познания диалектического противоречия: мы не можем познать, выразить диалектического противоречия иначе, как вначале разорвав единое (т. е. живую конкретную целостность, присущую предмету), а затем вновь соединив его (т. е. восстановив в мышлении утраченную целостность).

Важной характеристикой метода является его всеобщность и отсюда его применимость к любому предмету данной науки. Любой предмет, процесс — суть противоречие. Познать его — значит познать сначала одну сторону этого противоречия, затем другую. И лишь на основе изолированного их рассмотрения ученый доходит до осознания единства этих сторон. Поскольку объективное противоречие является абсолютным — оно составляет сущность любого предмета, процесса, — постольку всеобщей (абсолютной) формой его познания и является отрицание отрицания. Метод как форма всеобщего, применяемый к индивидуальному, конкретному, дает в итоге конкретно всеобщее, т. е. особенное. Иными словами, метод как абстрактная форма фиксации противоречия вообще, применяемый к исследованию единичного, конкретного предмета с присущим ему конкретным противоречием, дает в итоге целостное знание предмета в единстве конкретного и всеобщего.

Важнейшей особенностью метода является двойственная, объектно-субъектная природа его. Г. Гегель, видимо, был первым, кто разгадал природу научного метода. Метод — продукт логического мышления, и как таковой он должен соответствовать движению теоретического познания. Но чтобы давать объективное знание, метод должен соответствовать и содержанию предмета познания. Действительно, метод выступает как двуликий Янус, повернутый одним лицом к объекту познания, а другим — к субъекту. В природе методов нет. Методы — это разработанные человеком логические приемы правильного познания. Будучи принадлежностью логического мышления, метод и имеет природу мышления. С другой стороны, метод — это ключ к тайнам природы, и как таковой он должен подходить к двери, открывающей эту тайну, т. е. быть адекватным природе объекта познания.

Всякая аналогия условна, но она позволяет сразу схватить суть. Когда человек забивает гвоздь, то предметом его работы является именно этот гвоздь, а инструментом — молоток. Никто не забивает гвоздь гвоздем — предмет и инструмент не могут быть тождественны. Но между ними должно быть соответствие. В частности, железные гвозди забивают железным молотком, а деревянные — деревянным. И у гвоздя, и у молотка поверхности соприкосновения равно плоские. В то же время молоток должен быть удобен, соответствовать человеку, т. е. его деревянная ручка соразмерна сжатой кисти человека.

Такова же природа и всякого метода, в том числе и диалектического — отрицания отрицания, который имеет общую природу как с познанием, так и с его предметом. Отрицанию отрицания, как элементу субъективной диалектики, присущ обусловленный спецификой познания разрыв основных компонентов, соединенных специфическими для познания отрицаниями. Если стороны объективного противоречия образуют живую нерасторжимую целостность и отрицание одной из сторон противоречия есть отрицание, гибель всего явления в целом, то в познании основные компоненты рассматриваются в отдельности и связь между ними осуществляется посредством первого (аналитического, абстрактного) и второго (синтетического, конкретного) отрицаний. Именно особая природа отрицаний и особая их последовательность, связь — то новое, что определяется спецификой мышления, и чего нет в законе единства и борьбы противоположностей.

В то же время основные компоненты отрицания отрицания накладываются, тождественны основным моментам объективного противоречия, где тезису, антитезису и синтезу отрицания отрицания соответствуют противоположные стороны и их единство в реальном противоречии. Двойственная природа философского метода вселяет уверенность в достижение объективной истины.

До сих пор в изложении гегелевской теории метода берется лишь одна сторона — метод тождествен содержанию предмета изучения, другая же, не менее важная сторона — тождественность метода природе мышления в силу принадлежности его диалектике

познания, субъективной диалектике — обычно опускается. Отсюда и вытекает ошибочное мнение, что диалектика и есть метод, между тем как элементы диалектики не есть, а могут быть методом, если они обретут форму, учитывающую специфику движения познания.

Законы диалектики, будучи общими как для внешнего мира, так и для мышления, именно в силу этой общности не раскрывают той специфики, которой характеризуется процесс познания, метод достижения научных и практических результатов. Поэтому основные элементы диалектики не есть диалектический метод. Чтобы выполнить роль метода, общая форма законов и категорий должна быть конкретизирована рядом правил и требований и тем самым приобрести специфику закономерности диалектического процесса познания. Так, чтобы выполнить роль метода, основной диалектический принцип, характеризующий суть всех вещей и процессов, — единство и борьба противоположностей, должен приобрести превращенную форму, каковой и является отрицание отрицания в своей исторически исходной триадической форме.

Аналогично и законы отдельных наук не могут непосредственно выполнять роль метода данных наук. Например, периодический закон Д. И. Менделеева не может непосредственно выполнять функцию метода при открытии новых элементов. Он скорее служит целью, указателем, что искать, в то время как метод является средством достижения цели. Периодический закон был в основе поисков группой ученых металлургической лаборатории Чикагского университета нового элемента под № 95, но для обнаружения его был использован метод бомбардировки плутония нейтронами и ядрами гелия. Для отделения же элемента № 95 (америдий) от № 96 (кюрид) был освоен метод ионообменной хроматографии. Таким образом, если законы можно сравнить с указателями на дороге, то методы — со средством передвижения по ней.

Отрицание отрицания Г. Гегель называл абсолютным методом познания. В марксистской литературе широко распространена точка зрения, что абсолютного метода не существует. Если под абсолютным понимать метод, который заменяет собой абсолютно все другие методы, то такого метода действительно нет. Абсолютный метод есть метод, всеобщую форму которого принимают абсолютно все методы, если применение их доводится диалектически до конца. Отрицание отрицания есть форма отражения в познании абсолютного диалектического противоречия. Мы не настаиваем на прилагательном «абсолютный», как не настаивал и Г. Гегель, называя этот метод и единственно истинным, и диалектическим. Можно дать название «всеобщий». Все названия верны, суть не меняется. Здесь диалектика отношения отдельного и всеобщего: в каждом отдельном есть всеобщее, всеобщее существует через отдельное. Отрицание отрицания — это собственно диалектический метод, что обуславливает его универсальность, всеобщность по отношению ко всем другим методам, заимствованным философией из конкретных наук. Именно в силу абсолютности объ-

ективного противоречия абсолютной формой его познания и выражения и является абсолютный метод.

В процессе движения научного познания от живого созерцания к теории происходит смена одного научного метода другим, их синтез и «снятие» друг в друге. Этому переходу дают, со ссылкой на К. Маркса, следующие названия: обращение метода, оборачивание метода. Как бы ни был хорош любой отдельно взятый метод, в ходе научного исследования возникает необходимость перейти к использованию противоположного (и потому столь же одностороннего) метода. Например, метод индукции обращается в метод дедукции. Это оборачивание методов, означающее их взаимодополнение, «снятие» одной противоположности другой, осуществляется путем отрицания отрицания. Эта закономерность действительна и для химии¹. Именно потому, что отрицание отрицания является общей формулой движения всех конкретных методов, определение его как абсолютный (в значении — всеобщий, диалектический) является обоснованным.

Хотя Г. Гегель и полагал, что в науке как таковой может существовать лишь один метод, в действительности же он дал философии ее собственных два метода: метод восхождения от абстрактного к конкретному, в основе которого лежит механизм отрицания отрицания, и метод единства исторического и логического. Второй метод имеет такую же двойственную, объектно-субъектную природу, как и первый. Двойственная природа метода выражена уже в самом названии его, где «историческое» обращено прежде всего к объекту познания, а «логическое» — к субъекту. Сложный характер соотношения этих двух сторон метода показал К. Маркс, который, в частности, отметил, что «было бы недопустимым и ошибочным брать экономические категории в той последовательности, в которой они исторически играли решающую роль»². (До сих пор еще не всеми осознана эта нетождественность исторического и логического, до сих пор еще отдельные философы полагают, что логическая последовательность категорий в системе должна лишь отражать историю их появления.) Основоположники марксизма не только постоянно подчеркивали взаимосвязанность рассматриваемых двух общеполитических методов, но и показали применимость их к исследованию конкретной науки — политэкономии капитализма.

Указанные две стороны, выражающие сущность диалектического метода, диалектической логики, едины, так как обе они обусловлены противоречивой природой объектов. Но если отрицание отрицания дает знание структуры противоречия, то единство исторического и логического показывает основные ступени, этапы его развития. Г. Гегель смешивал рассматриваемые два момента, две стороны диалектического метода, ибо у него осознание сто-

¹ См.: Жданов Ю. А. Обращение метода в органической химии. Ростов н/Д, 1963.

² Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 12, с. 734.

рон противоречия отождествлялось с движением самого этого противоречия, вследствие чего в его философии диалектический процесс и тройственный ритм в известном смысле выступают как тождественные. В действительности же отрицание отрицания является хотя и существенной, но все же только стороной диалектического метода. Собственное развитие предмета вскрывает не метод восхождения от абстрактного к конкретному, а метод единства исторического и логического. Первый метод главенствует при системном подходе, второй — при историческом; всестороннее рассмотрение требует привлечения обоих методов (обеих сторон метода).

К. Маркс различал не только оба этих метода, но и условия их применения, о чем свидетельствует следующий отрывок из его письма к Ф. Энгельсу: «Точно так же и переход от земельной собственности к наемному труду изображается не только диалектически, но и исторически, поскольку конечным продуктом современной земельной собственности является всеобщее установление наемного труда, который затем выступает в качестве базиса всей дряни»¹. Здесь, следуя идущей от Г. Гегеля традиции, К. Маркс метод перехода от анализа к синтезу называет диалектическим, поскольку он обращен к сути диалектики, к противоречию. Разумеется, оба метода одинаково диалектичны, но значение их может быть неодинаковым. Так, при разработке системы науки с достаточно развитым категориальным аппаратом, где главная задача состоит в воссоздании живого саморегулирующегося целого из разрозненных абстрактных отношений, ведущим, «сквозным» является именно диалектический метод, исторический же метод становится ведущим лишь при решении отдельных вопросов. Не случайно К. Маркс исторический очерк развития экономических категорий или отношений предполагал дать только в третьей своей книге по политической экономии (фактически он был дан в четвертом томе «Капитала»).

В марксистской философии восхождение от абстрактного к конкретному и единство исторического и логического трактуются и как стороны единого диалектического метода, и как два диалектических метода. Оба подхода имеют свое основание. Поскольку сущность явления определяется его историей, а история явления определяется его сущностью, постольку метод проникновения в сущность предмета и метод вскрытия логики его развития едины, взаимодополняют друг друга. Тем не менее мы считаем сейчас более важным для науки упор делать на их различии, дабы избежать ошибки Г. Гегеля, отождествлявшего прием познания объекта с движением самого этого объекта, тем более что это отождествление продолжается и поныне. И это несмотря на то, что К. Маркс, критикуя гегелевскую онтологизацию формулы метода, категорически заявил, что «метод восхождения от абстрактного к конкретному есть лишь тот способ, при помощи которого мышле-

ние усваивает себе конкретное, воспроизводит его как духовно конкретное. Однако это ни в коем случае не есть процесс возникновения самого конкретного»¹.

Восхождение от абстрактного к конкретному характеризует движение, но движение не реального предмета (который всегда есть конкретная живая целостность), а «мыслящей головы», осваивающей для себя эту целостность единственно возможным для нее способом. В самом конце параграфа, посвященного методу политической экономии, К. Маркс еще раз отмечает, что у него отношение экономических категорий «прямо противоположно тому, которое представляется естественным или соответствует последовательности исторического развития»².

К. Маркс, отмечая, что его метод противоположен методу Г. Гегеля по основе (материалистический, а не идеалистический), в то же время соглашается с основными признаками, содержанием гегелевского метода. Первый этап метода, первый путь начинается с восприятия живого целого и заканчивается тем, что «путем анализа выделяют некоторые определяющие абстрактные всеобщие отношения...»³. Как только эти отдельные моменты абстрагированы и зафиксированы, начинается второй путь, связанный с возникновением экономических систем и проявляющийся в восхождении от простейшего — абстрактных отношений — к конкретному, которое «потому конкретно, что оно есть синтез многих определений, следовательно единство многообразного... На первом пути полное представление подверглось испарению путем превращения его в абстрактные определения, на втором пути абстрактные определения ведут к воспроизведению конкретного посредством мышления»⁴.

Как видим, основные характеристики метода Гегеля сохраняются и получают материалистическое истолкование в методе К. Маркса, за исключением одного: вместо гегелевских аналитического и синтетического отрицаний у К. Маркса аналитический и синтетический путь. И это четко показывает, что переход от анализа к синтезу есть не мгновенный акт, совершаемый по вдохновению или произволу исследователя, а многотрудный процесс, длящийся иногда столетиями. Не случайно К. Маркс использовал для его обозначения альпинистский термин «восхождение», и не случайно успех в науке он ставил в зависимость от способности карабкаться по ее каменистым тропам. Существует и еще причина, почему К. Маркс называл свой метод не «отрицание отрицания» (как Г. Гегель), а «восхождение от абстрактного к конкретному». Потому, как об этом пишет сам К. Маркс, что первый путь метода — от живого целого к абстрактным определениям — был уже пройден экономистами предшествующих столе-

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 46, ч. I, с. 37—38.

² Там же, с. 44.

³ Там же, с. 37.

⁴ Там же.

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 29, с. 254.

тий, вследствие чего К. Маркс, разрабатывая экономическую систему¹, ударение перенес на вторую, синтезирующую часть метода — восхождение от абстрактного (ранее уже выделенного другими авторами) к конкретному. Впрочем, К. Маркс иногда проходил и первую часть пути, когда, например, он разрабатывал понятия «абстрактный труд», «прибавочная стоимость». Поэтому в целом этот метод (эту часть метода) правильнее было бы назвать так: восхождение от чувственно-конкретного к абстрактному и от абстрактного — к духовно-конкретному посредством аналитического (абстрактного) и синтетического (конкретного) отрицаний. Можно также сохранить и традиционное название «восхождение от абстрактного к конкретному», если понимать под ним метод в целом, с двумя ему присущими путями (отрицаниями).

Восхождение от абстрактного к конкретному или от эмпирии и умозрения к теории осуществляется не силою «мыслящего разума» (Г. Гегель), не непосредственно, а при помощи целого набора эмпирических и теоретических методов. Так, определенными вехами в эмпирическом исследовании является элементарный эмпирический закон, интегральный эмпирический закон, фундаментальный эмпирический закон, нефундаментальное эмпирическое исследование... В марксистской философии отмечается, что диалектический метод выполняет роль стратегии и применяется не отдельно от частнонаучных, не наряду с ними, а в них и через них. Это значит, что формула отрицания отрицания является лишь самой общей характеристикой познавательного процесса, который в действительности проходит гораздо более сложный и многоступенчатый путь.

Диалектический способ изложения материала, основанный на формулировании каждого противоречия как антиномии (неразрешимое противоречие), как столкновение тезиса и антитезиса, получающего свое диалектическое разрешение в синтезе, воплощающем действительную целостность предмета познания, наглядно проявляется в оглавлении как гегелевской «Логики», так и «Капитала» К. Маркса. Напомним, что первая книга «Капитала» называется «Процесс производства капитала», вторая — «Процесс обращения капитала», третья — «Процесс капиталистического производства, взятый в целом».

Такое изложение, будучи идеальным воспроизведением противоречивости объекта исследования, проявляется и в изложении материала самой книги. Первый отдел первого тома «Капитала» посвящен «обращению» (т. е. переходу в противоположность) товара в деньги. Во втором отделе «Превращение денег в капитал» капитал рассматривается как единство товара и денег, в котором «примирились» единичность товара и всеобщность денег, вследст-

¹ К. Маркс следующим образом характеризовал свою работу: «Это одновременно изложение системы и критика ее в процессе изложения» (Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 29, с. 449).

вие чего капитал выступает как единство противоположностей. Третий, четвертый и пятый отделы называются соответственно: «Производство абсолютной прибавочной стоимости», «Производство относительной прибавочной стоимости», «Производство абсолютной и относительной прибавочной стоимости» и т. д., и т. д. ...

И все-таки спиралевидное структурирование материала по схеме отрицания отрицания играет у К. Маркса заметно меньшую роль, чем у Г. Гегеля. Если основной труд Г. Гегеля посвящен исследованию абстрактной диалектики — логике движения познающего себя мышления, то у К. Маркса — конкретной диалектике экономического организма буржуазного общества. И здесь общая закономерность движения теоретического мышления, открытая Г. Гегелем, была уже недостаточна. При кропотливом, с бездной оттенков всякого подхода, приближения к действительности¹, исследовании живого организма, каковым является буржуазное общество, возникает необходимость в использовании всех основных средств, всех элементов (категорий, законов, принципов) диалектики. Если в начале работы над «Капиталом» К. Маркс довольно определенно своим методом называл метод восхождения от абстрактного к конкретному, то по завершении первого тома он дает уже несколько иное определение своего метода, фактически сводя его к основным положениям диалектики: объективность рассмотрения, во взаимосвязи, в развитии.

Вот мы и пришли к выводу, что положение «диалектика и есть диалектический метод» является действительно справедливым, но только в том случае (при том условии), если диалектика, как в «Капитале» К. Маркса, применяется в ключе диалектического метода.

§ 2. Место методологии в системе науки

Методология, занимающаяся познавательными вопросами, относится к субъективной диалектике, а не объективной. Объективная диалектика есть как диалектика самого мира, так и объективно верное ее отражение в познании. Субъективная диалектика определяется как совокупность специфических законов и приемов отражения в мышлении диалектических закономерностей объективного мира и как наука о применении этих законов.

Некоторые авторы с целью выделения той части диалектики, которая стала предметом исследования, предлагают различать объективную диалектику и теорию объективной диалектики, субъективную диалектику и теорию субъективной диалектики. При этом теория объективной диалектики понимается как онтология (учение о бытии), а теория субъективной диалектики — как гносеология (учение о познании). Это различие можно принять. Гносеология в таком случае не сводится к теории познания; ее структура та же, что и у субъективной диалектики.

Существует мнение, что деление философии на онтологию и

¹ См.: Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 321.

гносеологию, идущее от XVIII в., является устаревшим; нынешнему ее этапу соответствует разделение на диалектику, логику и теорию познания. Подобное членение проводилось В. И. Лениным только в процессе конспектирования книги Г. Гегеля «Наука логики», где диалектика понималась как теория познания, а теория познания — как логика саморазвития мышления. Деление философии на диалектику, логику и теорию познания является исторически преходящим, характеризующим специфику философии Гегеля, точнее, его главного труда «Наука логики». Попытки перенести его на марксистскую философию затушевывают принципиальное отличие марксистско-ленинской философии от гегелевской, материалистической философии от идеалистической. Решение основного вопроса философии дает единственную основу для естественного, органического членения философии на учение о бытии и учение о познании.

В субъективной диалектике (гносеология) в настоящее время в качестве более или менее самостоятельных рассматриваются следующие подразделы: теория познания, методология научного познания, диалектическая логика. Теория познания изучает диалектику взаимоотношения между познающим субъектом и объектом познания. Методология есть наука о путях и средствах рационализации научной деятельности, приращении нового знания. Диалектическая логика изучает формы отражения объективного мира в человеческом мышлении, в связи и отношениях категорий мышления.

Перейдем к более подробному рассмотрению этих подразделов субъективной диалектики, их взаимосвязи.

Теория познания

Основными проблемами теории познания являются: отношение объекта и субъекта, проблема истины и путей (этапов) ее достижения, проблема соотношения теоретического знания объекта с самим объектом.

Обычно научное познание делится на две ступени: эмпирическую и теоретическую. В таком понимании теория противостоит опыту, практике, и неясным становится, как возможна ее истинность (ведь истина есть единство понятия и реальности). При делении познания только на две ступени, уровня, т. е. эмпирическое (чувственное) и рациональное (логическое), что характерно для большинства учебных пособий, практика вводится окольными путями в разделе о критерии истины, но не как самостоятельная ступень.

Если теорию понимать как высшую ступень, уровень развития познания, то практика не может не входить в нее в виде критерия истины. В таком случае истинным является только такое понимание теории, которое включает в себя как эмпирическую ступень, так и тот уровень, который противостоит опыту, практи-

ке, определяется как «умозрительный»¹. Только такое понимание теории объясняет, как возможна истинность ее в отличие от спекулятивных, умозрительных построений. В этом случае процесс познания начинается со стадии эмпирического исследования, с опорой на опыт. Его отрицает умозрительное знание, выходящее за рамки опыта и в этом смысле противоположное эмпирическому. Специфика же теоретического знания заключается в синтезе черт как эмпирического, так и умозрительного знания.

Схеме отрицания отрицания подчиняются как общий путь движения научного познания, так и содержательная теория, — отражение, связь в познании узловых моментов объективного противоречия. В зависимости от уровня развития науки основные элементы объективного противоречия находятся в разных пространственно-временных отношениях.

Для неразвитой научной теории характерна временная раздельность тезиса, антитезиса и синтеза. Примером этого является история борьбы корпускулярной и волновой теорий света. На смену корпускулярной теории света, утвердившейся в физике в XVIII в., и волновой теории света, ставшей господствующей в XIX в., в 20-х годах нашего столетия приходит квантовая теория света, явившаяся отрицанием отрицания, единством противоположностей.

Говоря об открытиях современной ядерной физики, вобравшей все ценное и из химико-механической трактовки элементов, разработанной Д. И. Менделеевым, и из пришедшей ей на смену химико-электрической трактовки Н. Бора, Б. М. Кедров² справедливо отмечает, что познание элементов на протяжении последних 90 лет развивалось противоречиво, через диалектическое отрицание и отрицание отрицания, потому что самому предмету исследования реально свойственны внутренние противоречия: сначала в познании отразилась одна сторона противоречия, присущего элементам, — связь химизма с массой атомов, затем другая его сторона — связь химизма с электричеством, выступившая как отрицание первой, а после этого обе взаимоотрицающие друг друга стороны выступили в своем нераздельном единстве, как они и существуют реально в самих элементах. Здесь совершенно правильно показано, что внутренняя неразделенность противоположных сторон в объекте может быть осмыслена только после изолированного их рассмотрения.

Таким образом, история наук свидетельствует, что в процессе проникновения в сущность вещей человеческая мысль вскрывает противоположные стороны и доходит даже до метафизического их противопоставления. В дальнейшем с необходимостью встает задача преодоления односторонности, всестороннего охвата объекта исследования. Диалектический синтез, а не механическое соединение, приводящий к созданию новой, высшей теории, раскры-

¹ Подобное разделение было осуществлено еще А. И. Герценом.

² См.: Кедров Б. М. Отрицание отрицания. М., 1957, с. 25.

вает органическое единство противоположных черт, ранее изолированных друг от друга.

В эпоху, когда наука достигает своей зрелости и все более прочно стоит на диалектико-материалистическом фундаменте, в эпоху ее бурного прогресса тезис, антитезис и синтез разделены уже, как правило, не временными, а пространственными интервалами. Они существуют почти одновременно, но в работах разных авторов. Примеры этого могут быть обнаружены во всех серьезных научных исследованиях. Типичная схема научной работы: автор приводит различные и противоположные точки зрения по рассматриваемому вопросу, показывает их односторонние крайности и доказывает, что истина — на их стыке, в их единстве. Как правило (если исследование верно), критикуемые крайности, замеченные у других авторов, не что иное, как тезис и антитезис, без которых невозможен был бы и предлагаемый синтез. В свою очередь, данный синтез есть не что иное, как тезис (или антитезис), если науку (а это действительно так) рассматривать как круг кругов. Следует отметить, что подобную же тенденцию, хотя, возможно, и не в столь явной форме, можно обнаружить в учебных пособиях, методических рекомендациях.

Высшим проявлением отрицания отрицания в науке является пространственно-временное единство его основных моментов, т. е. раскрытие тезиса, антитезиса и синтеза и их связи одним автором и в одной работе. Это возможно лишь при объективно верном отражении исследуемого явления и сознательном применении отрицания отрицания в качестве инструмента, метода познания. Классическим примером подобного проявления, точнее, применения отрицания отрицания в качестве основы при построении всей системы является «Капитал» К. Маркса.

Итак, во всех случаях искусственно изолированные в ходе абстракции стороны противоречия нужно вновь воссоединить в мыслях, т. е. совершить восхождение от абстрактного к конкретному. Синтез (единство) рассматриваемых противоположностей дает более полное отражение сущности объекта, поэтому философское знание есть прежде всего синтезирующее. Полученное в результате диалектического синтеза знание является новым, высшим по отношению к двум предыдущим ступеням (чувственно-конкретной и абстрактно-логической). Только его можно назвать истинным, хотя предыдущие ступени были необходимыми этапами к этой истине, которую правильнее характеризовать как процесс.

«Познание движется от содержания к содержанию. Прежде всего это поступательное движение характеризуется тем, что оно начинается с простых определенностей и что следующие за ним становятся все богаче и конкретнее... на каждой ступени дальнейшего определения всеобщее поднимает выше всю массу его предшествующего содержания и не только ничего не теряет вследствие своего диалектического поступательного движения и не оставляет ничего позади себя, но несет с собой все приобретен-

ное, и обогащается и уплотняется внутри себя»¹. Приведа эту цитату из книги Г. Гегеля «Наука логики», В. И. Ленин замечает: «Этот отрывок очень недурно подводит своего рода итог тому, что такое диалектика»².

Из установленного наукой факта, что абстрактная диалектика Гегеля в своей наиболее разработанной и рациональной части есть прежде всего субъективная диалектика, диалектика познания, становится понятным смысл рассматриваемого суждения. Подобно другим чертам — переходу в противоположность при отрицании, особой природе отрицаний, — уплотняющее движение характеризует содержание диалектики познания, а не всеобщей диалектики. Отказ от этих черт, обусловленный, как правило, односторонним пониманием тождества бытия и мышления, отбрасывает нас в этом вопросе к догегелевскому уровню.

Среди основных проблем теории познания в исследованиях последних лет все более важное место занимают рассуждения о степени адекватности научной конструкции объекта самому объекту.

Естественные исследователи классической науки склонны были расценивать свои научные формулировки в качестве абсолютно адекватного отражения элементов самой реальности. Подобная экстериоризация научных конструкций при всяких серьезных изменениях теории, происходящих от столкновения с «упрямыми фактами», вызвала кризис доверия к познавательным способностям науки. Именно факт изменчивости науки и ее средств и заставляет перенести центр тяжести в теории познания на выявление механизмов изменения науки, движения прогрессирующего познания. Отказ от созерцательных представлений о познании, признание активности разума выражается в создании знаковых и математических моделей, в испытании разнообразных вариантов теоретических схем и т. п. Это приводит к разделению теоретического знания об объекте с самим объектом, к смене двухчастной модели познания — «теория — объект» на трехчастную — «теория — эксперимент — объект», где эксперимент играет роль звена «обратной связи». Если ученый прошлого, формулируя тот или иной закон, полагал, что он лишь раскрывает существенную связь природы, то ученый XX в., активно вмешиваясь в предмет исследования, видоизменяя, приспособляя его для исследования, может прийти, как Н. Бор, к идее множественности истинных теорий, отличных друг от друга, но представляющих одну и ту же область. Если раньше подобная мысль могла показаться чудовищной ересью, то теперь понятно, что формулировки научных законов были идеализациями, результатом обработки опытных данных, и именно поэтому их нельзя редуцировать к самим этим данным. Поэтому, например, химические элементы теперь представляются исследователю не как первичные «кирпичики», с которых

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 212.

² Там же.

начинается построение мира, а как одна из «крайних» возможностей, т. е. как предел технически осуществимого в момент создания научной теории¹.

Трудности преодоления наивно-реалистической традиции отнесения научных определений непосредственно к природе затрудняются необходимостью вести борьбу с позитивизмом, отрывающим теоретические знания от объекта, что заставляет философов-материалистов постоянно подчеркивать адекватность отражения отражаемому. Относительность же адекватности остается при этом в тени. Однако в настоящее время, когда происходит интенсивный процесс взаимопроникновения наук, успешно применяются методы других наук, уже не остается места старому стилю мышления, при котором логическая форма отражения действительности в научной теории принималась за непосредственное выражение самой действительности. В частности, химики понимают уже недопустимость механического отождествления идеализированных процессов, выраженных химическими формулами, с реальными процессами, осуществленными в лабораторных или тем более производственных условиях.

Различие применяемых методов неизбежно ведет и к некоторому различию результатов, к разным по своей структуре описаниям и первичным объяснениям исследуемых явлений. В. Т. Салосин отмечает: «Благодаря применению в химии физических методов исследования стало ясно, что и структурная формула вещества не есть натуралистическое изображение реальной молекулы. Молекулу можно представить и одной структурной формулой и несколькими. В последнем случае каждая формула будет с известным приближением отражать одно свойство или группу свойств и внутренних отношений, присущих реальной молекуле, а вся совокупность формул будет с тем или иным приближением отражать все связи в реальной молекуле... Химики уже не считают, что каждая структурная формула есть абсолютно точное изображение молекулы или что все 429 валентных структур антрацена механически соединены в его молекуле. Они видят в них отражение действительности, но такое отражение, структура которого не может быть механически сопоставлена со структурой реальности. Они видят в валентных структурах отражение не только действительного, но и возможного (совместного, в частности, с законами квантовой механики) распределения плотности электронного облака в реальной молекуле. Они относятся к этим структурам как к эвристическим моделям молекулы»².

Новый стиль мышления несовместим с пониманием науки только как знания. Наука — это единство знания и способа его получения, т. е. единство теории, с одной стороны, и методологии и

логики — с другой. Причем второе становится все более важным, выходит на передний край в эпоху взрывчатого развития науки, все более быстрого старения ее содержания, когда, например, учебное пособие может устареть уже к моменту выхода его из печати.

В известном смысле в науке сейчас обнажилась та же проблема, которую когда-то поставил И. Кант: как может познание адекватно отражать окружающий мир, если бытие и мышление не тождественны? Решение ее сейчас приводит к следующему: 1) ниспровергается наивная вера в тождество бытия и мышления, сознания и предмета, теоретического знания об объекте и самого объекта; 2) опровергается мнение, будто можно заниматься исследованием бытия, не исследуя, игнорируя специфику познаний, будто научную деятельность можно уподобить бурению скважин, при котором, чем глубже буришь, тем больше новых законов открываешь; 3) проблемы гносеологии начинают занимать все более важное место, вследствие чего усиливается интерес к наследию классической немецкой философии, где они обстоятельно и серьезно исследовались на идеалистической основе. Таким образом, программное требование В. И. Ленина о необходимости систематически изучать диалектику Г. Гегеля¹ сейчас стало еще актуальнее, чем 60 лет назад, когда оно выдвигалось.

Важнейшим средством снятия известного дуализма теории и объекта (кроме эксперимента) является метод, сущностью которого как раз и является быть инструментом правильного познания, «перекидным мостом» между познающим субъектом и его методом.

Методология научного познания

Природа метода, как основного предмета методологии, уже рассматривалась (с. 29). Здесь мы остановимся только на взаимоотношениях метода и теории. Метод с теорией находится в сложных отношениях единства и различия, т. е. в отношении диалектического соответствия. Метод един с теорией, ей определяется (в свою очередь, метод может изменить создавшую его теорию и даже привести к ее пересмотру). Именно поэтому каждая наука пользуется своими конкретными методами и именно поэтому метод исследования должен всегда соотносываться с объектом исследования.

С другой стороны, метод отличен от теории. Как уже отмечалось, чтобы выполнить роль метода, те или иные положения теории должны приобрести специализированную, превращенную форму, учитывающую специфику субъективной диалектики. Следовательно, непосредственное использование теории в качестве мето-

¹ См.: Зотов А. Ф. Диалектика развития науки, ее ценностные установки и познавательные схемы. — Вопросы философии, 1976, № 1, с. 108—114.

² Салосин В. Т. Интеграция научного знания как один из факторов преодоления абстрактного эмпиризма в естествознании. — В кн.: Проблемы философии и методологии современного естествознания. М., 1973, с. 355—356.

¹ О том, что это требование было глубоко выстрадано В. И. Лениным, свидетельствует следующий факт: будучи уже очень больным, за несколько месяцев до смерти, при последнем посещении кремлевской квартиры, В. И. Ленин отбирает там три тома Г. Гегеля.

да невозможно. Неправомерен и обратный перенос. Проведенное в последнее время советскими философами углубленное исследование диалектики отношения «метод — содержательная теория — объект» вскрыло невозможность механического переноса приема познания объекта, способа формирования теории, т. е. метода, на движение самого объекта. Существовавшая недоработанность этого вопроса приводила к отождествлению приема познания объекта с движением самого объекта.

Теория и метод различны, ибо теория относится к области истинного и неистинного, метод же — правильного или неправильного. Это означает, что правильный с научной точки зрения метод может давать ошибочные результаты, если он неправильно применен. Метод и теория различны не только по природе, но и по логическому оформлению и функциям. Теория и метод есть две различные формы знания, которое организовано либо как система логически взаимосвязанных высказываний об объекте (теория), либо как система высказываний о правилах, программе действия над объектом (метод). Функциональное их различие связано с тем, что теория «объясняет объект», в то время как метод «осуществляет функцию превращения нового знания».

Эти различия, разумеется, не отменяют единства метода и теории. Как уже отмечалось, в некоторых существенных моментах метод должен быть тождествен теории, иначе невозможно будет получить объективно верного знания. Известно, что для построения теории нужен правильный метод, а он, в свою очередь, возникает как результат теории. Поэтому вопрос, что возникло раньше — метод или теория, столь же бессмыслен, как и известная дилемма «курица — яйцо». Теория диалектики в ее основных чертах (категории, законы, принципы) впервые сознательно (на идеалистических позициях) была разработана Г. Гегелем одновременно с открытием диалектического метода. До «Науки логики» не было ни теории диалектики, ни диалектического метода. Из положения, что истинная теория возникает одновременно с открытием правильного метода, можно, видимо, сделать и такой вывод: развитие теории предполагает соответствующее развитие и метода.

Внимание к методологическим проблемам возрастает в те периоды, когда обостряется вопрос о возможности получения достоверного знания, путях его достижения.

Диалектическая логика

В марксистской философии нет однозначного или хотя бы принятого большинством ученых одного определения логики. Одни определяют диалектическую логику как науку о формах мышления в его творческой функции. Здесь диалектическая логика рассматривается в контексте с формальной, в контексте выявления их единства и различия. Другие диалектическую логику определяют как единство теории и методологии научного познания. На-

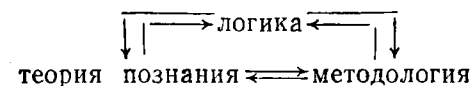
конец, третьи диалектическую логику понимают как наиболее обобщенное и систематизированное выражение марксистско-ленинской философии.

Неодинаковость определения предмета исследования обусловлена неодинаковостью его дислокации. Видимо, правильным будет говорить о трех функциях диалектической логики:

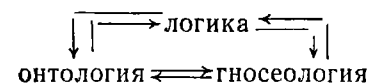
1. Если акцент делается на формы мышления, то логика является подразделом субъективной диалектики, однозначным с теорией и методологией познания:

теория познания — методология — логика

2. При акценте на сводке, сумме всей истории познания логика будет синтезирующим подразделом субъективной диалектики:



3. При акценте на законы развития всех материальных и духовных вещей диалектическая логика — квинтэссенция философии марксизма-ленинизма, синтез онтологии (объективной диалектики) и гносеологии (субъективной диалектики):



Это, видимо, тот случай, когда свести к одному значению (другие — не верны) будет неправильно. Логика полифункциональна, но каждая функция определяет ее другое положение, место в системе диалектики. Предметом логики в первом случае являются формы мышления, закономерности их связи. Основным содержанием здесь будет диалектически осмысленная формальная логика, как сторона, момент логики диалектической. Предметом логики во втором случае является снятие противоречия между методом и теорией, наиболее оптимальное использование методов для получения истинного знания. Задачей логики в третьей ее функции является снятие противоположностей объективной и субъективной диалектики, разработка целостной системы диалектики.

Все три уровня логики сформировались исторически: первый — Аристотелем, второй — Г. Гегелем, третий — В. И. Лениным. Каждый новый уровень логики снимает предыдущий на основе общенаучного принципа соответствия, т. е. сохраняя относительную самостоятельность предыдущего учения, новая ступень вносит в него соответствующие коррективы и представляет его как свой «частный случай». Так, в главе «Абсолютная идея» книги «Наука логики» Г. Гегель показал, что диалектически осмысленная формальная логика не противоречит логике диалектической, а является определенной вехой, ступенью на пути к ней.

Все три учения о логике, все три «науки логики», а значит и

все три определения ее являются правильными, но определять логику как только науку о формах мышления или как только науку о теоретическом мышлении — значит не видеть того высшего уровня, на котором она была разработана классиками марксизма-ленинизма, прежде всего В. И. Лениным.

Соотношение метода и системы. Важнейшая цель данной книги — использование методологии для системного преподавания химии. В связи с этим закономерно встает вопрос: как связаны между собой метод и система? К сожалению, в марксистской философии отсутствует общепринятое решение этого вопроса. Единственно, в чем существует единое мнение, — это в понимании отсутствия единого мнения относительно соотношения метода и системы материалистической диалектики.

Философы, исследующие этот вопрос, так или иначе исходят из гегелевского положения, что система представляет собой полностью развернутый метод, что метод расширяется в систему. Наиболее интересной представляется точка зрения, утверждающая тождественность метода и системы, взаимопроникновение системы и метода. Ряд философов полагают, что система не что иное, как полностью развернутый метод, а метод — это система, сжатая до резюмирующих характеристик.

Существует в марксистской литературе и иная точка зрения, исходящая из более или менее безразличного характера соотношения метода и системы. Так, например, довольно распространены заблуждение, будто в философии Гегеля метод и система находятся в противоречии: метод диалектичен, а система метафизична. Эта точка зрения исходит из одностороннего усвоения осуждения Ф. Энгельсом гегелевской системы за ее идеалистический, теологический характер, за претензию на законченное, исчерпывающее знание. Но Ф. Энгельс же дает и совершенно иную характеристику системы Гегеля: «Никогда еще, с тех пор как люди мыслят, не было такой всеобъемлющей системы философии, как система Гегеля. Логика, метафизика, философия природы, философия духа, философия права, религии, истории — все было объединено в одну систему, сведено к одному основному принципу»¹. И в другой работе: «Гегелевская система охватила несравненно более широкую область, чем какая бы то ни было прежняя система, и развила в этой области еще и поныне поражающее богатство мыслей»².

Иными словами, гегелевская система так же велика и совершенна, как и его метод; гегелевская система так же ошибочна и несовершенна, как и его метод. Нельзя говорить, что музыкант играет в высшей степени профессионально и вдохновенно, а исполнение его плохо. Нельзя говорить, что архитектор создал замечательный проект, продумал талантливейшие технические приемы его воплощения, а здание, построенное им, никуда не годится.

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 1, с. 527.

² Там же, т. 21, с. 278.

Так не бывает (точнее, не должно быть при нормальных условиях). То же самое и в науке. Если ученый использует правильные методы и полностью владеет искусством их применения, то система, разработанная им, должна быть совершенной. Разумеется, совершенство ее определяется диалектикой относительной и абсолютной истины.

В то же время метод и отличен от системы. Метод — это инженерные приемы, способ конструирования, соотнесения, расположения научного материала, а система — это готовое здание, а не «кухня» его построения. Метод — это леса строящегося здания. Здания еще нет, но метод уже полностью выполняет свою функцию, поэтому различие между методом и системой наиболее существенно на начальных этапах развития логического пути. На заключительных этапах метод наиболее тождествен системе (леса прямо повторяют облик построенного здания). Наконец, когда здание полностью построено, леса снимаются, метод становится теперь душой, живущей в системе и невидимой для непосвященных.

§ 3. Взаимосвязь философской методологии и методологии химии

В марксистской философии отмечается, что диалектический метод выполняет роль стратегии и применяется не отдельно от частных научных методов, не наряду с ними, а в них и через них. Это значит, что формула восхождения от абстрактного к конкретному является лишь самой общей характеристикой познавательного процесса, который в действительности проходит гораздо более сложный и многоступенчатый путь. Восхождение от абстрактного к конкретному или от эмпирии и умозрения к теории осуществляется не силою «мыслящего разума», не непосредственно, а при помощи целого набора эмпирических и теоретических методов. Так, определенными вехами в эмпирическом исследовании являются элементарный эмпирический закон, интегральный эмпирический закон, фундаментальный эмпирический закон, нефундаментальное теоретическое исследование¹.

Простейшей, начальной процедурой при исследовании нового предмета, о котором нет никакой информации, является *наблюдение*. Оно может быть пассивным (объект воспринимается в естественных условиях) или активным (объект воспринимается в определенных исследователем искусственных условиях). Последний принято называть *реальным экспериментом*. Результатом его является установление *эмпирического факта*, например температуры плавления вещества при определенных условиях. В дальнейшем исследовании полученный факт сравнивается с другими фактами, что связано с эмпирическим обобщением, или *индукцией*.

¹ См.: Бранский В. П. Философские основания проблемы синтеза релятивистских и квантовых принципов. Л., 1973, с. 32—40.

Результатом индукции является установление *элементарного эмпирического закона*, например соотношения температуры газа и его объема. Сходство в материальных объектах отражается в общих представлениях о них. В результате вторичного анализа, которому подвергаются сами общие представления, и последующего эмпирического синтеза образуются *эмпирические понятия*, например понятие о газе вообще.

Дальнейший прогресс эмпирического исследования связан с накоплением эмпирических законов и установлением зависимости между ними, результатом чего является *интегральный эмпирический закон*. Этот закон, устанавливающий зависимость между элементарными эмпирическими законами определенной совокупности, выражается, как правило, не на естественном, а на языке символов.

Накопление элементарных эмпирических законов, их классификация осуществляются с помощью *фундаментального эмпирического закона*. Так, например, интегральные эмпирические законы Бойля — Мариотта, Шарля и Гей-Люссака могут быть получены из уравнения Клапейрона $pV = RT$ как его частные случаи. Следовательно, фундаментальный эмпирический закон есть некоторое уравнение, решениями которого являются интегральные эмпирические законы.

Фундаментальный эмпирический закон получается методом «проб и ошибок» и является пределом собственно эмпирического исследования, т. е. исследования лишь эмпирическими методами. Дальнейший прогресс исследования связан с *нефундаментальными теоретическим исследованием*. Его образуют восприятие письменных и устных научных текстов, переход от знакового наблюдения к расшифровке (декодированию) смысла выражений, проверки их правильности (например, посредством консультаций или дискуссий).

Сложную, многоступенчатую структуру представляют также умозрительный и теоретический уровни исследования. Справедливо отмечая, что путь познания вписывается в схему отрицания отрицания, философы убедительно подчеркивают, что он не ограничивается этой схемой, а представляет гораздо более сложный процесс со многими узловыми пунктами как на эмпирическом, так и на теоретическом уровнях.

Во взаимоотношении философского и конкретных научных методов можно, видимо, выделить две основные линии. Во-первых, диалектический метод является общей стратегической линией применения конкретных научных методов. На примере химии, как уже отмечалось (с. 31), это иллюстрирует книга Ю. А. Жданова «Обращение метода в органической химии». Во-вторых, по мере диалектизации конкретных наук, когда на стадии зрелости к ним приходит свой собственный, соответствующий внутреннему содержанию науки фундаментальный метод, последний обнаруживает явное сходство с диалектическим методом.

В известном смысле Д. И. Менделеев сделал в химии то же са-

мое, что Г. Гегель в философии: он не только систематизировал основной известный в то время материал химии, но и дал ей ее собственный метод, который был назван *сравнительным*. Аналогия может быть распространена еще дальше. Метод анализа и синтеза известен был в науке изначально, не Г. Гегель его открыл. Но если в конкретном научном исследовании он один из заурядных, даже второстепенных методов, что отмечается и современными методологами, то в философии метод перехода от анализа к синтезу, сопровождаемый восхождением от абстрактного к конкретному, является основной формой отражения и выражения диалектического противоречия как сути диалектики.

Это же можно сказать и о сравнительном методе. Не Д. И. Менделеев его открыл. Сравнительным методом пользуются все науки, особенно на стадии первоначального накопления материала. В химии же он приобретает совершенно особое значение, вызванное спецификой химии как науки. Эта специфика заключается в том, что только в химии мы имеем чистое, почти идеальное соотношение качественной и количественной определенностей явления. Физическая и особенно механическая формы движения материи характеризуют величины: массу, давление, скорость, путь, время и т. д. Закон инерции в равной степени относится как к неодушевленному предмету, так и к человеку, поскольку имеются в виду прежде всего тело и силы, на него воздействующие. Биология же имеет дело с качественными определенностями (особи, популяции и т. д.). Соотнесенность с количеством здесь явно не выражена.

Следовательно, хотя закон соответствия качественной и количественной определенностей является всеобщим, но только в химии он проявляется в идеально чистом виде. Вот почему примеры действия этого закона, как правило, заимствуются из химии. С точки зрения философии поэтому в высшей степени справедливо следующее определение химии, данное Ф. Энгельсом: «Химию можно назвать наукой о качественных изменениях тел, происходящих под влиянием изменения количественного состава»¹. Без натяжек такое определение может быть дано химии и только химии. И не случайно, хотя закон соотношения качества с количеством является всеобщим, что убедительно было показано Ф. Энгельсом, «но свои величайшие триумфы открытый Гегелем закон природы празднует в области химии»².

Из особой роли закона взаимного перехода количественных и качественных изменений в химии вытекает и особая роль в ней сравнительного метода: будучи подсобным методом во всех других науках, в химии он становится душой ее содержания, наиболее богатым и содержательным из всех методов. Выражая философию химии, этот метод поэтому наиболее близок (в его химической интерпретации) к философскому методу, на что в свое

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 387.

² Там же.

время обратил внимание Б. М. Кедров. «Ядро сравнительного метода Менделеева,— писал Б. М. Кедров,— составляют логические приемы обобщения»¹. Важнейшей стороной сравнительного метода является постоянное улавливание перехода от абстрактного к конкретному, от всеобщего (закон) через особенное (через частные законы и правила) к единичному. Соединение анализа и синтеза в процессе познания — другая важная сторона научного метода Д. И. Менделеева. Ученый писал: «Надо искать в окружающем те стороны, которые, подчиняясь анализу, способны вести к синтезу»².

Приведенный пример еще раз подтверждает известное в марксизме положение, что именно методология и логика являются связующими звеньями между философией и естествознанием. Значение философской методологии для естественных наук не ограничивается только разработкой всеобщего (диалектического) метода познания. Не менее важна ее роль в разработке всеобщих ориентиров для упорядочения конкретного научного знания, системного его преподавания.

В эпоху взрывчатого развития наук, в эпоху, когда даже узкому специалисту становится не под силу усвоение всего выходящего по теме материала, все более важной становится задача систематизации научного знания, выявления архитектоники науки, ее основных элементов и их взаимосвязи. Это знамение времени, так как все большее число химиков обращаются к разработке системы химии. Тем не менее не может не настораживать тот факт, что у каждого автора своя система. Путей, ведущих к истине, может быть много, но истина всегда одна, что касается и истинной системы химии. Проблема систематизации научного знания очень остро стоит сейчас и перед другими науками, в связи с чем все большее число ученых обращаются к разработке общей теории систем. Но разрабатываемые ими теории являются общими лишь для ограниченного числа наук, на базе которых они и строятся. В связи с этим они не могут претендовать на статус всеобщности.

Всеобщей теорией систем может быть только теория системы диалектики. Если конкретные науки изучают отдельные (конкретные) стороны мира, то только философия изучает общие характеристики мира в целом, поэтому отношение между ними строится по принципу отношения отдельного и общего, сформулированного В. И. Лениным во фрагменте «К вопросу о диалектике», а именно: общее существует только через отдельное, всякое отдельное неполно входит в общее и т. д.³ Это означает, что система философии, отражая всеобщую (в этом смысле — идеальную) архитектонику мира в целом, является общей для всех конкретных наук, но системы последних богаче конкретными деталями.

¹ Кедров Б. М. Научный метод Д. И. Менделеева. — Вопросы философии, 1952, № 3, с. 22.

² Менделеев Д. И. Соч., Л.—М., 1954, т. 3, с. 20.

³ См.: Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 318.

Основы философской системы были разработаны классиками марксизма-ленинизма. Наиболее детально это сделано В. И. Лениным в «Философских тетрадах». Новейшие достижения в философии и естествознании лишь подтверждают правильность ленинского подхода к проблеме систематизации философского знания. Решение задачи В. И. Ленин начинал с выявления основных элементов диалектики, определения их субординации. Анализ шестнадцати элементов из «Философских тетрадей» показывает, что элементами диалектики В. И. Ленин называл следующие качественные образования¹:

а) категории: отношение (2-й элемент), бесконечность как сторон явлений, так и процесса их познания (10-й и 11-й), вещь, явление, процесс, сущность (11-й), каузальность (12-й);

б) законы: единство противоположностей (4, 5, 6, 9-й), отрицание отрицания (13-й и 14-й), борьба содержания с формой и обратное (15-й), переход количества в качество и наоборот (16-й);

в) принципы: объективность рассмотрения (1-й), развитие (3-й), всеобщность связей (8-й);

г) методы: соединение анализа и синтеза (7-й).

Одни элементы (например, 3, 4 и 5-й) характеризуют объективную диалектику, другие элементы (например, 10, 11 и 12-й) — субъективную. Следовательно, элементами диалектики являются категории, законы и принципы объективной и субъективной диалектики, а также методы, принадлежащие к субъективной диалектике.

Все эти элементы определенным образом связаны между собой. В частности, законы, устанавливающие связь между соотносительными полярными категориями (формой и содержанием, качеством и количеством), являются, по В. И. Ленину, проявлением, «примерами» ядра диалектики — единства противоположностей.

В настоящее время установлено, что углубление нашего знания о противоположных сторонах мира, отраженных в соотносительных категориях одного класса («гнезда», «рубрики», «группы»), приводит на определенной стадии к формулированию закона на их связи. Это значит, что открытие и формулирование законов развития материального мира являются более высокой степенью в познании действительности, чем образование категорий, и именно поэтому законы развития природы и общества можно выразить и сформулировать лишь через связь и взаимопереход разных категорий. Обобщение же законов, связь между фундаментальными положениями теории и самими теориями приводят к формулированию принципов.

В философской литературе обычно исследуются шестнадцать ленинских элементов диалектики, но они лишь детализируют следующие исходные три: 1) объективность рассмотрения вещи в ее отношениях, в ее развитии; 2) противоречивость в самой вещи, противоречивые силы и тенденции во всяком явлении; 3) соедине-

¹ См.: Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 202—203.

ние анализа и синтеза; 1-й из них элемент, определяемый основным вопросом философии, характеризует суть материалистической диалектики как таковой; 2-й — фиксирующий диалектическое противоречие, является сутью объективной диалектики; 3-й — раскрывающий структуру отрицания отрицания, характеризует основной принцип субъективной диалектики. Единство этих трех элементов дает наиболее общее определение диалектики. Таким образом, переход от шестнадцати к трем элементам есть соответственно переход от одного (назовем его элементарный) к другому (назовем его концептуальный) уровню материалистической диалектики. Термин «концептуальная система» употребляется в значении некоей целостной системы, являющейся существенной частью общей научной системы. Следовательно, каждому уровню науки присущи свои элементы. Это ленинское разделение элементов и является методологической основой дальнейшего исследования, где рассмотрение элементарного уровня химии сменяется рассмотрением ее концептуального уровня.

В работе, посвященной методологии химии, мы остановились так подробно на философской методологии по следующим причинам:

1. Философия со времен Платона занимается изучением проблем методологии научного познания, в том числе последние двести лет — с сознательных диалектических позиций. В химии же данная книга является первой, специально посвященной методологии химии. Философия, прежде всего, наука о всеобщем. Именно поэтому основные характеристики, открытые философией в собственном методе, справедливы и для методов конкретных наук, в частности положения о двойственной, объектно-субъектной природе метода.

2. Диалектика, по В. И. Ленину, есть учение о единстве противоположностей. Соответственно диалектический метод есть основной способ изучения противоречия в самой сущности предмета. Поэтому, какими бы методами конкретные науки ни пользовались, общая формула их при правильном, подлинно диалектическом применении будет соответствовать формуле диалектического метода, который является общей стратегической линией научного исследования.

3. В химии в настоящее время нет собственной достаточно разработанной химической теории познания и «химической логики». Наиболее разработанным учением «субъективной химии» является методология химии, которая, видимо, выполняет функцию всех подразделов субъективной диалектики: теории, методологии и логики. Следовательно, предметом методологии химии (в отличие от философской методологии) является не только учение о рационализации научной деятельности и приращения нового знания, но и учение о снятии специфических различий между теорией и объектом, а также разработка целостной системы науки химии и учебного предмета химии. Это и определяет дальнейшую структуру данной книги.

ЧАСТЬ II СИСТЕМНОСТЬ ХИМИИ

Путь к раскрытию сложившихся в ходе исторического развития химии понятий, к установлению структуры химического знания лежит через рассмотрение метода научного мышления, разработанного К. Марксом, в частности таких категорий материалистической диалектики, как «конкретное и абстрактное», «логическое и историческое».

Как подчеркивалось философами, у К. Маркса проблема отношения абстрактного к конкретному выступает вовсе не как вопрос об отношении мысленного к чувственно воспринимаемому, а как гораздо более содержательная, более широкая проблема внутреннего расчленения объекта и его теоретического воспроизведения в движении строго определенных понятий. Вопрос об отношении конкретного к абстрактному здесь выступает как вопрос об отношении целого к своим собственным моментам, объективно выделяющимся в его составе. В конкретном, следовательно, заключено единство многообразного.

К. Маркс дал объяснение метода восхождения от абстрактного к конкретному как метода исследования реальности. На этом пути выделяются два взаимосвязанных этапа: 1) восхождение от единичного к общему или от конкретного, данного в восприятии и представлении, к абстрактному; 2) восхождение от абстрактного к духовно-конкретному.

В классификации химических наук выражена складывающаяся система научного знания (диалектика идей), отражающая диалектику вещей и их взаимосвязей.

Раскрытие форм организации вещества осуществлялось в определенной последовательности, на которую должны были влиять следующие объективные обстоятельства:

1) химический состав веществ, «лежащих под руками» и наиболее часто употребляемых в человеческой практике (использование соответствующих свойств);

2) механические, физические, химические и биологические методы извлечения, очистки, переработки и преобразования веществ с целью их использования в соответствующей форме (технология);

3) «гносеологический образ» химического мира (свойства, состав, природные изменения, переработка с целью извлечения или преобразования веществ — основы информации о нем), разрабатываемый с помощью сложившихся методов восприятия и передачи информации о природе в целом.

Общий путь процесса познания описывается формулой: от макромира — к микромиру. На этом пути был обнаружен как большой фактический материал о множественности объектов химии, так и выдвинут ряд принципов, позволяющих его объединить. Критерии для такого объединения или классификации определялись уровнем «знаний эпохи», а также целями или задачами проводимой работы.

Глава I. ХИМИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕЩЕСТВА

Положение о том, что только системное знание может быть названо научным знанием, Д. И. Менделеев высказал в предисловии к одному из изданий «Основ химии»: «...необходимо требование мысли, направление ее в область действительности; случайности мало дали и дадут точному знанию, которое прежде всего составляет «систему». В этом последнем смысле научное мировоззрение сильно меняется не только со временем, но и с лицами, носит на себе печать творчества, дает пищу всем способностям, доставляет важнейшую — высшую часть научного развития»¹.

Выявление системности химии на современном этапе ее развития требует прежде всего выявления основных понятий, относящихся к объектам химии, и их взаимосвязи. В истории химии, в современных учебниках можно насчитать свыше двух десятков понятий, имеющих отношение к рассмотрению объектов, изучаемых химией. С одними связано становление химии как науки, с другими — ее современный статус, а с третьими — ее будущее развитие. Вот некоторые из них: тело, вещество; атом, молекула (корпускула), кристалл; минеральный вид; простое и сложное вещество; химическое соединение; химический элемент; соединение постоянного и переменного состава, определенные и неопределенные соединения; соединения I порядка и соединения II порядка; комплексные или координационные соединения; насыщенные и ненасыщенные соединения; высокомолекулярные соединения, макромолекулы, полимеры и мономеры; стехиометрические и нестехиометрические соединения; бертоллиды и дальтониды; растворы, расплавы, сплавы; изоморфные смеси; невалентные соединения, кластеры, интерметаллические соединения, или металлиды; химические соединения — компонент, фаза, система; активированный комплекс; ион, радикал; смесь и композиция и т. д. и т. п.

Есть ли среди них основные и производные формы, исторически возникшие и сохраняющие свое значение в структуре современной химии, понятия, принадлежащие различным концептуальным системам, понятия разного уровня общности? Ответить на поставленные вопросы — значит рассмотреть структуру современной химии, ее предмет, цели, объект и методы, соотнести историческое с логическим, а абстрактное с конкретным. В этом и заключается задача первой главы.

¹ Менделеев Д. И. Соч. Л.—М., 1954, т. 24, с. 38.

§ 1. Основные формы химической организации вещества: атом, молекула, кристалл (или макромолекула)

Атомистическая гипотеза, атомистическое учение (теория), физическая и химическая атомистика, атом как неделимая химическими методами частица, как химическая индивидуальность (носитель качества) и конкретная форма существования химического элемента, атом свободный и атом, находящийся в связанном состоянии, атом как сложная система, состоящая из ядра и движущихся в его поле электронов,— таково конспективное изложение истории атомистики от натурфилософских построений древних до современной атомной физики. Химия начинается с атома. Атом — это мера химического превращения, его качественной и количественной стороны. Таким был вывод из созданной Д. Дальтоном атомной теории. Оценивая роль Д. Дальтона в создании научной химии, Ф. Энгельс, как известно, назвал английского ученого отцом современной химии.

Закон эквивалентов, закон постоянства состава и закон простых кратных отношений явились историческими (хотя и в несколько иной последовательности) и логическими предпосылками атомной теории. Они составили основу стехиометрии, или, по словам Д. И. Менделеева, арифметической части химии.

Установление атомного состава веществ оказалось возможным с введением понятия «атомный вес» (теперь «атомная масса»). Это было решающим шагом в утверждении атомной теории в химии.

Следует обратить внимание на одно важное с точки зрения методологии науки обстоятельство: в основе личного опыта Д. Дальтона, способствовавшего выбору объектов и методов исследования, которые привели к столь блистательному результату, лежало изучение газообразных веществ. Следовательно, стимулировала его исследование практика: начался век пара и работа паровой машины заставила интересоваться процессами испарения и ролью теплоты в парообразовании. Газообразное состояние вещества явилось объективно той моделью, которая позволила применить представления о воздухе как механической смеси газов (максимальное снятие химизма).

В 1801—1802 гг. Д. Дальтон устанавливает два хорошо теперь известных закона: закон парциальных давлений и закон термического расширения газов. Они показали независимость указанных свойств от химической природы газов. На этом основании Д. Дальтон сделал вывод о том, что причиной «автономного» поведения газов является механический характер взаимодействия частиц газа в смеси. Д. Дальтон писал о необходимости отличать химическое и механическое взаимодействие: «...если упругий флюид удерживается в соприкосновении с жидкостью и если будет замечено какое-либо изменение в упругости или же в любом другом свойстве упругого флюида, то такое взаимодействие должно быть названо химическим; но если никакого изменения не наблюдается

ли в упругости, ни в каких-либо других свойствах упругого флюида, то тогда взаимодействие должно быть признано чисто механическим¹. В то же время ученый исследует абсорбцию газов водой и другими жидкостями. Тогда же У. Генри открыл закон растворимости газов в жидкости — пропорциональность растворимости парциальному давлению и химической природе газов. В статье «О поглощении газов водой и другими жидкостями» Д. Дальтон объяснил поведение газов следующим образом: «Я почти убежден в том, что это обстоятельство зависит от веса и числа первичных частиц у различных газов»². Он поставил задачу: найти массы и объем атомов, изучая размеры атомов, удельные теплосемкости тел, проверяя полученные результаты различными методами.

Д. Дальтон воспользовался данными химического анализа различных газов (водяной пар, аммиак и др.), проверил многие из них. Предлагая состав соединений в виде символических обозначений атомов, он исходил из того, что химические процессы всегда протекают по наиболее простому пути из всех возможных, а именно: атом на атом (принцип наибольшей простоты).

В результате большой и кропотливой работы Д. Дальтон определил относительные массы атомов.

Наряду с понятием «атом» Д. Дальтон ввел понятие «сложный атом». Положив в основу терминологии химический смысл, он писал: «Я избрал слово «атом» для обозначения этих первичных частиц, предпочитая его словам «частица», «молекула» или каким-либо другим уменьшительным названиям потому, что это слово кажется мне значительно более выразительным; оно включает в себя представление о неделимости, чего нет в других обозначениях. Можно, пожалуй, сказать, что я распространяю его слишком далеко, когда говорю о сложных атомах, например, я называю первичную частицу угольной кислоты (так называли тогда оксид углерода (IV)). — Прим. авт.) сложным атомом. Однако хотя этот атом и может быть разделен, но, распадаясь при таком делении на уголь и кислород, он перестает уже быть угольной кислотой»³. Термин «сложный атом» был данью формального, логически понятого перехода от простых и сложных веществ до «первичных частиц».

Спустя 60 лет Д. И. Менделеев отмечал: «Химия находится еще в периоде, в котором общая переделка всех понятий вполне возможна, с этой переделкой многое уясняется, и тогда новые понятия повлекут за собой и новый язык»⁴.

С понятием «атом» тесно связаны две химические формы организации вещества: молекулы и кристаллы. В них атомы находятся в связанном состоянии. Их использование позволило при-

¹ Дальтон Д. Сборник работ по атомистике. Л., 1940, с. 73.

² Там же, с. 85.

³ Там же, с. 93.

⁴ Менделеев Д. И. Основы химии. Соч. Л.—М., 1949, т. 13, с. 293.

ступить к рассмотрению состава и строения химических соединений и формированию соответствующих концептуальных систем.

Из всех известных нам веществ при обычных условиях в виде свободных атомов находятся лишь благородные элементы (элементы VIIIA группы). Все другие вещества имеют либо молекулярное, либо кристаллическое строение и находятся чаще всего в жидком и твердом состоянии (лишь вещества легче воздуха и малополярные, как, например, NH_3 , H_2 , O_2 , N_2 , CO_2 , являются исключением).

История формирования понятий о молекуле и кристалле сложна и причудлива. Кристалл происходит от греческого слова «кристаллос», что означает «застывший на холоде». Так греки называли кварц (горный хрусталь), полагая, что он образовался из льда.

Исследование кристаллов тесно связано с изучением минералов. Понятие «минеральный, или минералогический, вид» возникло при описании геометрических форм и состава кристаллов. И хотя некоторые ученые отрицали возможность «приписывать неодушевленным веществам определенную форму, потому что только дело организации производить определенные формы»¹, тем не менее уже в последней четверти XVIII в. определяли минералогический вид как совокупность неорганических веществ, сходных по составу.

В 1783 г. был выпущен трехтомный труд, в котором описывались кристаллические формы более чем 500 веществ. Р. Гаюи, создатель геометрической кристаллографии, считал важнейшим для понимания минералогического вида не только знание состава и формы кристаллов, но и выяснение причин химического родства. Ж. Роме де Лиль (1783) сформулировал закон постоянства кристаллографических углов: грани кристалла могут изменяться по своей форме и относительным размерам, но их взаимные наклоны постоянны и неизменны для каждого рода кристаллов.

Р. Гаюи (1784) установил закон рациональности параметров, позволивший описывать симметрию кристаллов и ставший первым в истории химии законом целых чисел, что свидетельствовало о дискретном строении материи. Характерно, что на основании этих работ было дано определение индивида: под словом «индивид» понимают существо, которое не может быть делимо без потери его полной сущности.

Впоследствии было установлено, что возможно только 32 различных сочетания элементов симметрии, которым соответствует 47 простых форм. В 1890 г. Е. С. Федоров впервые доказал, что 32 видам симметрии соответствует 230 простейших групп симметрии. Было выяснено также, что: 1) одно и то же химическое соединение может при изменении условий образовывать по несколько кристаллических модификаций; 2) атомы одного и того же

¹ Уэвелль В. История индуктивных наук от древнейшего до настоящего времени. СПб., 1869, т. 3, с. 262.

элемента в разных его соединениях не всегда равноценны кристаллохимически; 3) атомы разных элементов могут занимать одну и ту же правильную систему точек (смешанные кристаллы — изоморфизм); 4) число соединений во много раз превосходит число кристаллических форм, причем многие соединения «предпочитают» образовывать наиболее «плотные» упаковки (кубическая гексагональная упаковка многих металлов, ионных кристаллов и некоторых ковалентных структур типа алмаза).

В XIX в. и, особенно, в XX в. с созданием теории строения атомов, позволившей выработать методы изучения внутреннего строения кристаллов, широко развились кристаллофизика и кристаллохимия, на базе которых была раскрыта причинно-следственная связь свойств кристаллов с их составом и строением.

Первоначальные представления о молекуле как единице вещества также были натурфилософскими и умозрительными, хотя иногда угадывалась и правильная последовательность: атом — молекула (корпускула) — тело. Первое суждение о молекуле как об отграниченной частице, состоящей из нескольких атомов, было высказано в начале XVIII в. П. Гассенди.

Термины «молекула» и «корпускула» неравнозначны. Корпускула — от латинского слова *corpusculum* — уменьшительное от *corpus*, т. е. «тельце, частица тела»; молекула — от латинского *mole*, что означает «масса» (отсюда современное понятие «моль» — единица количества вещества, масса $6,02 \cdot 10^{23}$ атомов, молекул или ионов).

Одним из основоположников научной корпускулярной теории считают М. В. Ломоносова, который отличал стойкое сцепление элементов (атомов), образующих корпускулы, от сцепления самих корпускул. Он указывал на роль состава и строения смешанных тел для раскрытия их свойств и многообразия окружающего мира: «корпускулы разнородны, когда элементы их различны и соединены различным образом или в различном числе, от этого зависит бесконечное разнообразие тел»¹.

Но только с созданием пневматической химии, или химии газов, в последней четверти XVIII в. началось экспериментальное изучение состава воздуха, что дало толчок к созданию и атомной теории Д. Дальтона, и молекулярной теории А. Авогадро. Именно А. Авогадро принадлежит мысль о качественной определенности молекулы, о ее признании как собственно химической частицы: сохраняет химические свойства вещества, наименьшее количество вещества, вступающего в химические взаимодействия. Однако место молекулы в иерархической цепи структурных единиц, включающих все формы химической организации вещества (атом — молекула — макромолекула, атом — молекула — молекулярный кристалл), было раскрыто не сразу.

Строго говоря, считать, что все вещества состоят из молекул,

¹ Цит. по кн.: Фаерштейн М. Г. История учения о молекуле в химии. М., 1961, с. 19.

химики не имели права. Сейчас известно, что большинство неорганических соединений немолекулярного строения. Однако история химии неотделима от истории учения о молекуле. Химические формулы, уравнения химических реакций, «химический язык» первой половины XIX в. сформировались на базе этого понятия. Учение о молекуле сыграло важную роль в развитии органической химии (почти все органические соединения имеют молекулярное строение), молекулярной физики и молекулярной биологии (если уровень изучения биологических явлений — молекулярный).

Вся теоретическая химия XIX в. развивалась под знаком учения о молекуле, особенно после того, как в 1861 г. на химическом конгрессе в Карлсруэ химики договорились об определении и применении понятий «атом», «молекула», «эквивалент». В первой половине XIX в. были установлены основные типы молекул: HCl, (H₂), H₂O, NH₃, CH₄. В середине XIX в. зародились учение о валентности (1852), теория химического строения, главным образом органических соединений (1861). Здесь большую роль играл принцип аддитивности свойств составных частей молекулы.

Называя атомы, молекулы и кристаллы основными формами организации вещества, мы отдаем дань многовековой истории химии, ее тесной связи с историей естествознания (физика, минералогия, биология).

Три уровня изучения вещества (атом — молекула — кристалл) возникли и формировались неравномерно.

§ 2. Производные формы химической организации вещества: ион, радикал, растворы, коллоидные системы

Эволюция вещества в природе шла как бы по двум линиям — минеральная и органическая ветви. Если представления об основных формах возникли в ходе исторически сложившегося стиля изучения от эмпирического уровня к теоретическому, то понятия о производных формах — результат перехода от абстрактных (идеальных) категорий к конкретному на более высоком уровне.

Все производные формы химической организации вещества можно разделить на два типа: 1) фрагменты одной из основных форм химической организации (своеобразные химические «осколки»); 2) фазы (или части фаз) химических систем, состоящих из нескольких основных форм химической организации вещества.

Примеры производных форм первого типа: ионы и радикалы.

Ионы можно рассматривать как производные атома (изолированный ион), молекулы (продукт отрыва или присоединения электронов, протонов и других ионов, как правило, обладающий высокой реакционной способностью и потому являющийся обычно промежуточным продуктом реакции), а также как фрагмент кристалла (простой и сложный ион: F⁻, NH₄⁺, SO₄²⁻ и т. п.). Ионы могут существовать в газовой, жидкой, твердой фазах и в растворах. В сильно ионизированном состоянии находится плазма —

четвертое состояние вещества. Растворы содержат сольватированные электрон и протон, например ион оксония в водных растворах H_3O^+ .

В атмосфере Земли ионы образуются под действием космического излучения, в результате радиоактивных и фотохимических процессов, происходящих в земной коре, атмосфере и космическом пространстве. Они могут возникать самопроизвольно и появляться вследствие технической деятельности людей. Распределение ионов в атмосфере Земли имеет большое экологическое значение. Появление ионов в гидросфере и литосфере объясняется химическими свойствами, составом и строением минералов и окружающей среды.

Изучение «ионизированной материи» связано с именами М. Фарадея (открыл закон электролиза, ввел понятия «ион», «анион», «катион» и др.), С. Аррениуса (создал теорию электролитической диссоциации), У. Крукса (обнаружил катодные и анодные лучи, которые привели ученых к мысли об «атомности» электричества и наличии «зарядовых» взаимодействий), М. Лауэ (разработал методику изучения ионных кристаллов) и др. Теория ионной связи длительное время лежала в основе простейших электростатических представлений, распространенных в химии.

Понятие о *радикале* ввел в химию А. Лавуазье (1789), поскольку при изучении состава веществ убедился в наличии устойчивых фрагментов, повторяющихся в различных соединениях одного класса. Так как в основу классификации химических соединений А. Лавуазье положил кислород, то непременной составляющей всех кислот он считал «радикалы» кислорода.

На новой основе теория радикалов возникла в 30-х годах XIX в., когда началось изучение состава и свойств органических соединений. Она формировалась на базе атомно-молекулярного учения, в частности молекулярных представлений, а также учения о составе соединений и их возможном строении. Теория радикалов была исторически первой попыткой соединить представления о составе и строении органических соединений. Создатели теории Ф. Вёлер и Ю. Либих считали, что в соединении заключена постоянная (сложный радикал) и переменная части. Нередко с последней были связаны функции и класс соединения. Основанием для таких утверждений послужил и открытый ими радикал $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}$ — бензоил (этот радикал переходил без изменения от одного соединения к другому — ангидрид и бензойная кислота, хлорид бензоила и др.). Вскоре Ю. Либих доказал существование радикала C_2H_5 , а Ж. Дюма и Э. Пелиго — CN ¹. В 1837 г. Ж. Дюма и Ю. Либих назвали органическую химию химией радикалов, а крупнейший авторитет того времени Я. Берцелиус видел в этом подтверждение своим дуалистическим представлениям о строении химических соединений.

Ю. Либиху принадлежит и определение понятия «сложный ра-

дикал»: 1) R является составной частью ряда соединений RX; 2) R может замещаться в соединениях другими телами (R'); 3) другая составная часть соединения (X) может замещаться другими телами (X₁).

Такая формулировка, по существу, была первой попыткой постулировать через постоянство сложного радикала неизбежность химической формы соединения, учитывающей как его состав, так и химическое строение в общем виде. При этом основывались на реакциях замещения, что в дальнейшем нашло выражение в теории типов (Ш. Жерар, 1853).

Роль учения о радикалах этим не исчерпывается. Радикалы сыграли важную роль в установлении понятия «валентность» (Э. Франкленд, 1852), в изучении состава силикатов и механизма химических реакций.

Экспериментальное доказательство индивидуального существования свободных радикалов связано с именем М. Гомберга. В 1900 г. он получил трифенилметил $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C}$, способный к существованию в свободном виде.

Продолжительность жизни радикалов, как правило, исчисляется 10^{-4} с, что, однако, больше того времени, в течение которого осуществляется элементарный химический акт (перестройка химических связей в момент взаимодействия).

Существование неспаренных электронов на внешней орбите одного из атомов, составляющих радикал (свободная валентность), делает эту частицу не только реакционноспособной, но и определяет целый ряд ее индивидуальных свойств: парамагнетизм, окраска и т. п. Эти свойства используются при обнаружении свободных радикалов (методы ЭПР, УФС, ИКС и др.). Высокая реакционная способность приводит к тому, что радикалы вступают в реакции димеризации, присоединения, диспропорционирования, рекомбинации, замещения, распада.

Радикалы могут быть получены при электронных и ионных ударах, при высокомолекулярном термоллизе, фотолизе и радиоллизе. Так, в водородном пламени обнаружены радикалы H, OH, O, HO₂ и др. В настоящее время хорошо известны многие неорганические радикалы: BH, NH, PH, SH, CN, NH₂, CF₂, C₃, N₃, CS и др. Осуществление с их помощью цепных реакций (Н. Н. Семенов и др.), например реакций полимеризации, имело огромное научное и промышленное значение.

К частицам, являющимся фрагментами («осколками») атомов и молекул, относятся также *ион-радикалы*. Они несут одновременно заряд и неспаренный электрон.

Каждую из производных форм организации вещества (ион, радикал, ион-радикал) можно рассматривать как некую составную часть основной формы. К ним можно отнести молекулу и кристалл, или макромолекулу. Следовательно, и атом (как физическая форма организации вещества), т. е. «кирпичик», из которого построены природные объекты, и молекула, и кристалл («типично» химические формы) выступают в этом случае не только

¹ Здесь приведены современные формулы соединений.

как целое, но и как система взаимодействующих частиц. Постоянство этих систем делает их естественными факторами, формами реализации материальности мира, а их изменчивость — факторами его многообразия, движения и развития.

В условиях нашей планеты возможно существование и других более сложных химических систем. Постоянство и изменчивость их форм подготовлены химическими факторами, но подчиняются специфическим законам, изучаемым биологией (и связующими, интегрирующими, науками, т. е. биохимией, биофизикой, биоэлектрoхимией, квантовой биохимией и т. п.) и геологией (геохимией, биогеохимией, геохронологией и т. д.). Такими химическими соединениями или их фазами являются макросистемы: 1) истинные растворы; 2) коллоидные растворы; 3) минералы; 4) сложные химические соединения в растительных и животных организмах.

Окружающий нас реальный мир состоит из химических систем. В природе трудно, почти невозможно создать условия для получения абсолютно чистого вещества. Поэтому такие открытые системы, как кристаллы, содержат примеси¹, а получение идеального монокристалла требует специальных лабораторных условий (одно из них — чистый и глубокий вакуум — реализуется на космических кораблях).

Рассмотрим перечисленные выше четыре типа форм организации вещества.

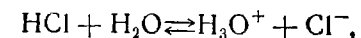
Растворы. *Истинные растворы* — однофазные физико-химические системы переменного состава, куда входят не менее чем два независимых компонента. Их образование определяется таким свойством, как растворимость, т. е. способность одних веществ давать однородную (гомогенную) систему, распределяясь среди молекул (частиц) другого вещества. Это своеобразное комплексное соединение, содержащее одну, две и более координационных сфер и, стало быть, переменное координационное число.

С точки зрения теории химической связи образование растворов объясняется возникновением межмолекулярных взаимодействий (иногда, водородных связей, например в системе спирт — вода), а с точки зрения термодинамики процесса — возрастанием энтропии при смешении компонентов. При таком взаимодействии получается равновесная однофазная система. Физико-химической ее и именуют потому, что, с одной стороны, при образовании растворов может проходить дезагрегация (растворение твердого вещества в жидкости) или агрегация (растворение газа в жидкости) растворенного вещества (физический процесс, подобный фазовому переходу), а с другой стороны, устанавливается химическое равновесие, определяемое природой пары: растворенное вещество — растворитель. Хотя состав раствора нередко может меняться в широких пределах, однако индивидуальные свойства

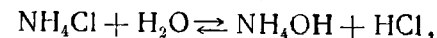
¹ Минералы не являются индивидуальными химическими соединениями. Вода (минерал) содержит растворенные в ней вещества, а многие природные продукты (нефть) являются смесями.

взаимодействующих веществ приводят иногда к ограничениям (например, в воде может быть лишь 39 мас. долей (%) хлороводорода, а спирта — 96). Как известно, растворы отличаются как от механических смесей (однородностью), так и от химических соединений (неподчинение закону эквивалентов и постоянства состава, хотя закону кратных отношений они, в известных пределах, иногда подчиняются).

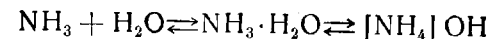
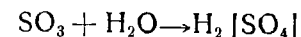
Взаимодействие электролитов (вещества с ионной и полярной ковалентной связью) с растворителями полярного типа (H_2O , NH_3 , HCN и т. д.) приводит к образованию ионов:



к реакциям сольволиза (гидролиза):



к донорноакцепторным взаимодействиям, ведущим к образованию аутокомплексов в растворе, и т. д.:



Твердые растворы — однородные кристаллические или аморфные фазы переменного состава, состоящие из двух и большего числа компонентов. Частным случаем твердых растворов являются *изоморфные смеси*. Последние представляют собой смешанные кристаллы, образованные сходными по строению компонентами.

Представление о твердых растворах введено в науку Я. Вант-Гоффом в 1890 г. Спустя несколько лет Т. Розебом вывел основные типы диаграмм состояния двойных систем с твердыми растворами, применив термодинамический метод.

Кристаллические твердые растворы однофазны. По своему строению твердые растворы относятся к одному из следующих трех типов: замещения, внедрения и вычитания. В первом случае атомы или ионы одного элемента замещают атомы другого в его кристаллической структуре (интерметаллические соединения, изоморфные смеси), во втором случае атомы одного вещества располагаются в промежутках (межузлиях) кристаллической решетки другого (например, твердые растворы углерода в железе), в третьем — образуются «дефектные» структуры, т. е. в решетке имеются незанятые места, что характерно для соединений переменного состава.

Одним из давно известных твердых растворов является стекло — аморфный изотропный материал, используемый в быту. Его получают переохлаждением расплавов некоторых оксидов, боратов, фосфатов, силикатов. Переохлажденные системы термодинамически неустойчивы и при определенных условиях кристаллизуются (ситаллы).

Широкое применение твердых растворов в современной технике привело к интенсивному изучению состава, строения и свойств

металлических твердых растворов, природных твердых растворов (например, цеолитов, полевых шпатов). А развитие биологической химии привело к изучению растворов высокомолекулярных соединений (хотя последние образуют скорее не твердые, а истинные растворы и коллоидные системы). Так было выяснено, что для образования непрерывных твердых растворов (т. е. растворов с неограниченной растворимостью компонентов) необходимы следующие условия: 1) одинаковый или близкий тип кристаллической решетки; 2) разность атомных радиусов компонентов не должна превышать 13,5%; 3) все компоненты должны быть химически сходными.

Коллоидные растворы — дисперсные, гетерогенные системы, имеющие поверхность раздела между дисперсной фазой и дисперсной средой. Термин «коллоиды» (клееподобные тела) был введен в 1861 г. английским химиком Т. Грэмом, который делил все вещества на кристаллоиды (кристаллизующиеся тела) и коллоиды (аморфные тела). С помощью сконструированного им диализатора Т. Грэм установил, что желатин и другие желеподобные вещества не проходят через перепонку (мембрану) диализатора. Т. Грэм связал коллоидное состояние вещества с особой формой сегрегации материи. Т. Грэм получил коллоидные растворы кремниевой кислоты, гидроксидов железа, хрома и алюминия. Жидкие коллоидные системы он назвал *золями*, а содержащие твердые частицы — *гелями*. Эта классификация в дальнейшем уточнялась и пересматривалась.

В настоящее время правильнее говорить о коллоидном состоянии вещества. В этом состоянии они могут пребывать, находясь в высокодисперсном виде. Размер частиц в различных химических системах определил их классификацию: истинные и коллоидные растворы и грубодисперсные системы.

Предельно высокодисперсные гетерогенные системы характеризуются специфическим характером взаимодействия на границе раздела фаз. Важнейшей величиной, определяющей их свойство, является удельная свободная поверхностная энергия. Такие системы обычно термодинамически неустойчивы и самопроизвольно разрушаются в процессе агрегирования частиц (коагуляция, коалесценция).

В настоящее время принята следующая классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсной среды (см. табл. на с. 63).

Коллоиды — физико-химические системы. Таким названием подчеркивают их соотнесенность (понятия, теории, методы исследования) с исторически сложившимися в ходе изучения природных объектов веществами и системами, главным образом растительного и животного происхождения. Их получение и изучение нередко опиралось на использование таких явлений, как осаждение, коагуляция и т. п. К ним относятся почва как коллоидная система и минерал, природные воды как минерал литосферы.

Минерал — природное тело, приблизительно однородное по хи-

Дисперсная среда	Дисперсная фаза	Типы дисперсной системы	Примеры
1	2	3	4
Жидкость	Твердое тело	Суспензия, золи	Золи металлов, природные воды
Жидкость	Жидкость	Эмульсии	Молоко, нефть
Жидкость	Газ	Пены, газ, эмульсии	Мыльная пена
Твердое тело	Твердое тело	Минералы, сплавы	Рубин, сталь
Твердое тело	Жидкость	Пористые тела	Минералы
Твердое тело	Газ	Пористые тела	Сухой грунт, активированный уголь
Газ	Твердое тело	Аэрозоли	Пыль, дым
Газ	Жидкость	Аэрозоли	Туман, облако

мическому составу и физическим свойствам, образующееся в результате физико-химических процессов, совершающихся в земной коре. Минералы являются составными частями горных пород или руд.

В зависимости от типа атомов минералы складываются из простых и сложных веществ, а также продуктов их взаимодействия. По своей структуре они могут быть соединениями: 1) с острыми группами (ковалентные молекулярные — самородная сера, ковалентные ионные — селитры), с цепочечными группами (самородный селен, силикаты), со слоистыми группами (графит, мусковит), с каркасными группами (полевые шпаты).

В развитии минералогии основными направлениями в разное время были описательное или морфологическое (состав), структурное (геотектоника — строение формы минералов), генетическое (происхождение минералов), историческое (развитие геологических процессов), динамическое (геологические процессы) и т. д.

Картину еще более усложняет раскрытие взаимосвязи состава и строения минералов.

Исследование минералов и геологических (геохимических) процессов осуществляется в настоящее время на атомном уровне. Сложнее обстоит дело с раскрытием специфики явлений на уровне геологической формы движения материи, тем более что с нею в ходе эволюции оказались тесно сплетенными биологическая форма движения материи и техническая деятельность людей.

Выдающийся советский кристаллограф А. В. Шубников писал в одном из своих историко-философских очерков: «...в природе не существует ничего, кроме более или менее устойчивых индивидов и сред, а также неустойчивых промежуточных беспорядочных образований, происшедших из ранее бывших индивидов и сред или в будущем превращающихся в новые индивиды и среды»¹.

¹ Шубников А. В. У истоков кристаллографии. М., 1972, с. 3.

Отказываясь от попытки дать точное определение этих понятий, так как они затрагивают еще более сложные, автор далее все же решил привести примеры «законченных» материальных образований, отнеся к таким индивидам атом, молекулу, кристалл, растение, животное, планету, а к средам такие объекты, как воздух, вода, кристаллическая решетка, однородное электрическое или магнитное поле, межзвездное пространство и т. д. Причем в зависимости от условий и обстоятельств один и тот же материальный объект может выступать и как индивид, и как среда, например вода.

Разделение веществ на индивиды и среды осуществляется в соответствии с целями исследования. Признавая индивид конечным и неделимым, мы делаем его структурным элементом системы. Он неоднороден, индивидуален и имеет определенную форму. Среда в таком случае бесконечна, не имеет формы, делима и однородна. Классификация объектов затрудняется тем обстоятельством, что естественные среды бывают непрерывными и прерывными. Примерами первых могут служить физические поля: магнитное, электрическое, гравитационное и др., примерами вторых — кристаллическая решетка, состоящая из правильно расположенных в пространстве атомов, большие количества одинаковых биологических единиц — колонии бактерий, ткани животных, состоящие из одинаковых клеток, «коллективы» насекомых и т. д.

Химические соединения обеспечения живого. С таких же позиций целесообразно рассмотреть и *витаорганику* (назовем так группу химических соединений и их биохимических производных, обеспечивающих функционирование живого).

Что такое жизнь? Ответить на этот вопрос — значит разрешить одну из мировых загадок. В этом явлении причудливо смешивается индивидуальное и общее, прерывное и непрерывное, скоротечное и вечное. Жизнь — это результат естественной эволюции, наиболее сложная форма движения материи. Ее нельзя объяснить в рамках механической, физической, химической и даже биологической картины природы. Связать ее с каким-либо конкретным материальным носителем можно, но этого недостаточно для объяснения самого феномена живого. В основе его постижения лежит познание такого принципа организации материальной системы, который обеспечивает: устойчивость (по форме) и зависимость от внешней среды (по содержанию), самоочищение, сопротивляемость внешним воздействиям, саморегулирование и саморазвитие, воспроизводимость, т. е. ряд противоречивых параметров, в которых сквозь строй сохраняемости (постоянства) и изменчивости во времени доминирует природ численности одних особей (население Земли за последние 100 лет возросло в 6 раз) и гибель других (несколько сот представителей флоры и фауны внесено в Красную книгу).

На нашей планете жизнь связана в первую очередь с соединениями углерода. Этот элемент — один из самых распространенных, а число его соединений превышает в несколько раз число

соединений, которые при обычных условиях образуют все другие элементы периодической системы. Объяснение лежит в понимании индивидуальных свойств углерода: ядерных и электронных.

В состав органических соединений входят, помимо кислорода и водорода, некоторые другие органогены: азот, сера, фосфор. Жизненно важные функции особой растительного и животного мира обеспечивают также соединения еще более десяти элементов («металлы жизни»).

Каков же химический состав живой материи? Вслед за В. Ф. Мартыновым назовем соединения, его обеспечивающие, химической статикой живого¹. Это белки, нуклеиновые кислоты, липиды и полисахариды. Все они относятся к биополимерам. При этом, однако, приходится учитывать следующее: наблюдается разнообразие, биохимическая индивидуальность даже у организмов или особей одного вида. А «присущие всем веществам бертоллидность и гомологичность еще более затрудняют химическую интенсификацию веществ и делают исследования живого состояния методом «от росинки — к океану» практически безнадежным»².

Динамическую сторону химии живого составляет *обмен веществ* (метаболизм). Он имеет качественную (появление метаболитов) и количественную (непрерывность) стороны. Последнее даже на уровне бактерий характеризуется бесчисленным множеством химических реакций, в которых участвуют 2—3 тыс. ферментов. Системной стороной метаболизма является согласованность указанных реакций.

К процессам обмена веществ могут быть применены термодинамический, кинетический (катализ), информационный и кибернетический подходы. С термодинамической точки зрения обмен веществ — борьба с возрастанием энтропии. Так как живые организмы можно рассматривать как открытые неравновесные системы с высокоупорядоченной организацией, то поступающая извне пища позволяет бороться с повышением энтропии внутри организма, но нарушения второго начала термодинамики нет, так как повышается энтропия окружающей среды за счет выделения из организма продуктов метаболизма. Кинетический аспект связан со спецификой реакций с полифункциональными биополимерами и особыми каталитическими процессами.

Теория информации и кибернетика предполагают естественное для сложных систем наличие «шумов». Заданность химических процессов при метаболизме может нарушаться тепловым движением молекул. «Броуновские флуктуации» сбивают строгую согласованность химических процессов при метаболизме. В нашем организме без его остановки происходит непрерывный «ремонт», о чем свидетельствует ежедневное обновление (распад — синтез) приблизительно 400 г белка при средней массе организма в 70 кг.

В. Ф. Мартынов приводит следующее определение жизни в ее

¹ Мартынов В. Ф. Биополимеры и жизнь. — В сб.: На перекрестках химии. Л., 1980, с. 67.

² Несынов Е. П. Живое глазами химика, Киев, 1981, с. 4.

элементарной форме: «...способ существования открытых коллоидных систем, содержащих в качестве обязательных элементов соединения типа белков, нуклеиновых кислот и фосфорорганических веществ, обладающих свойствами саморегулирования и развития на основе накопления и преобразования вещества, энергии и информации в процессе их взаимодействия с окружающей средой»¹. Такое определение основано на познании частей целого (живой организм) и интуитивном осознании его новых качеств. Сложность фиксации этих качеств определяется многоступенчатостью эволюции живого (атомы — молекулы — агрегаты молекул — мицеллы — коллоиды — клетка — ткань — органы — организм — колония — сообщество живых организмов).

Каждая ступень несет нечто новое по сравнению с предыдущей. Законы возникновения нового качества и утраты части старого на новом уровне далеко еще не раскрыты, особенно с переходом к более сложным формам.

Большое значение приобретает при таком подходе изучение взаимодействия отдельных компонентов развивающейся системы. В настоящее время актуальной считается задача изучения взаимодействия белков и нуклеиновых кислот. Выявилось, что при этом осуществляется избирательность взаимодействия, которую именуют узнаванием (ферменты узнают необходимое место ДНК, с которого надо снять копию, транспортные РНК совместно с ферментами узнают требуемую аминокислоту, а затем и ее место на шаблоне при сборке белковой молекулы).

Принцип узнавания важен для понимания механизмов агрегации компонентов живой материи: образования четвертичной структуры белков, вторичной структуры нуклеиновых кислот, отыскание ферментами своих субстратов, гормонами своих мишеней-рецепторов, антителами своих антигенов и т. д.

Важную роль играют также исследования природных мембран, осуществляющих метаболические функции. С их помощью будет раскрыта (и частично это уже сделано) динамика жизненных процессов.

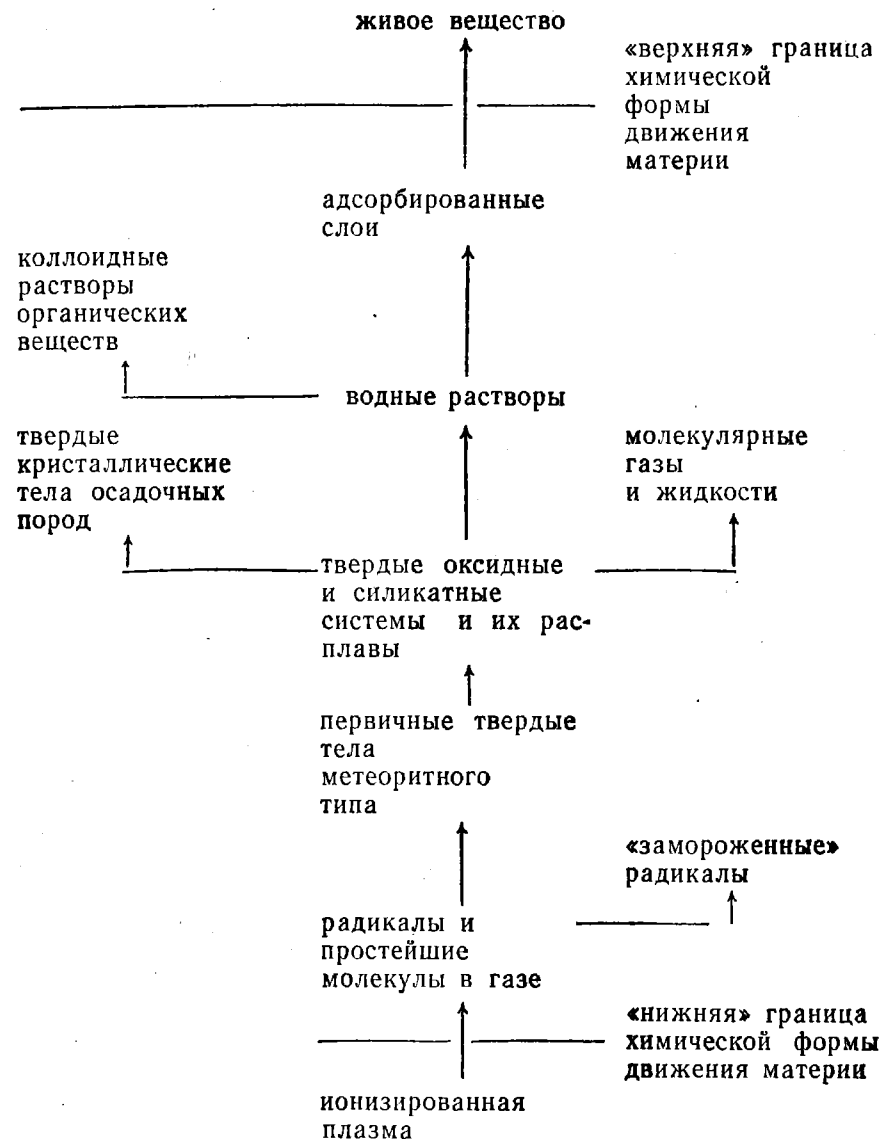
Вирусы и бактериофаги — вот граница, где сегодня, как считают, проходит качественная ступень в организации живого.

Атмосфера, гидросфера, литосфера, ноосфера, техносфера, биосфера — все эти взаимосвязанные и взаимопроникающие области материального мира состоят из названных выше физико-химических форм организации вещества:

атомы,	истинные растворы,	минералы,
молекулы,	коллоидные	химические системы
кристаллы	системы	обеспечения
		живого

Эволюция вещества в природе проходила в последовательности, представленной на схеме:

¹ Мартынов В. Ф. Биополимеры и жизнь. — В сб.: На перекрестках химии. Л., 1980, с. 67.



Глава II. СТРУКТУРА ЭЛЕМЕНТАРНОГО УРОВНЯ ХИМИИ

§ 1. Основные понятия химии: элемент, соединение, реакция

Одна из задач любой науки — систематизация материала. При этой логической операции осуществляется переход от индивидуальных признаков (подчеркивается различие всех сравниваемых предметов или явлений) к специфическим признакам (от-

мечаются общие признаки, характерные для части или совокупности сравниваемых объектов) и, наконец, к общим признакам (путем абстрагирования от индивидуального и специфического).

Такими тремя основными понятиями в классической химии стали: «элемент», «соединение», «реакция». К ним химия пришла, освободившись от понятий «тело», «вещество», которые утратили первоначальный статус основных, характерный для «эмбрионального» периода существования химии, когда господствовали натурфилософские и механистические представления. Эти понятия сохранили ранг общенаучных понятий или представлений. Химия освободилась и от понятия «химическое сродство» (теплород, флогистон), характерного для механистических объяснений причин взаимодействия.

Позже пришли представления, основанные на избирательности: химическая активность, реакционная способность. Связав свои представления с понятием «химическая реакция» — направление химического процесса, химическое равновесие, химическая кинетика (энергетический аспект) и механизм химической реакции (химическая избирательность, в которой, помимо отбора по энергиям, заключен отбор «по геометрии»), — химия получила возможность построить свою теорию на законах термодинамики, кинетики, квантовой механики.

Понятие «химический элемент» — абстрактное понятие, оно выражено через конкретное понятие «атом» (атом в свободном и атом в связанном состоянии). Это самое общее понятие химии. Из атомов состоят молекулы и кристаллы. Но в атомной физике атом — сложная система.

При рассмотрении строения атома используется его квантово-механическая модель, основанная на принципах и категориях волновой механики и квантовой химии (принцип неразличимости электронов, принципы неопределенности, дополнителности и соответствия, принцип Паули и принцип Хундта и т. п.). Понятия об атомной орбитали, орбитальном радиусе и видах симметрии, необходимые при описании молекул и кристаллов, основаны на этой модели.

Понятие «химическое соединение» — менее абстрактное (более конкретное). Оно может быть рассмотрено на разных уровнях, поэтому выражается через все концептуальные системы: учение о составе (понятия «молекула», «химическая формула», основанные на законе постоянства состава, нестехиометрические соединения), учение о строении (химическое строение молекул, электронное строение всех химических частиц, пространственное строение молекул и кристаллов), учение о свойствах (монотонность, периодичность), учение о химическом процессе (химическое соединение — сложная система; термическая диссоциация; условия существования, форма существования; соединения переменного и постоянного состава; химическое соединение, компонент — часть химической системы, и т. д.).

Понятие «химическое соединение» — центральное понятие химической статики. В этом понятии наиболее четко выражена специфика объектов химии: сочетание прерывного и непрерывного, относительность химических свойств, противоречивость химической формы движения материи, потенциальные возможности и направления изменения, условия их реализации, форма существования.

Наконец, понятие «химическая реакция» было призвано зафиксировать изменение состава конечных продуктов реакции по сравнению с начальным. Оно отражается уравнением реакции и абстрагируется от условий, механизма, промежуточных стадий, скорости и других факторов пространственно-временного континуума. В уравнение реакции могут быть включены лишь сведения об энергетическом изменении (термохимические уравнения).

Понятие «химическая реакция» — центральное понятие химической динамики. Оно рассмотрено в трудах, посвященных учению о химическом процессе. В нем выражена специфика химических превращений, отличающая их от механических и биологических изменений.

Классификация химических элементов и соединений обоснована учением о периодичности. Это учение продолжает развиваться и в настоящее время, что связано с более глубоким проникновением в строение атома, раскрытием природы химической связи, исследованием основных и производных форм организации вещества, принадлежащих неживой (минералы) и живой (организмы) природе или относящихся к синтетическим материалам (композиты).

§ 2. Основные понятия химии: категория, закон, принцип

Начатая еще в трудах Я. Вант-Гоффа разработка проблемы классификации химических реакций уточняется в связи с углублением наших представлений о всех сторонах механических, физических, химических, биологических процессов, их взаимопереходов, в связи с созданием общей теории систем, раскрытием понятия «информация» и т. п. Все основные учения химии опираются, таким образом, на соответствующие категории (состав, строение, свойство; часть, целое; условие, направление, равновесие, скорость изменения; явления, сопровождающие химические изменения, — энергетические эффекты, изменения объема и т. п.; механизм), а также законы сохранения массы и энергии и изменения (второй закон термодинамики) и принципы организации микромира (симметрия, неопределенность).

Среди законов химии самым важным является закон сохранения химических элементов. Можно сказать, что это — первая аксиома в химии. Она определяет «нижнюю» границу химических явлений: химическими называются те явления, при которых ядерные заряды вступающих в реакцию атомов сохраняются, а изме-

нение электронной плотности взаимодействующих атомов приводит к изменению состава соединений.

Из закона сохранения элементов (ядерных зарядов) вытекают другие: закон сохранения массы и закон сохранения энергии. (Масштабы энергетических изменений при химических реакциях не дают возможности проявляться закону Эйнштейна, согласно которому $\Delta E = \Delta mc^2$.) Закон сохранения массы был исторически обоснован атомно-молекулярной теорией (вещества при химических реакциях обмениваются атомами), а закон Гесса (химический, а вернее, термохимический аналог закона сохранения энергии) вытекает из первого принципа термодинамики.

В конце XVIII в. был открыт закон весовых химических отношений — закон эквивалентов Рихтера. Он гласит: относительные качества двух эквивалентов, соединяющихся друг с другом, должны сохраняться также и в их соединениях с третьим элементом (разумеется, если такая реакция мыслима и возможна). С открытием законов Фарадея закон эквивалентов еще более укрепился, получив физическое подтверждение.

Как уже отмечалось ранее (с. 53), основные законы химической атомистики были сформулированы при изучении газообразных веществ. Вот почему, анализируя эти законы, Д. И. Менделеев называет их тремя законами химического поведения вещества в газообразном состоянии: 1) закон Авогадро — Жерара, 2) закон Гей-Люссака, 3) закон Генри — Дальтона. На этом этапе учение о химическом соединении опиралось на понятие «молекула». Именно оно стало центральным в учении о составе, о химическом строении органических соединений и в формировании представлений о химическом уравнении. Поэтому в «Основах химии» Д. И. Менделеев перечисляет следующие три закона определенных химических соединений: 1) закон кратных отношений Дальтона; 2) закон постоянства состава; 3) закон Дави и эквивалентов.

Однако химическое соединение выражалось не только в молекулярном (определенный состав), но и в кристаллическом (неопределенный состав) виде.

Понятие «химическое соединение» имеет много общего с понятием «химический элемент». Это одно из самых общих, абстрактных понятий химии лишь на одну ступень уступает химическому элементу: оно не включает свободные изолированные атомы, а поэтому и такую форму существования элементов в виде простых веществ, которая присуща благородным газам.

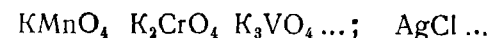
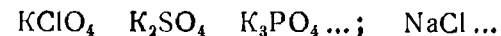
Будучи формой существования всех атомов в связанном виде, химические соединения охватывают самые разнообразные сочетания атомов в газообразном, жидком и твердом состоянии, в растворах и в плазме, в молекулах, кристаллах и аморфных телах и т. п. В космосе, ядре Земли, атмосфере, гидросфере, литосфере, в биосфере, т. е. в естественных условиях, находятся также ионы, радикалы, ион-радикалы, молекулярные ионы, молекулярные радикалы, молекулярные ион-радикалы и различные сложные фа-

зы, агрегаты и композиции. Они появляются в результате деятельности человека.

Минералы одного вида могут отличаться друг от друга в зависимости от места нахождения, т. е. условий образования, среды, возможности миграции компонентов. Точно так же и химические соединения имеют разные формы существования (модификация) в зависимости от условий существования.

Еще в прошлом веке, анализируя материал о формах бинарных соединений, Д. И. Менделеев сформулировал ряд принципов, которым подчиняется состав бинарных соединений. Во-первых, это принцип индивидуальности и периодичности. В соответствии с ним каждое химическое соединение индивидуально. Эта индивидуальность особенно резко проявляется у некоторых элементов, что теперь находит объяснение в свете представлений об особенностях электронного строения атомов-аналогов. Эта черта ярко проявляется также при сближении атомов. Для веществ в жидком и, особенно, в твердом состоянии прослеживаются отступления от простых законов, но в противовес принципу индивидуальности действует принцип периодичности — подчинения общему. Так, у всех электронных аналогов (полных и неполных) одной группы наибольшее химическое сродство, как правило, наблюдается у соединений в высшей степени окисления, т. е. соединений одной формы, одного типа связи (потеря индивидуальности).

В результате действия принципа замещения появляются изомерные соединения:



В более узком интервале (специфические свойства p -элементов) действует принцип четности. Он заключается в следующем: атомы элементов четных групп образуют устойчивые соединения с четной валентностью, нечетных групп — с нечетной валентностью. В дальнейшем были открыты явления немонокотного изменения свойств в группах и рядах периодической системы: принцип (явление, правило) внутренней и вторичной периодичности.

Что касается образования соединений второго порядка (комплексные, координационные соединения), то здесь основополагающей стала идея центрального атома, намеченная еще Д. И. Менделеевым (отказ от цепеобразования неорганических соединений, предложенного в рамках теории постоянной валентности, выдвижение общей формы соединения второго порядка RX_n с равноправными связями). Эту идею рассматривают в плане применения принципа симметрии в химии (он проявляется при образовании как закрытых систем — молекул, так и открытых — кристаллов, комплексных соединений).

Однако в химии действует и противоположный принцип десимметризации. Например, с повышением температуры нарушается гармоничность колебаний атомов в молекулах и кристалли-

ческих решетках. Постепенное нарастание этой агармоничности доходит до своего предела: соединения диссоциируют, в результате чего образуются продукты диссоциации — новые формы, более устойчивые к воздействию температуры, т. е. более симметричные в данных условиях.

Глава III. СТРУКТУРА КОНЦЕПТУАЛЬНОГО УРОВНЯ ХИМИИ

§ 1. Химическая статика и динамика

Концептуальный уровень химии определяется задачами химической науки (создание материалов и источников энергии), спецификой ее объектов (атомы являются предметом изучения химии и атомной физики; молекулы — молекулярной физики, химии и молекулярной биологии; кристаллы — кристаллофизики, физики и химии твердого тела, геохимии и минералогии; макромолекулы — физики и химии полимеров, макромолекулярной химии, биоорганической химии и т. п.).

Основными концептуальными системами в химической статике являются: учение о составе, которое рассматривается на атомно-молекулярном (химическая формула), термодинамическом (фаза, компонент, система) и электронно-ядерном (соединения переменного состава, области микронеоднородности и т. п.) уровне; учение о строении (основанное на химическом, электронном и ядерном уровнях); учение о свойствах, в котором отражены взаимосвязь свойств с составом и строением на разных уровнях, сравнительные ряды «химической активности», ионогены, цецеобразователи, комплексообразователи и т. д.

Для химической динамики (учение о химическом процессе) характерны четыре системы понятий: учение о химическом равновесии (динамический характер), учение о скоростях химических реакций (вероятность столкновений, энергия активности и т. д.), учение о механизме реакции и элементарном акте (активированный комплекс, переходное состояние), учение об управлении химическим процессом (принципы оптимизации, определяемые, с одной стороны, законами механической и химической технологии, с другой — химической термодинамики, кинетики, катализа и т. д.). Первыми тремя группами понятий занимается физическая химия.

Выявление условий протекания реакций, классификации химических реакций определяются основными законами, понятиями, принципами и идеями указанных систем понятий.

Если при рассмотрении основного звена химической статике (учение о свойствах) мы имели триаду зависимости: свойство есть функция состава и строения, то управление химическим процессом уже определяется тетрадой: управление процессом осуществляется в результате вскрытия механизма элементарного акта, определения условий протекания реакций, скорости этого изменения, возможности течения обратной реакции. При перехо-

де от лабораторных приборов к полупромышленной установке и к промышленному реактору необходимо учитывать зависимость процесса от множества дополнительных внутренних и внешних причин, а также экологические факторы.

Методологическим проблемам взаимосвязи физики и химии посвящено немало философских и науковедческих исследований, по этому вопросу высказывались крупнейшие физики, физико-химики, химики, историки. Удачно суть этой проблемы выразил профессор Г. М. Шваб, который определил роль физической химии. Он сказал, что «она оказывает помощь другим наукам в их развитии в сторону все большей точности. Но вытекает ли это из ее метода или из ее содержания? Ее метод тот же самый, что и у других наук: сперва наблюдение и его воспроизведение, потом резюмирующее описание и, наконец, математическая формулировка и прогноз... физическая химия, возможно, сумела этот метод особенно хорошо развить благодаря тому, что перед нею стояла задача систематизировать материал химических наблюдений, которые, с одной стороны, отличаются большим разнообразием, с другой — легко поддаются воспроизведению. В этом состоит и педагогическое значение физической химии, делающее ее краеугольным камнем и венцом химического образования»¹.

Формирование научных теорий как бы четырехступенчато: 1) выявление отношений между свойствами объектов одного уровня или разных уровней (сравнение, аналогии, подобие); 2) установление взаимосвязи между ними на основании общепринятой модели; 3) поиск количественных критериев раскрытия функциональной зависимости и создание теории; 4) раскрытие областей применимости теории и ее функций (взаимосвязь с другими системами понятий, практическое значение).

Хорошо известно, что модели, которые при этом выбирают, призваны способствовать разработке абстрактных теорий. Причем на смену механическим моделям все чаще приходят математические, являющиеся еще более высокой степенью абстракции, а потому и теряющие наглядность.

Разные уровни описания наблюдаемых в природе процессов и явлений и разные цели, которые при этом преследуют, ведут к необходимости использовать и строить разные модели. При этом, как отмечает И. Ленгмюр, наш выбор может лежать не между фактом и гипотезой, а только между двумя понятиями (или двумя моделями), которые дают нам возможность лучше или хуже описывать природные явления. Под «лучшим» или «худшим» при этом подразумевается приближенность, простота или большая сложность, большие или меньшие удобства, большая или меньшая общность².

¹ Шваб Г. М. Место физической химии в современном естествознании. — В сб.: Методологические проблемы современной химии. М., 1967, с. 114—115.

² В марксистской методологии соображения «удобства» рассматриваются как в большей степени субъективные, тогда как в процессе познания следует рассматривать адекватность отображения.

Причинность в диалектическом ее понимании не обязательно означает однозначность¹ и вероятность не есть неопределенность, напротив, она есть фиксация уровня определенности, т. е. границы здесь подвижны: нет математически однозначного соответствия между причиной и следствием, но есть определенный уровень, предел, граница, которые могут фиксироваться вероятностным соотношением.

Проблема доказательства и опровержения или истинности теории в физике решена определенным образом: путем построения моделей, описывающих все большее число веществ или явлений. Так, например, в квантовой химии на смену понятия «валентность», а затем и методу валентных схем пришли разновидности метода молекулярных орбиталей, как охватывающие широкий круг соединений.

Исторически возникшее интуитивно понятие о валентности и расчет электронной плотности в конкретном веществе нуждались в соответствующем объяснении. Теория должна была описать все известные соединения, их состав и строение. Здесь можно заметить лишь, что исторически такой вопрос возник раньше, чем появилась квантовая механика. Он возник еще в середине XIX в., когда одно и то же понятие стали рассматривать, с одной стороны, «от атома» — свойство атома, вычисленное из изучения свойств молекулы, а с другой стороны — «от молекулы», так как непосредственно соответствующие свойства атома измерены не были.

Метод валентных схем исходит из сохранения индивидуальных атомов в молекуле, а метод молекулярных орбиталей учитывает их «в действии».

Указанные общенаучные понятия могут быть рассмотрены с позиции философских категорий устойчивости (сохраняемости) и изменчивости. При химических реакциях сохраняется часть системы, относящаяся к одной форме организации вещества (ядро и невалентные электроны — атомный остов), а изменяется другая часть системы (валентная зона, вакантные орбитали). Энергетические изменения, в ней происходящие, — величины качественно иного порядка, чем те, которые могли бы «задеть» структуру ядра и вызвать ядерные реакции.

Проблема «состав — строение» в этом случае может быть освещена при учете таких же методологических основ, какие были приняты во внимание физиками при рассмотрении категории «пространство — время».

Пока химики строили систему понятий на языке механической картины природы и физики молекул, атомно-молекулярная теория вполне себя оправдывала и подтверждалась экспериментом, хотя и не обладала предсказательной силой. Но как только химики пе-

¹ Примером тому могут служить колебательные или периодические реакции, которые протекают, казалось бы, вопреки второму принципу термодинамики.

решили к исследованию атомно-ионных структур и выявлению механизмов образования химической связи в рамках современной физики и квантовомеханической теории строения атома, положение изменилось. Атомная физика имеет дело с таким поведением материи, которое непосредственно не имеет эквивалента в совокупности чувственных восприятий. И не случайно, что ученые и педагоги самоотверженно трудятся над тем, чтобы уже в школе излагать естественные науки на современной основе.

§ 2. Методы химической науки

Предметом методологии химии является анализ результатов исследований химической формы движения материи и синтез тех конструктивных идей, которые ведут к созданию новых методов исследования, к выработке принципов познания системности химии.

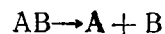
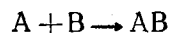
Основой как эмпирического, так и теоретического знания в химии является сравнительный метод. В химии определение абсолютных значений свойств иногда необязательно, так как важнейшие химические свойства относительны (кислотно-основные, окислительно-восстановительные). Поэтому ведущим методом формирования теоретического знания из эмпирического и стало составление рядов активности, плеяд соединений, гомологов и аналогов.

Помимо сравнительного метода, используются еще три ведущих метода исследования вещества: термодинамический, кинетический и квантовомеханический. Основным звеном, или концептуальной системой, связывающей химическую статику и динамику, является учение о химическом равновесии, которое рассматривается на энергетической основе (термодинамика).

Термодинамический метод является методом описания возможного направления химического процесса. Он связан с изучением взаимодействия большого числа частиц в изолированной системе. В XIX в. Р. Клаузиус выдвинул понятие об энтропии как мере беспорядка, выражающей взаимодействие большого числа частиц (статистический процесс). В соответствии со вторым законом термодинамики энтропия вселенной должна возрастать. Применительно к химическим реакциям это означает, что изолированная химическая система — в отсутствие притока вещества или энергии — должна стремиться к конечному состоянию равновесия.

Однако равновесная термодинамика, указывающая направление химической системы к равновесию, строго справедлива только при достижении состояния равновесия. В системах, далеких от равновесия (начало реакции), трудно в реальных обстоятельствах соблюдать условия изолированности (приток энергии или вещества является нередко составной частью самого процесса). Это обстоятельство, в частности, является одной из причин так называемых колебательных химических реакций, при которых колебания концентрации обусловлены возникновением промежуточ-

ных соединений или активированных комплексов, дающих при изменении условий не только продукты следующей стадии, но и начальные продукты. Наличие динамического химического равновесия, по-видимому, должно рассматриваться как одна из аксиом химии:



Следовательно, в уравнениях химической реакции фиксируются только начальные и конечные продукты реакции, а термодинамические расчеты построены на учете начального и конечного состояния в условиях стационарного процесса (при постоянной температуре, при постоянном давлении) и замкнутости системы, чего на самом деле не бывает. Это не означает, что от термодинамического метода следует отказаться. Он работает, как и всякий другой метод, в том интервале, который определен теорией. А теория всегда имеет дело с абстракциями, ибо понятия, которыми она пользуется, — первая ступень абстракции на пути к созданию теории.

Важным для понимания характера химического процесса оказался также подход, который рекомендовал У. Гиббс, сформулировавший в 1876—1878 гг. правило фаз. По У. Гиббсу, самопроизвольный переход вещества из одной фазы в другую возможен только в направлении выравнивания химических потенциалов данного вещества в этих фазах (из фазы с большим потенциалом в фазу с меньшим). Правило фаз выражает соотношение между числом независимых компонентов (K), числом фаз (φ) и вариантноностью системы (V).

$$V + \varphi = K + 2$$

Правило применяется для гетерогенных систем и фаз и действительно при следующих условиях: система находится вне поля сил, отдельные части фаз должны быть настолько велики, чтобы характеризующие ее значения носили статистический характер, фаза не должна обладать сильно развитой поверхностью, тогда можно пренебрегать значением поверхностной энергии.

Основные положения термодинамики необратимых химических процессов также создавались для объяснения различных физических (как у У. Гиббса — фазовые переходы) явлений. Первые найденные на основе опыта уравнения на этом пути были получены при исследовании термоэлектрических явлений и сформулированного тогда же закона теплопроводности.

В последнее время развитие физической химии все более идет по линии раскрытия индивидуальности объектов, изучения отличия кинетических факторов от термодинамических.

Широкое распространение получил *кинетический метод* изучения механизмов химических реакций. Как и в химической термодинамике, в химической кинетике используются определенные модели и начальные условия, позволяющие упростить задачу и

сделать ее общей для различных случаев химического взаимодействия. Начнем с одного из основных уравнений формальной кинетики — закона действующих масс:

$$v = K \prod_i c_i$$

где v — скорость химической реакции; K — константа скорости; $\prod_i c_i$ — математическая запись произведения концентрации реагирующих веществ. Из этой записи можно сделать вывод, что скорость реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ (действует закон больших чисел, которым управляет теория вероятности).

Значит ли это, что для осуществления гомогенной реакции



нужно, чтобы одновременно столкнулось семь молекул? Конечно, нет. Уравнение фиксирует начальные и конечные продукты, а реакция идет через ряд промежуточных стадий. Они-то и определяют (самая медленная из них, ее молекулярность, или порядок) скорость всего процесса.

В кинетике делается предположение, что концентрации промежуточных веществ и скорости стадий в каждый момент времени равны стационарным значениям, т. е. установившимся в течение достаточно большого времени, но для цепных реакций, например, это неосуществимо.

Вычисление скорости реакции на основе закона действующих масс опирается на теорию столкновений. Коэффициент K в уравнении для скорости учитывает отбор молекул по энергиям:

$$\vec{K} = \vec{A} e^{-\frac{E}{Rt}},$$

где \vec{A} — постоянная величина для данной группы веществ; K — константа скорости химической реакции; e — основание натуральных логарифмов; E — энергия частиц; T — абсолютная температура; R — газовая постоянная.

Более перспективным является исследование переходного состояния, или активированного комплекса. Под активированным комплексом понимается конфигурация атомов, возникающая в ходе элементарного акта и отвечающая максимальному значению потенциальной энергии систем.

Трактовка механизмов реакций и строения активированных комплексов, как и многие другие проблемы электронного и пространственного (на ядерном уровне) строения химических соединений, осуществляется с помощью квантовомеханического метода и с использованием понятий квантовой механики (квантовой химии).

В формировании и развитии квантовомеханического метода по сравнению с двумя другими методами, физико-химическими по своей сути, т. е. развивающимися в тесном контакте физики и хи-

мии, есть существенные отличия. Ведь квантовая механика развивалась автономно от химии. Это затруднило контакт ученых, работающих в этих областях, а также трансформацию нового знания в учебное. Историки перечисляют эти трудности. Первая из них — противоречие между принципиальными возможностями квантовой механики и реальной ее «отдачей» в объяснении химизма. Приближенные методы, к которым приходилось прибегать для исследования более сложных систем, не всегда были достаточно надежными и эффективными (они не обладали должной предсказательной силой).

Вторая трудность — психологического плана: консервативно настроенные химики предполагали кризисные явления именно в методологическом плане (и этот кризис действительно наступил). Теория резонанса подверглась особенно острым дискуссиям. Были и более «мелкие уколы»: принимать или не принимать гибридизацию и т. п.

В самой квантовой химии также произошли значительные изменения. Возникли два ее направления: компьютерное и интуитивное.

Под действием успехов квантовой химии пересмотру подвергаются устаревшие химические понятия («валентность») и новые, возникшие во времена господства электронных теорий строения вещества («электроотрицательность», «химическая связь»).

Возникновение квантовой химии явилось результатом экстенсивного (вширь) развития научного знания. Практическое использование квантовой химии в смежных областях, например в химической кинетике, — следствие интенсивного (вглубь) развития науки, а распространение нового знания в пограничные области биохимии — сочетание того и другого.

*
* *

Рассмотрение системности химии показывает, что система философии «накладывается», проявляется в системе химии. В обеих науках выделяются элементарный и концептуальный уровни. Основными элементами первого уровня являются категории, законы, принципы и методы. Поскольку в отличие от философии химия не только теоретическая, но и экспериментальная наука, в ней еще прибавляются понятия «элемент», «соединение», «реакция». Именно поэтому система химии оказывается в целом богаче деталями и оттенками системы философии.

Идентична структура концептуального уровня, посвященного объективной реальности, где химической статике и химической динамике соответствуют учение о предметах и учение о процессах в философии. Концептуальный же уровень, направленный на познание, богаче в философии: если субъективная диалектика состоит из теории познания, методологии и диалектической логики, то «субъективная химия» в настоящее время по сути дела сводится к методологии химии. О собственной выделившейся «хими-

ческой логике» как разработанном направлении говорить пока не приходится.

В обеих науках переход от статики (предмета) к динамике (процессу) приводит к существенному обогащению категориального аппарата. И это свидетельствует о том, что учению о процессах свойствен более глубокий уровень проникновения в сущность явления, чем учению о предметах.

Много общего наблюдается и в истории методологии обеих наук, где на смену внешним методам, заимствованным из других наук, на стадии зрелости приходят методы, имманентные данной науке. Наблюдается смещение акцентов от исследования онтологических и гносеологических проблем к деятельностным аспектам наук.

Вместе с тем, однако, существуют и различия в системах данных наук. Если носителем основного содержания, основным элементом философии (а также и других философских наук) является категориальный класс, то основным элементом химии (как и других естественных наук) является закон. Это объясняется историческими причинами, поскольку с самого зарождения естествознания в XVII столетии знание, систематизированное при помощи законов, длительное время противопоставлялось философским (спекулятивным) знаниям, основанным на категориях. Впрочем, и здесь наблюдается растущее сходство: философия с ее марксистского этапа все большее внимание уделяет законам, а химия, начиная с конференции в Карлсруэ, — своему категориальному аппарату.

Различны и пути формирования законов в обеих науках: если в философии законы характеризуют отношение между противоположными сторонами мира (полярными категориями, их отражающими), то в химии они зачастую лишь обозначают повторяющийся эмпирический факт. Однако по мере фундаментализации химического знания все чаще новые законы образуются здесь по «философскому образцу», т. е. на основе установления отношения между противоположными сторонами.

ЧАСТЬ III ВЗАИМОСВЯЗЬ СИСТЕМ НАУЧНОГО И УЧЕБНОГО ЗНАНИЯ

Структуры научного и учебного знания не изоморфны. Они имеют разную целевую направленность и, если так можно выразиться, темп времени. Если обратиться к химии как науке и как учебному предмету, то с ходом их исторического развития наблюдается все больший разрыв между объемом и содержанием научного и учебного знания. Известно, что одной из черт развития науки является ее детерминированность (или заданность), при этом побудительной силой выступают производство и техника. Здесь действуют внешние факторы, а сама наука выступает как социальный институт, выполняющий заказ общества.

Другая ее черта — саморазвитие, определяемое внутренней логикой и проявляемое в преемственности и традициях и т. п. В этом случае наука выступает как система знаний и определяется такими внутренними факторами, которые связаны с системностью знаний, необходимостью передачи, хранением, а также накоплением и пересмотром информации и т. д.

Наконец, трехаспектность функционирования науки (наука выступает и как результат творческой деятельности людей) предполагает проявления индивидуально-личностных качеств ученых. В результате определяется личная позиция ученого в постановке и решении научных программ, осуществлении внедрения научных достижений в практику, и с ними связана конкретная научная и организаторская деятельность ученого. Эта сторона работы ученых и научных коллективов становится предметом рассмотрения психологов, социологов, философов и составляет предмет психологии научного творчества как науки.

Все три стороны науки взаимосвязаны и находят отражение в научных программах, составляемых учеными. Что же выступает при этом на первый план: социальный заказ общества, внутренняя логика развития науки или индивидуально-личностные качества? Однозначно на этот вопрос ответить нельзя: в одних случаях (технические и прикладные науки) определяющим оказывается социальный заказ общества, в других (фундаментальные науки) — внутренняя логика, в ряде случаев индивидуально-личностные качества ученого позволяют формулировать научные программы разного уровня — от далеко не ординарных, «заряженных» безумными идеями, до ложных.

Ясно одно: образовательная программа, как и научная, прежде всего отражает социальный заказ общества, затем учитывает внутреннюю логику «самодвижения» наук, наконец, исходит из

необходимости всестороннего развития личности, подготовки ее к различным видам деятельности. Даже применительно к будущей научной деятельности на первом месте должна оказаться выработка соответствующих умений и навыков наиболее распространенных операций, требующих наблюдательности, аккуратности, усидчивости, даже терпеливости. Интересно в этой связи замечание, сделанное около 50 лет назад. Оно не утратило своей актуальности. Его высказал А. Ф. Иоффе. Он утверждал, что успех и продуктивность научной работы в гораздо большей степени зависят от качества научных работников, чем от их больших знаний.

В иных условиях и по другому поводу сходные мысли высказал президент АН СССР академик С. И. Вавилов, сравнивший научные открытия со взятием таких «вершин», с которых развевались новые, широкие горизонты. Такими вершинами в истории науки он называл работы И. Ньютона, периодическую систему Д. И. Менделеева, теорию естественного отбора Ч. Дарвина, структурную теорию органической химии А. М. Бутлерова, теорию относительности А. Эйнштейна, теорию квантов Н. Бора. Дальнейшее развитие науки и практики потребовало, однако, чтобы вслед за открытиями «вершин» шло кропотливое изучение «всей местности» вокруг.

Научная деятельность не утратила своей романтики и привлекательности, но превратилась в одну из массовых профессий: ею занимаются не только научные работники и педагоги, но и многие инженеры и другие практические работники, ибо наука стала непосредственной производительной силой.

Химия, ее роль в развитии цивилизации в настоящее время совсем не таковы, что были еще 20—30 лет назад. Химия как учебный предмет не может оставаться теперь лишь «отражением» науки, но должна многое взять и от техники, и от производства: «Наука — сфера исследовательской деятельности, направленная на производство новых знаний о природе, обществе и мышлении, и включает в себя все условия и моменты этого производства: ученых с их знаниями и способностями, квалификацией и опытом, с разделением и координацией научного труда; научные учреждения, экспериментальное и лабораторное оборудование, методы научно-исследовательской работы, понятийный и категориальный аппарат, систему научной информации, а также всю сумму наличных знаний, выступающих в качестве либо предпосылки, либо средства, либо результата научного производства...»¹.

Глава I. МЕСТО ФАКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА В СТРУКТУРЕ ХИМИИ, В ЕЕ ИСТОРИИ И МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ

Азбука диалектики утверждает, — писал В. И. Ленин, — что «никакой отвлеченной истины нет, истина всегда конкретна»². Эта фраза, являющаяся классической формулой, раскрывающей

¹ Философский словарь/Под ред. И. Т. Фролова. М., 1981, с. 236.

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 9, с. 47.

соотношение абсолютного и относительного в истине, завершает следующий абзац из ответа В. И. Ленина Розе Люксембург: «Она приписывает мне общие места, общеизвестные принципы и соображения, абсолютные истины и старается умалчивать об истинах относительных, которые основываются на строго определенных фактах и которыми я только и оперирую»¹. Это ленинское положение о двух сторонах истины имеет прямое отношение к структуре научного знания, в котором главенствующее положение занимают два элемента: факты и понятия.

Ф. Энгельс в «Диалектике природы» показал взаимодействие фактов и понятий на примере создания эволюционной теории Ч. Дарвина: «Дарвин в своем составившем эпоху произведении исходит из самой широкой, покоящейся на случайности, фактической основы. Именно бесконечные случайные различия индивидов внутри отдельных видов, различия, которые могут усиливаться до выхода за пределы видового признака и у которых даже ближайшие их причины могут быть установлены лишь в самых редких случаях, именно они заставляют его подвергнуть сомнению прежнюю основу всякой закономерности в биологии — понятие вида в его прежней метафизической окостенелости и неизменности»².

Напомним, что латинское *factum* (сделанное, свершившееся) означает действительное событие, явление, происшествие, а также твердо установленное знание, полученное в опыте и служащее основанием научной теории. В последнее время появилось немало публикаций, в которых дается анализ понятий «научный факт» и «исторический факт», однако авторы этих обзоров справедливо указывают, что, несмотря на неоднократные обращения к анализу понятия «научный факт», в литературе по методологии истории до сих пор нет общепринятого его понимания. Само понятие «факт» в историческом познании требует уточнения, ибо оно весьма многогранно.

Понятие «факт» чрезвычайно важно и в применении к учебному процессу, так как в связи с нарастанием потока информации приобрела большую актуальность проблема отбора и освещения учебного материала в школьных учебниках. Как известно, факт — один из наиболее убедительных аргументов для доказательства или опровержения какого-либо утверждения или положения.

Следующий за собиранием фактов этап состоит в их отборе: «Фактики, если они берутся вне целого, вне связи, если они отрывочны и произвольны, являются именно только игрушкой или кое-чем еще похуже»³. Итак, чтобы факты стали «упрямой вещью», надо взять всю их совокупность, без единого исключения, тогда это будет «и безусловно доказательная вещь»⁴.

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 9, с. 47.

² Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 535.

³ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 30, с. 350.

⁴ Там же.

Роль фактического материала в отображении действительности определяется той возможностью или методом отбора, которые использует познающий субъект — ученый. Одни и те же факты в структуре научного знания играют разную роль при выражении этой действительности. Может меняться их роль и в процессе обучения. Покажем это на примере химии, истории химии и методики преподавания химии.

§ 1. Научный факт и его роль в познании

Роль научного факта в познании определяется тем, что с его установлением формируется новая система понятий. Первый этап после совершения определенной логической операции анализа и сопоставления с уже известными фактами — перевернуть отношение к ним, заставить разглядеть в них ранее не замеченные или принятые за второстепенные особенности и способствовать установлению новой идеи, положения, понятия или теории. В этой его преобразующей функции в познании заключается аксиологическая (ценностная) роль. Его восприятие осуществляется или достигается при соответствующей возможности, т. е. выработанного научкой соответствующего способа мышления (наличие достаточного опыта у познающего субъекта — ученого).

Возьмем в качестве примера открытие углекислого газа. Вот как этот научный факт оценил В. И. Вернадский: «...открытие свойств и характера угольной кислоты — сперва в форме «лесного газа» (*gas silvestre*) Ван-Гельмонтом в начале XVII столетия, затем позже Блэком в середине XVIII в. — получило совершенно исключительное значение в развитии нашего мировоззрения, на ней впервые было выяснено понятие о газах. Изучение ее свойств и ее соединений послужило началом крушения теории флогистона, наконец, исследование этого вещества явилось исходным пунктом точной аналогии между животным и растительным организмами»¹. С такой оценкой нельзя не согласиться, хотя и здесь проявляется то положение, что факты, будучи результатом эмпирического познания, выступают в качестве единства объективного и субъективного, их интерпретация или критическая оценка зависят от уровня знаний эпохи, отдельного ученого, его мировоззрения.

Открытие углекислого газа многим современникам и Я. Ван-Гельмонта, и Дж. Блэка прошло незамеченным или истолковывалось далеко не так, как это выражено В. И. Вернадским. Потребовался гений А. Лавуазье, чтобы «все стало на ноги».

Или другой пример: открытие периодического закона Д. И. Менделеевым. Ни земная винтовая ось Б. де Шанкуртуа, ни закон октав А. Ньюлендса, ни другие еще более далекие от открытия новой научной истины попытки не привлекли внимания

¹ Вернадский В. И. О научном мировоззрении. — Вопросы философии и психологии, 1902, № 65, с. 37.

ученых. Тогда как раскрытие особенностей химической периодичности Д. И. Менделеевым (повторение и развитие, неодинаковая длина периодов, сходство несходных элементов) не просто объединило отдельные факты в одну теорию, но означало создание новой системы понятий — учения о химической периодичности.

Приведем определение понятия «факт»: факт науки — это отражение объективной реальности в сознании субъекта, и он относится к объективной реальности, как идеальное к материальному, как образ к объекту природы. Достоверность и неопровержимость факта — вот те две оценки, которые определяют и роль факта в создании научной теории, и его долговременное использование, благодаря чему он нередко становится историческим фактом и также может входить в учебный материал. Однако и в том, и в другом случае осуществляются преобразования на линии «действительный объект — его отображение». С одной стороны, по прошествии времени под действием нового знания (иное содержание, иная структура) меняется оценка роли отдельных фактов в создании научной теории и развитии идей, а с другой стороны, утрачивается информация как о ходе установления научного факта (историческое и психологическое в сознании познающего субъекта), так и его конкретные логические связи в структуре научного знания. Реконструкция истинной картины является одной из основных задач истории науки, однако «повторное открытие» фактов и формирование *post factum* концептуальных систем и научных теорий не свободны от повторной их субъективной переоценки.

§ 2. Исторический факт и его реконструкция

Важную роль в трансформации научного знания в учебное играет исторический факт.

Истории науки известны две причины, снижающие ценностный характер исторического знания. Первая состоит в стремлении изложить совокупность научных фактов, не подвергая их ретроспективному анализу. Очевидная систематизация материала (по разделам науки или другим критериям) — максимум, на что решаются такие исследователи; публикация архивных материалов и извлечение забытых имен и фактов — главное их достижение на этом пути. Другая опасность заключается в модернизации систем понятий прошлого и отсюда неизбежной гиперболизации отдельных фактов. Фетишизация научного факта и вольное обращение с фактами не приводят к преобразованию научного факта в исторический факт.

Исторический факт, как и научный, возникает в рамках определенной научной программы, принятой в определенных целях. И если научный факт «окрашен» личностью ученого, его установившего, открывшего или использовавшего при установлении новой теории, то и исторический факт также «окрашен» личностью историка. Вот один характерный пример. В нашей историко-хи-

мической литературе есть две версии открытия Д. И. Менделеевым периодического закона. Одна из них принадлежит академику Б. М. Кедрову, который в течение длительного времени изучал архивные документы Д. И. Менделеева, а также проанализировал их. Финальную часть завершающей стадии (17 февраля 1869 г. по старому стилю. — *Прим. авт.*), представляющей как состоящую из попытки, достаточно удачной, разделить элементы естественных групп около двух групп элементов, имеющих близкие атомные массы, но прямо противоположные свойства. Каждый понимает, что речь идет о группах щелочных металлов. Эта точка зрения подтверждается не только таблицами, но и планами подготовки глав учебника «Основы химии». Все сопровождающие этот документ построены на конкретных фактах, раскрывающих работу Д. И. Менделеева над отдельными участками системы: перенос отдельных элементов на другие места, исправление их атомных масс, предсказание свойств некоторых элементов.

Следующий этап работы над созданием таблицы периодической, или естественной, системы элементов выступает как логическое продолжение: «сдвоение рядов» системы, подтверждение менделеевского предположения о том, что главной своей заслугой он считает сближение несходных элементов. Заметим: не Na-23 и F-19 или K-39 и Cl-35, а таких элементов, как Cl и Mn, S и Cr, P и V... Именно об этом автор открытия говорил уже на заседании РХО (Русское химическое общество) 6 марта 1869 г. Двигаясь именно в русском направлении логики менделеевского открытия, можно понять, почему уже в таблице 17 февраля 1869 г. стоит «?-45» (будущий скандий), который не окружен таким, как «?-72» (будущий аий), числом соседей, и потому его местонахождение ничем не оправдывается.

И вот здесь впору сказать о другой версии открытия, которая, на первый взгляд, не кажется столь верной, ибо она основана не «на отдельных фактах», а «на всех очевидных». В ее основе лежит идея Ж. Дюма о двух типах сходства элементов: естественные группы и переходные металлы, т. е. о вертикальной и горизонтальной аналогии.

Несмотря на наличие «окраски» в отборе фактов, можно утверждать, что первая точка зрения «реальной действительности», так как связана с преобразованием несложившейся еще научной информации в учебную систему, а именно: Д. И. Менделеев пришел к научному открытию в ходе чтения лекций и подготовки учебного руководства), вторая же опирается на более протяженную линию развития новой концептуальной системы, охватывающую как ее участок, восходящий к работам предшественников, так и тот, который приводит к последующему взаимодействию с другими системами понятий, возникающими позже.

Таким образом, исторический факт, входящий через методологическое «сито», которое меняется со временем, на который ока-

ывают свое влияние уровень формирования (системность, структурность) концептуальных систем, а также и система функционирующего знания (прикладное, мировоззренческое и учебное знание).

Реконструкция исторического факта всегда сопряжена с проблемами и трудностями как времени открытия факта, так и его осмысления в дальнейшем, особенно при пересмотре взаимосвязи систем понятий.

§ 3. Учебный факт и его роль в конструировании учебного материала

Использование исторического факта в учебном материале диктуется целями и задачами обучения и меняется со временем.

Если научный факт связан, главным образом, с гносеологическим аспектом науки, а исторический с онтологическим, то учебный факт лежит в основе построения учебных предметов, обеспечивающих не только необходимую сумму основных знаний и способа их добывания (основы научного мировоззрения), но и направленных на формирование и развитие мышления, воспитание гражданина, формирование определенной совокупности знаний, умений и навыков (праксеологический аспект науки).

Отношение к факту научному или историческому, определение его роли в формировании системы знаний учащихся, умений и навыков их интеллектуальной и трудовой деятельности обычно соответствуют модели определенного этапа образования и учебной деятельности, в основе которых лежат сложившиеся вчера и позавчера системы понятий и стиль мышления.

Основная сложность решения обсуждаемой проблемы состоит не столько в выборе материала, необходимого для формирования познавательного интереса, сколько в его подаче, стиле изложения, способах пробуждения устойчивости интереса и жажды участвовать в решении современных научных и технических задач.

В. Оствальд писал: «Читая давно забытое оригинальное сочинение какого-нибудь великого исследователя старого времени, вы, к своему изумлению, находите в нем далеко не одно только то, что перешло отсюда в учебники. Нет, рядом с этим вы находите еще множество вещей, о которых раньше не подозревали. Это и понятно: между великой книгой и средним человеком, каким в большинстве случаев бывает автор учебника, существует определенное отношение. Я сравнил бы автора с ситом, задерживающим крупные зерна. Но автоматически это не делается, и автор учебника производит при этом свою оценку содержания книги. Хотя автор учебника живет позже автора великой книги и взял свое от успехов науки за протекший период времени, тем не менее вполне уместен вопрос: настолько ли он превосходит того великого автора, что критика его, действительно, будет пропорциональна по своей силе значению изложенных в этой книге идей? Поставить этот вопрос — значит ответить на него отрицательно.

Очевидно, что, собирая пшеничные зерна, сито может пропустить крупички золота, для распознавания которых оно не имеет даже соответствующего органа. И эти крупички золота остаются в том основном сочетании до тех пор, покуда не придет человек, родственный по духу в том или другом отношении тому великому ученому, и узнает особую ценность этих не замеченных до него крупичек»¹.

Хотелось бы подчеркнуть, что речь идет не о вульгаризации при изложении, а об объективном и подчас незаметном недостатке в методологии отбора материала, т. е. идей, мыслей, которые, будучи вырванными из живой ткани развивающейся науки, теряют свой первоначальный смысл, следовательно, происходит утечка информации. В. Оствальд дает рецепт, как снизить дозу неизбежной утечки информации: постоянно изучать историю науки, думать над логикой ее развития, методами отбора информации. Это приведет, по крайней мере, к большей осторожности и меньшей резкости в препарировании достижений науки и их использовании для пропаганды научных знаний.

§ 4. Информация и терминология в системе научного и учебного знания

Язык, которым написаны произведения по естествознанию, — язык понятий, в отличие от языка художественной литературы — языка образов. Это один из видов научного языка. Он служит для адекватного выражения научных фактов, идей, гипотез и представляет собой совокупность естественного и формализованных языков, цифрового материала и иллюстративных средств.

В процессе обучения осуществляется информационно-аксиологический² подход к отбору учебного материала в соответствии с поставленными целями и задачами, а также к отбору методов и средств обучения, ибо здесь сталкиваются информация и ее восприятие учащимися.

Выбор оптимальной по объему и содержанию фактической информации способствует правильному распределению аппарата понятий, а взаимодействие его на разных уровнях при осуществлении межпредметных связей — формированию стиля мышления (в том числе в рамках моделей и знаковых систем). Программирование материала, использование кино и телевидения, а также других средств обучения и контроля выступают в этом случае как факторы, способствующие массовому преодолению барьеров в учебном познании и тренингу мышления, мыслительной деятельности (хотя они не могут не приводить и к рассеянию информации без правильного руководства со стороны учителя).

Информация всегда имеет кодовое воплощение. Код в широ-

¹ Оствальд В. История электрохимии. СПб, 1911, с. 10—11.

² Аксиология — наука о ценности сообщаемой информации или функционирующего знания.

ком смысле слова — это определяющий носитель информации, взятый вместе со способом ее конкретного воплощения. Коды делят на естественные и чуждые: *Естественный код* — это такой код, информационное значение которого дано самоорганизующейся системе непосредственно, а *чуждый* — это код, информационное содержание которого самоорганизующейся системе непосредственно не дано.

Чуждым кодом может являться незнакомая учащимся научная символика, восприятие которой затруднено. Этому вопросу уделяется в последнее время большое внимание в философии, психологии, а также в методике преподавания химии. Здесь важно прислушаться и к мнению лингвистов, которые подразделяют термины на правильно ориентирующие, ложно ориентирующие и нейтральные. Бывают также неопределенно ориентирующие термины, внутренняя форма которых указывает на несущественный признак. В свое время Д. И. Менделеев предложил несколько терминов для выражения состава соединений. Пользуясь этой терминологией, можно сказать, что примененные им термины следующим образом ложатся в эту структуру. Термин «форма соединения», безусловно, является правильно ориентирующим, так как охватывает количественную сторону состава и химического строения соединения и раскрывает их взаимосвязь. Термин «стадия» можно считать нейтральным, так как он фиксирует лишь количественную разницу в описании состава соединения и не зависит от способа выражения состава соединения. Такой термин, как «окисление» (кислородом) или «охлорение» (окисление хлором), можно считать ложно ориентирующим, так как он не вскрывает сути проблемы, оставляя ее на стадии особенного (и даже индивидуального) при рассмотрении окислительно-восстановительных процессов (общность могла появиться только с созданием электронной теории). По-видимому, неопределенно ориентирующим термином в этой системе выступает понятие «валентность атома» (а термин «постоянная валентность» даже будет ложно ориентирующим).

Слово — знак понятия, как правило, знак немотивированный. Термин в идеале — мотивированный знак. Чем глубже ступени деления, тем легче возникают мотивированные термины; чем более общие понятия называются ими, чем эти понятия старше, тем менее мотивированы они с точки зрения современной науки.

С их позиций будет интересно, например, рассмотреть судьбу двух основных терминов в учении о составе с точки зрения их мотивированности: «форма соединения» и «валентность». При этом полезно, однако, учитывать следующее: правильно ориентирующие термины вследствие прогресса науки и установления новых связей и взаимоотношений между понятиями могут оказаться неправильно ориентирующими и неориентирующими. В качестве примеров можно привести термины «атом» и «азот» (последний предложен А. Лавуазье): атом давно уже перестал быть неделимым, а азот с трудом можно воспринимать теперь как без-

жизненный элемент. Впрочем, такова судьба многих ориентирующих на отрицательные признаки понятий.

История развития стехиометрических представлений в химии показывает, что учение о валентности развивалось как бы в лоне всех трех основных совокупностей понятий, т. е. учений о составе, о строении и о свойствах, и рассматривалось применительно к трем основным формам химической организации вещества (атомы, молекулы, кристаллы). А понятие «форма соединения» могло быть отнесено только к учению о составе и химическом строении молекул и кристаллов.

Сам термин «валентность» (от лат. *valentia* — сила), или «значность» (от нем. *wertigkeit*), хотя и возник из необходимости обобщить формулы бинарных соединений известных тогда элементов, распространялся только на летучие или газообразные соединения молекулярного типа. Но затем, будучи связан с понятием «атом» (валентность атома в связанном состоянии), он был перенесен на «все случаи жизни». Если принять во внимание, что теперь существуют два способа описания «связанности» атомов — метод валентных связей и молекулярных орбиталей, — то нетрудно догадаться, что термин «валентность» характеризует молекулу как частицу, состоящую из отдельных (индивидуальных) атомов, в первом случае, так и указывает на ее индивидуальность и целостность во втором. Например, в химии одним и тем же термином выражается и элемент кислород, и простое вещество, т. е. молекулярный кислород, что очень неудобно, особенно в процессе обучения. По мнению Д. И. Менделеева, создавая эти понятия, химия как наука находилась еще в том периоде развития, «в котором общая переделка всех понятий вполне возможна, с этой переделкой многое уяснится, и тогда новые понятия повлекут за собой и новый язык»¹.

По этому поводу один из лингвистов замечает, что терминологии любой отрасли науки свойственно основное противоречие между системным характером терминологии и историчностью ее формирования. Историчность формирования обсуждаемых терминов возвращает нас к тем временам, когда впервые при рассмотрении состава минералов возникла потребность «рационально» выразить их формулу. В современной литературе справедливо отмечается, что химический состав минерала (иногда в больших пределах) меняется с каждым анализированным образцом, и химическая формула его должна быть составлена так, чтобы в каждом случае можно было отразить как изменчивость и непостоянство химического состава, так и неизменность его кристаллической структуры.

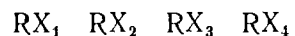
Нетрудно убедиться, что представление о типах химических формул было сформировано на кристаллохимической основе и в дальнейшем нашло подтверждение в явлении изоморфизма. Заметим при этом следующее:

¹ Менделеев Д. И. Соч. Л.—М., 1949, т. 13, с. 283.

1) основу представления о типах химических формул составили катионы металлов, т. е. соединения с ионной и атомной связью, что не исчерпывало всех известных классов соединений (исключались ковалентные простые молекулы);

2) изоморфными оказывались не только соединения, образованные сходными в химическом отношении элементами, но и различающиеся по химическим свойствам, что лишним раз подчеркивало примат кристаллической формы. Это видно на примере кальцита CaCO_3 и натриевой селитры NaNO_3 .

Уместно вспомнить, что в представлениях Д. Дальтона о сложном атоме (молекуле) вопросам симметрии, простоты и «архитектуры» уделялось немаловажное значение. В сущности, именно Д. Дальтон начал составлять формулы простых молекул, ограниченность числа которых он связывал с идеей простоты их строения (1:1; 1:2; 1:3; 1:4). Это подтвердилось в дальнейшем при рассмотрении состава ковалентных молекул. Такие представления, основанные на изучении истинных формул газообразующих или летучих соединений, опирались, как известно, на закон А. Авогадро. Были установлены четыре типа простых молекул:



Таким образом, в учении о типах химических соединений сложились два независимых направления: 1) кристаллохимическое и 2) волюмометрическое (объемное).

Нельзя не признать, что здесь как нельзя лучше подтверждается азбучное положение марксистской философии: диалектика вещей определяет диалектику идей. От них ведет свой путь и вся современная попытка «рационально» выразить состав с учетом строения (но как же оно разнится для молекул и кристаллов!).

Краткий экскурс в конкретную историю химии и в содержание терминов «информация» и «кодирование» показывает, какие методологические задачи приходится решать при поисках методов обучения, адекватно выражающих содержание предмета. По существу, при этом строится определенная модель системы обучения: учение — информация — ее восприятие. В ней тоже закодирована информация: знание — знание о знаниях — метод контроля и самоконтроля.

Модель и код — понятия далеко не тождественные, хотя у них есть общая черта: определенное состояние соответствия с отражаемым объектом. Однако для моделей это соответствие носит «непосредственный характер». Например, таковы структурные формулы в химии. Для кода такое соответствие может быть и опосредованным.

Переход от системы фактов в учебном предмете (конструирование) к понятиям и от них к системам понятий требует от учащихся определенного уровня и стиля мыслительной деятельности. Здесь сталкиваются два феномена: материализация обучения, связанная с опредмечиванием деятельности, и идеализация, основанная на распредмечивании. В центре второго лежит понятие

«идея», которую философы определяют следующим образом. Одни рассматривают идею как основу научной теории и высшую форму теоретического освоения действительности, несущую в себе аксиологические и праксеологические функции. Другие характеризуют идею как фундаментальный принцип или глубокую и оригинальную мысль, обладающую мощным систематизирующим, эвристическим, побудительным потенциалом и отличающуюся высокой социальной ценностью.

Когда идеальное становится всеобщим и совершенным? Тогда, когда оно перестает быть единичным и особенным. Это снятие индивидуального и есть идеализация объектов. Идеальными становятся объекты, которые мы распредмечиваем путем абстракций. В химии таким образом возникает понятие «химический элемент», в физике — «идеальный газ», в механике — «абсолютно твердое тело», в геометрии — «точка, прямая».

Одно и то же понятие в разных концептуальных системах приобретает разный статус, если его рассматривать в рамках категорий «идеальное — материальное». Так, понятие «молекула» в учении о строении выступает как реальная структура, характеризующая способ или форму существования химических соединений с ковалентной связью. Например, галогены как простые вещества независимо от агрегатного состояния образуют молекулы с ковалентной связью между атомами.

Понятие «молекула» в учении о составе всех соединений, независимо от типа связи, выступает как идеальная, распредмеченная единица, послужившая началом выражения количества вещества (моль) в международной системе единиц. Понятие «моль» применяется уже для всех частиц (молекула — это ведь частица!): моль атомов, моль ионов и т. п. (в моле их $6,02 \cdot 10^{23}$ единиц). Точно такой подход осуществлял в свое время Д. И. Менделеев, рассматривая понятие «атом».

В системе научного и учебного знания действуют своеобразные зависимости. Они определяют не только сходство, но и различие, связанное с разной целевой направленностью в использовании как фактического материала, так и понятийного аппарата. Следовательно, можно указать на существование двух противоположных путей «движения научной мысли», отмеченное К. Марксом: «...способ изложения не может с формальной стороны не отличаться от способа исследования»¹. Это — путь, по которому совершается научное открытие, и путь, по которому информация о нем доводится до сведения всех ученых. В первом случае исследование ведется с целью открытия сущности изучаемого объекта, выражаемое в виде абстрактных понятий и категорий; во втором — с целью изложения открытия в связанной, логически стройной форме. По этому поводу К. Маркс писал: «Раз это удалось и жизнь материала получила свое идеальное отражение, то может показаться, что перед нами априорная конструкция»².

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 21.

² Там же.

Как уже отмечалось, по мере развития науки наблюдается все больший разрыв между объемом и содержанием научного и учебного знания. Так, если современную химию можно определить как науку о синтезе материалов и создании новых источников энергии, то учебный предмет, соответствующий начальному курсу химии, формируется на базе общей химии как науки.

Глава II. ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО ПОСТРОЕНИЯ НАУЧНОГО И УЧЕБНОГО ЗНАНИЯ

§ 1. Принцип историзма в научном познании и принцип соответствия исторического и логического в системе учебного знания

Проблема исторического и логического — одна из важнейших в дидактике. Под *историческим* понимают логику развития данной науки и, до известной степени, учебного предмета в рамках определенной совокупности фактов и развивающихся понятий, а под *логическим* — причинно-следственные связи в рамках установленных наукой концептуальных систем, с учетом межпредметных связей и требований минимизации или уплотнения знаний в учебном предмете.

Следует заметить, что в последнее время наметился более углубленный подход к решению указанной проблемы. В опубликованной недавно монографии, подготовленной в НИИ общей и педагогической психологии АПН СССР, помещена глава «Принцип историзма и его значение для развития образования и воспитания», где авторы пишут: «Принцип историзма... не означает, что при обучении учащийся повторяет все ступени развития общественной культуры в порядке их хронологии. Современные формы теоретического осознания не могут быть искусственно заменены реконструированными формами первобытного, мифологического и т. п. мышления... А это значит, что воспроизведение в жизни индивида всего многообразия культуры не сводится к передаче выстроенных в хронологической последовательности событий, открытий, изобретений и т. п. Напротив, это значит, что ключевые простые и всеобщие определения... могут быть представлены новому поколению именно в их сегодняшнем виде»¹.

Определяя задачи усвоения учебного материала учащимися, дидакты указывают, что оно заключается в умении видеть проблему, самостоятельно искать и находить средства ее разрешения. Решение этой задачи находится на путях развития теоретического, а не эмпирического типа мышления и связано с всесторонним развитием личности. И так как всевозрастающее число выпускников VIII класса переходит в систему профессионально-

¹ Философско-психологические проблемы развития образования/Под ред. В. В. Давыдова. М., 1981, с. 136—137.

технического образования, то это также, безусловно, влияет на отбор учебного материала.

Таким образом, решение вопроса о соотношении исторического и логического позволяет соединить три взаимосвязанные проблемы: 1) цели и задачи обучения (в науке — научного исследования); 2) отбор содержания или информации; 3) выбор методов обучения (в науке — методов исследования).

Уместно напомнить в этой связи, что принцип историзма является одним из важнейших принципов марксистско-ленинской теории познания. Он включает в себя взаимосвязанные и взаимопроникающие исторический и логический методы познания, предусматривает обязательное знание, анализ и учет истории становления понятий и законов.

Сопоставление фактов и их выбор соответствуют требованиям системного подхода и развивающего обучения.

Сущность принципа историзма в учебном процессе заключается не в изучении истории предмета, а в формировании проблемных ситуаций, способствующих приобретению учащимися знаний о предмете в соответствии с реальными условиями и методами их получения. Материал должен преподноситься так, чтобы он давал возможность понять, как в процессе развития историческое знание становится логическим (теоретическим), затем в результате развития научных знаний вновь превращается в историческое. Логическое — это обобщенное выражение исторического, оно есть историческое, освобожденное от случайностей и взятое в его существенных закономерностях, — так определял его Ф. Энгельс¹.

Однако назначение историзма в методике заключается не только в том, чтобы раскрыть диалектику научного познания, например раскрыть сущность периодического закона, но и показать метод Д. И. Менделеева, который лежал в основе его открытия. В связи с этим уместно вспомнить слова П. Лапласа, который сказал, что изучение метода, которым пользовался ученый, совершая открытия, не менее важно, чем изучение самого открытия. Именно это имел в виду и русский биолог К. А. Тимирязев, когда утверждал, что при изучении истории науки знание о применении нового приема исследования, нового инструмента играет иногда не менее важную роль, чем даже новая идея или новая теория.

Последовательное применение принципа историзма позволяет раскрыть эволюцию объектов, понять генетическую связь явлений, т. е. смотреть на каждый вопрос с позиции того, как то или иное явление в истории возникло, какие главные этапы в своем развитии оно проходило.

Вопрос о соотношении исторического, логического и дидактического некоторые методисты решали с позиций необходимости считать содержание учебного предмета более компактным и концентрированным. При этом высказывалась мысль о том, что степень обобщенности содержания учебного предмета должна не-

¹ См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 13, с. 497.

прерывно возрастать, чтобы в малом объеме отразить возросшее и непрерывно растущее содержание науки. Здесь взаимосвязь исторического, логического и дидактического выступает в качестве инструмента предлагаемых мер по обобщению, концентрации и уплотнению знаний.

Если на раннем этапе развития системы образования можно было ставить вопрос об адекватном отражении науки в содержании учебного предмета в средней школе за счет правильного методического решения поставленной задачи (так было, по-видимому, на раннем этапе развития науки, когда процесс поиска научной истины и передачи знаний осуществлялся одним лицом), то в настоящее время это неправомерно. Задача отразить достижения науки в системе образования решается не на одном этапе обучения (среднее образование), а в системе непрерывного образования. Кроме того, изменились функции науки, которая стала непосредственной производительной силой. Это влияет на соотношение фундаментальных и прикладных наук, их переменное лидерство, заставляет с иных позиций взглянуть на взаимодействие науки, техники, производства и образования. Следовательно, только с учетом такой установки может быть рассмотрено соотношение исторического, логического и дидактического в решении задачи первоначального ознакомления учащихся с химическими знаниями. При этом цель первого этапа образования (средняя школа) не столько конкретное обучение химии, физике или биологии, сколько формирование системы важнейших естественнонаучных знаний, умений и навыков, выработка научного мировоззрения и профориентация молодежи.

Центральной задачей при историко-логическом анализе системы научного и приращенного знания является отбор того, что отвечает категории функционирующего знания и составляет его систему учебного знания. Взаимосвязь исторического, логического и дидактического схематически можно представить так:

$$Д = K_1И + K_2Л,$$

где K_1 — коэффициент, отражающий дидактические требования к отбору фактического материала, т. е. имеющий методологический характер; K_2 — коэффициент, отражающий те требования к отбору понятий, которые учитывают возможности восприятия и усвоения их учащимися.

Химия как наука о синтезе веществ, обладающих определенными свойствами, прошла длительный путь развития (от искусства или ремесла к современной науке). Но только в последнее время ее аппарат понятий развивается в непротиворечивую систему, сформированы основные методы исследования (термодинамический, кинетический, квантовомеханический и сравнительный), благодаря ее возросшей практической роли выделилось основное ядро (учение о химическом процессе), развились связи с другими науками (физикой, биологией, геологией), разрабатываются математические и философские аспекты ее теоретических основ.

В каждой из четырех важнейших систем понятий химии — учения о составе, строении, свойствах и химическом процессе — есть как те звенья, которые сформировались исторически независимо от остальных, так и те, логическая обусловленность которых определилась в рамках другой системы.

Среди вопросов, которые обычно ставят, рассматривая категории исторического и логического, одно из ведущих мест занимают определение понятий и их взаимодействие в рамках химической статки и динамики или единого (нерасчлененного) естественнонаучного знания.

Формируясь вначале в значительной степени оторванно, изолированно друг от друга (неравномерность развития науки), понятия отражают тем не менее в скрытом виде внутреннюю связь, единую точку зрения, которая уже является системой нерасчлененного знания.

Формирование важнейших концептуальных систем в химии — учения о составе, строении, свойствах, а также учения о химическом процессе — явилось важным шагом на пути к выработке важнейших понятий (химическая формула, химическое строение, химическая активность, химическое сродство, изомерия, аллотропия, катализ и т. д.). Химия становилась наукой о качественном изменении свойств веществ, происходящих под влиянием количественных изменений их состава. Изучается зависимость свойств от строения, одновременно происходит дифференциация и интеграция (валентность) понятий, т. е. вырабатываются частнохимические и общехимические понятия, а уже последние трансформируются в общенаучные (состав, структура, симметрия, эволюция), характерные для новой диалектической картины природы.

Анализ развития научных химических знаний позволяет представить химическую статику в рамках трех учений: свойства, состав, строение. Это дает возможность показать, что изучение свойств явилось ступенью непосредственного созерцания, познания его состава в результате анализа, а при исследовании строения вырабатываются теоретические представления о веществе в его внутренней целостности и взаимосвязи частей. Более того, обращение к истории химии, к истории формирования ее основных положений, законов, принципов, а также анализ методов получения новых знаний на разных этапах науки позволяет увидеть закономерности становления и развития системы знаний, понять роль систематизации и обобщения для синтеза приращенного знания и на этой основе выделить основополагающие идеи их преобразования в функционирующее, в том числе в учебное знание. Как отмечается в работах по методологии научного познания, единство логического и исторического является необходимой предпосылкой в решении вопроса об отношении познания структуры предмета к истории его развития. При этом указывается, что логическое отражает как историю предмета, так и историю его познания. Историческое определяет содержательную сторону логического. Это значит, что если историческое отражает уже по-

знанное и, следовательно, определяет объект исследования, то логическое устанавливается или приобретает в процессе целевого назначения (совершенствование содержания, отыскание соответствующих методов и средств и т. д.) и потому выступает в качестве предмета исследования.

Методологические уроки исторического развития химии как учебной дисциплины можно сформулировать так:

1. Химия — наука экспериментальная, если иметь в виду историю ее возникновения и роль экспериментальных методов в обучении, и теоретическая, если учитывать сформированность систем ее понятий. Недооценка или переоценка того и другого приводит к ошибкам в организации обучения.

2. Понятия формируются неравномерно. Они пересматриваются под действием новых фактов и теорий, складывающихся из них независимо. Раскрытие этих понятий и систем (исторический и научный факт) должно быть в учебном процессе преобразовано (помогает приращенное знание) в систему учебных знаний (учебный факт).

3. Методы химической науки в значительной степени стали физическими и дополняются информацией, полученной химическими методами (сравнительный метод), так как химические свойства и понятия относительны.

4. Химическая информация свертывается (минимизация) и преобразуется в соответствии с логикой и формирующейся структурой химического и физического знания (понятия — теории — концептуальные системы — химическая картина природы — естественнонаучная картина природы — научная картина мира). При этом возрастает мировоззренческая функция химии.

5. Химическая информация преобразуется (актуализация) под влиянием задач техники, технологии, производства. Это приводит к отбору информации, которая породила или внесла вклад в сырьевую, энергетическую, продовольственную или экологическую проблему.

6. Роль химии в истории цивилизации заставляет ее занять определенное место в системе образования, которая должна отражать как общие, так и специальные аспекты химии.

Важнейшая роль в общей химии принадлежит развивающемуся учению об элементах-аналогах — основе учения о периодичности. Здесь уместно более подробно остановиться на той революционной роли, которую сыграли периодический закон и созданное на его основе учение о периодичности.

В ходе открытия в 1869 г. Д. И. Менделеевым периодического закона был осуществлен системный подход к анализу всего материала химии и физики о свойствах элементов, их соединений, о естественных группах, классах соединений и типах реакций. Это был историко-логический, методологический анализ. По своему значению он не уступает тому новому подходу, который осуществил Ч. Дарвин в биологии в те же годы, создавая эволюционную теорию. Обосновывая свое открытие, Д. И. Менделеев рассмотрел

переход от индивидуального через специфическое к общему, от эмпирического знания к теоретическому, а в дальнейшем он и его современники могли изучить характер «восхождения к конкретному», разрабатывая теорию специфического и индивидуального.

Кратко методологическую роль этого учения можно выразить следующим образом:

1. Учение о периодичности — исторически сложившаяся в естествознании концептуальная система. Термин «учение о периодичности» ввел Д. И. Менделеев для обозначения совокупности теоретических представлений, связанных с использованием периодического закона и системы элементов в научных исследованиях и учебном процессе.

2. Учение о периодичности исторически связано с учением о составе, возникшем на базе атомно-молекулярной теории, и учением о химическом строении, явившемся результатом систематизации сведений о химическом процессе (формы соединений, валентность). К этому времени понятие о физической периодичности не могло быть сформировано. Существовало лишь представление о коренных свойствах атома, введенное Д. И. Менделеевым; оно фиксировало также физическую индивидуальность атома (относительная атомная масса, эмиссионные спектры).

Одним из представлений, характеризующих этот этап развития учения о свойствах, было понятие о «состоянии атома», оно призвано отразить качественную модель, его энергетическую и пространственную характеристику, необходимую для объяснения таких положений, как химическое сродство, химическая активность, химическая энергия. При этом понятия «атомный» и «молекулярный» объем отражали уровень раскрытия взаимосвязи макро- и микроскопических свойств изучаемых объектов.

3. Учение о химической периодичности основывалось на сравнительном методе изучения свойств элементов в соответствии с представлениями об их индивидуальных, специфических и общих свойствах. Изучение особенностей изменения свойств в группах и рядах системы позволило выделить основные совокупности элементов и типы аналогий (Ж. Дюма — У. Одлинг — Д. И. Менделеев), раскрыть понятие периодичности (в начале была обоснована идея повторения — Дж. Ньюлендс, а затем развития — Д. И. Менделеев), осуществить прогнозирование свойств неизвестных элементов, показать характер проявления периодических свойств молекул, кристаллов, растворов.

4. Учение о периодичности прошло три важных этапа в своем развитии: 1) эмпирический (выявление характера зависимости изменения физико-химических свойств элементов до создания теории строения атома); 2) квантовомеханический, теоретический, рассматривающий атом как систему и описывающий химическую связь на уровне электронных представлений (описание электронного и пространственного строения, в том числе соединений переменного состава), что позволило вскрыть причинно-следственную зависимость свойств простых и сложных веществ от строения

атома и типа химической связи; 3) общенаучный — взаимосвязь физической, химической, биологической и геологической индивидуальности объектов (атомов и их образований), что привело к созданию естественнонаучной картины природы и определило взаимосвязь данного учения с другими концептуальными системами химии (учение о растворах, учение о химическом процессе).

5. В настоящее время учение о периодичности выступает как система функционирующего знания. Его аксиологическая роль заключается в объяснительной, предсказательной и интегративной функциях и используется в образовательном, мировоззренческом и прикладном аспектах.

Предсказательная и аксиологическая функции периодического закона и периодической системы элементов были использованы Д. И. Менделеевым в трех направлениях: 1) предсказание свойств неизвестных, неоткрытых еще элементов; 2) оценка новых открытий в физике и химии с точки зрения «их совместимости»; 3) как инструмент для решения проблемы систематизации всех известных форм организации вещества.

В настоящее время *сравнительный* метод Д. И. Менделеева широко используется во многих работах, посвященных новым научным направлениям, связанным с изучением свойств соединений и материалов. В связи с широким использованием сравнительного метода в химии целесообразно напомнить, что Д. И. Менделеев проявил глубокое понимание аналогии элементов задолго до того, как была раскрыта теория этого явления, да и периодичности в целом. Это учет специфики изменения свойств в группах и рядах периодической системы, четность групп и рядов (отсюда «крестообразные» вычисления свойств по четырем ближайшим соседям, а не по двум, как это следовало из правила триад; сопоставление по диагонали элементов одной четности, например углерода и серы). Менделеевский метод получил развитие в правилах внутренней и вторичной периодичности, представлениях об изоэлектронных рядах и т. д.

Интересно, что иногда использование относительных значений для сравнения свойств элементов-аналогов позволяет «острее» почувствовать различие между ними или закон немонотонного изменения свойств, чем использование абсолютных значений. Так, явление вторичной периодичности отчетливо выступает при сопоставлении свойств *p*-элементов одной группы, однако для *s*-элементов это выражено не столь очевидно. Но если воспользоваться разностями значений для двух соседних элементов, то картина становится ярче.

Важно было также учесть специфику проявления периодического закона в зависимости от агрегатного состояния, в котором находится вещество.

Д. И. Менделеев в отличие от многих ученых середины XIX в. стремился выработать единое «химическое» мировоззрение в изучении всех элементов, что было особенно важно в период начавшейся дифференциации химии и отчуждения органической химии

от неорганической. Напомним, что едва ли не весь XIX в. в химии прошел под знаком установления противоположностей: постоянство и непостоянство состава, определенные и неопределенные соединения, электроположительные и электроотрицательные элементы, распад электролитов на противоположно заряженные ионы, реакции соединения и разложения, обратная и прямая реакции, ассоциация и диссоциация, типичные окислители и восстановители, типичные кислоты и основания — все эти стороны химического процесса были в центре внимания химиков, искавших не только крайности, но и переходы между ними. Многообразие классов соединений, зависимость химических изменений от «внешних условий» и партнеров по взаимодействию привели к пониманию относительности химических понятий и ограниченности сферы действия законов (принцип интервальности). В этих условиях очень важно было найти методологические приемы анализа материала, полученного в разных областях химии, добиться его обобщения и выявления специфики действия общих законов в конкретных случаях. Это и сделал Д. И. Менделеев, поэтому следует выделить менделеевский этап в развитии общей химии.

Менделеевский этап в развитии общей химии характеризуется тремя основными положениями: 1) физико-химическим подходом к изучению неорганических и органических соединений; 2) формированием исходных положений учения о периодичности; 3) разработкой методологии химии (система химических понятий и установление взаимосвязи между ними).

На этом этапе выделилась общая химия как наука и произошла дифференциация органической и неорганической химии на ряд областей. Благодаря периодическому закону развивается учение об индивидуальности элементов. Если раньше в химии совершался путь от индивидуального к общему, то после 1869 г. началась разработка теории индивидуального на базе раскрытия специфических закономерностей (восхождение к конкретному).

Важнейшие результаты менделеевского этапа в развитии общей и неорганической химии входят в те сферы методологического ядра современной химии, которые связаны с расширением принципа периодичности, с определением специфики химических явлений на макроскопическом уровне (взаимосвязь свойств, состава и строения молекул и кристаллов).

Пользуясь термином, введенным философами и учеными, можно утверждать, что в результате открытия Д. И. Менделеевым закона периодического изменения свойств было получено новое знание. В ходе его дальнейшего развития оно трансформировалось в учение о периодичности, частью которого является приращенное знание, полученное в результате системного анализа. Это стало возможно благодаря тем новым открытиям, которые позволили вскрыть причину периодичности и установить новые связи с другими системами понятий. В настоящее время эту часть учения о периодичности можно назвать одним из разделов функционирующего знания с мировоззренческим, прикладным и обра-

зовательным аспектами. Таким образом, учение о периодичности может быть рассмотрено как в научном, так и учебном плане, т. е. как инструмент познания и метод изучения и систематизации учебного материала. Примером преобразования научной информации в учебную служат «Основы химии» Д. И. Менделеева.

Структура «Основ химии» с годами менялась. Если на открытии Д. И. Менделеевым периодического закона и формирование учения о периодичности, а также на изложение этой концептуальной системы в «Основах химии» можно посмотреть с позиции соотношения научного и педагогического в творчестве русского ученого, то следует обратить внимание на важную в методическом отношении последовательность изложения сведений об элементах и метод описания их свойств.

Проблемный характер изложения неорганической химии продиктован содержанием учения о периодичности. В первой ее части раскрываются законы общей химии (многие положения ее теперь излагают в курсах природоведения, физики, ботаники, на начальном этапе изучения химии). Затем рассматриваются органогены и «типические элементы». Автор периодического закона стремился показать далее взаимосвязь элементов «несходных», которая выявляется путем сопоставления либо элементов, обладающих формально одинаковой валентностью, но стоящих в разных группах системы, либо элементов, находящихся в одной группе, но разных подгруппах: щелочные металлы — подгруппа меди, галогены — подгруппа марганца, подгруппа серы — подгруппа хрома и т. д. При рассмотрении структуры учебного материала в «Основах химии» выявляются следующие два обстоятельства: 1) описывая свойства элементов-аналогов данной группы, Д. И. Менделеев всегда сравнивает их со свойствами ранее изученных элементов, а также показывает, какими свойствами должны обладать элементы, которые следуют в рядах вслед за ними (первый вариант) и которые составляют другую подгруппу данной группы (второй вариант); 2) последовательность изложения свойств элементов по группам (VII, VI, V и т. д.) позволяет в максимальной степени использовать сравнительный метод и метод прогнозирования, так как с закономерностями изменения свойств в рядах и периодах целесообразно познакомиться при рассмотрении *p*-элементов (шесть в ряду!). Уместно отметить, что в учебной литературе выбранный Д. И. Менделеевым путь изложения материала неорганической химии был оценен и сохранен далеко не всеми.

В настоящее время в методической и учебной литературе для школьников и студентов различные авторы применяют следующее расположение материала: 1) свойства элементов главных подгрупп, находящихся в VII—I группах и отдельно свойства *d*-элементов (по группам или рядам); 2) свойства элементов главных подгрупп, находящихся в I—VIII группах, и также отдельно свойства *d*-элементов; 3) свойства элементов главных и побочных подгрупп, а иногда и периодов.

Так, например, в американском учебнике, составленном груп-

пой авторов при участии Дж. Кембелла и Г. Сиборга, вначале рассматриваются галогены, потом все элементы третьего периода, затем II группа, переходные элементы четвертого периода и, наконец, некоторые элементы шестого и седьмого периодов. При таком применении сравнительного метода на первый план выходят некоторые специфические закономерности, наблюдаемые лишь на отдельных участках системы, и затруднено обобщение знаний, использование тех преимуществ, которые дает короткий вариант системы. Не показаны химические аналогии несходных элементов.

В современных учебниках для вузов по общей химии нет единообразия в рассмотрении материала при изложении свойств элементов по группам периодической системы. Сила традиции настолько велика, что старая схема распределения на металлы и неметаллы соблюдается неукоснительно, варианты допускают лишь перемену места: вначале неметаллы, а потом металлы (тогда идут группы в последовательности VII—IV и I—III) или вначале металлы всех групп, а потом неметаллы. Едва ли не единственными исключениями являются «Учебник общей химии» Б. В. Некрасова и учебные пособия В. В. Свиридова.

Анализ учебников для средней школы за последние 20 лет показал, что авторы учебников стремятся рассматривать материал о свойствах элементов в следующей последовательности: неметаллы VII—IV групп, металлы I—III (Al) групп главных подгрупп, некоторые представители металлов побочных подгрупп (Cr, Fe).

На использование учения о периодичности в полной средней школе, СПТУ и средних специальных учебных заведениях следует смотреть с позиции непрерывности образования, т. е. с учетом различий базовых и профилирующих программ на разных этапах обучения. На первом этапе изучения химии в средней школе (VII—VIII классы) важно использовать объяснительную функцию учения о периодичности на основе теории строения атома, т. е. раскрыть взаимосвязь трех систем понятий химической статистики (учение о составе, о химическом строении, о свойствах), которые были даны в рамках атомно-молекулярной теории. На втором этапе (IX—X классы, ПТУ, ССУЗ) осуществляется восхождение от абстрактного к конкретному на базе знания основных положений теории строения вещества. Содержание курса дает возможность сделать это в определенной логической последовательности, диктуемой программами по химии. При этом используются предсказательная, интегративная, методологическая и мировоззренческая функции учения о периодичности.

§ 2. Общая химия как наука и учебный предмет

Химия как наука тесно связана с естествознанием, техникой и производством. Ее теоретический аппарат претерпел сложные изменения и определялся сменой научных картин природы (натур-философия, механическая, физическая картина природы). Эксперимент в ней долго опережал теорию. Некоторые понятия и тер-

мины родились случайно, были заимствованы из других наук (физика, биология, геология). Эксперимент в химии продолжает играть важную и заметную роль и сейчас: в раскрытии индивидуальных свойств элементов, в реализации предсказательных функций теории, в химическом синтезе и анализе. С макроскопическими свойствами вещества человек постоянно сталкивается в жизни, на практике. Раскрытие их взаимосвязи (причинно-следственные связи) с микросостояниями, с внутренней структурой вещества связано с немалыми трудностями в силу специфики тех законов, которые управляют этими связями. Достаточно трудно описать и химические явления (они определяются многими факторами). Все это составляет немалые сложности в изучении этой науки.

Анализу предмета химии как одной из учебных дисциплин средней школы посвящено немало работ.

И в прошлом, и в настоящем происходили дискуссии по определению химии как учебного предмета. При этом рассматривались такие вопросы:

1. Задачи и содержание первоначального этапа в ознакомлении с химией.
2. Определение и взаимосвязь предмета химии как науки и как учебной дисциплины.
3. Роль межпредметных связей в раскрытии сущности химических явлений.

Начать их рассмотрение целесообразно со второго вопроса, ибо от его решения зависят и остальные.

К определению предмета химии как науки нужно подходить исторически, с учетом как внутренней логики, так и социально-экономических факторов развития науки, а также специфики ее взаимодействия с производством, техникой и системой образования, с учетом закона неравномерного развития наук.

К определению химии как химической дисциплины следует также подходить исторически. Химическая дисциплина является отражением не только химической науки, но и «социального заказа». Кроме того, она строится с учетом психолого-педагогических основ процесса обучения на разных этапах физического и умственного развития обучаемых.

Развитие методологических основ формирования системы научных знаний и учебных дисциплин приводит к пониманию неидентичности химической науки и химических дисциплин как по содержанию, так и по структуре.

Во-первых, области химической науки развиваются исторически неравномерно (взаимодействие «старого» и «нового» знания осуществляется неодновременно со всеми отсюда вытекающими противоречиями развивающейся системы «приращенного» знания), тогда как учебный материал в системе функционирующего знания должен быть единым и непротиворечивым.

Во-вторых, передача знаний (обучение) не адекватна по своей задаче получению нового знания (наука): отличаются методы по-

лучения и средства передачи информации, сказывается специфика взаимодействия в системе объект — субъект и т. п. Это определяет разную зависимость указанных систем от факторов, раскрываемых в социологии, психологии, теории информации.

В-третьих, передача информации в виде учебных текстов может происходить в педагогическом процессе только после того, как научная информация соответствующим образом преобразована в учебную (сформированность системы понятий, обеспечивающих их «научную представимость», дающую возможность обучающим систематизировать, повторять и обобщать знания).

В-четвертых, в разных науках и учебных дисциплинах в неодинаковой степени используется индуктивный и дедуктивный методы познания (разработка их единства в преподавании тесно связана с решением основных задач на данном этапе, использованием проблемного обучения, внедрением ТСО и т. п.).

В-пятых, набор и структура учебных дисциплин различаются в зависимости от этапа и профиля подготовки кадров.

С чем же связаны трудности в определении предмета химии как науки? Так, многих не удовлетворяет следующее определение химии: химия — это наука о химических элементах. В нем видят тавтологию: химия определяется через понятие, содержащее прилагательное с тем же корнем. Еще в XVII в. это определение предложил Р. Бойль, его придерживались А. Лавуазье, Д. И. Менделеев и многие другие известные химики.

Часто приводят другое определение: химия — это наука о веществах, их превращениях и явлениях, сопровождающих эти превращения. Однако выдвигается справедливое возражение, что такое же определение можно дать и некоторым другим естественным наукам, например физике. Согласимся с этим и скажем, что химия является одной из наук, занимающихся изучением превращения веществ. Применительно к химии уточняется, что химия занимается не всякими превращениями, а только теми, при которых происходит качественное изменение веществ. Противники этого определения заявляют, что и при фазовых переходах нередко осуществляется этот процесс (типичный пример — образование новых молекул из прежних при переходе из жидкого состояния в газообразное), да и вообще понятие «качественное» является общенаучным.

Некоторые авторы, критикуя приведенные выше определения, считают их бессодержательными, так как утверждение, что к химическим относятся такие процессы, которые изменяют химическую идентичность вещества, не содержит информации, которая помогла бы студентам отличить, например, химические превращения от биологических. При этом выдвигают точку зрения, согласно которой химия выбирает в качестве фундаментальных частиц природы атомы и молекулы и применяет знания об их поведении к объяснению явлений. Давая пояснения такому определению, авторы его указывают, что явления (кипение воды, планирование диеты, проблема загрязнения воды) внутренне не прису-

щи химии, физике или биологии, что принятая классификация есть способ нашей трактовки. Так определяется научная дисциплина. Таким образом, кипение воды или сероводорода есть физический процесс, если он изучается по измерению давления пара над массой жидкости. Подобное исследование не требует описания на атомном или молекулярном уровне. В этом случае физику можно определить как науку, которая изучает частицы (а также макротела) и их взаимодействия в том смысле, как они понимаются в кинематике, динамике, электродинамике и термодинамике. Когда же предпринимается попытка понять соотношение между температурами кипения H_2O и H_2S с точки зрения водородных связей, то исследования следует назвать химическими. Хотя такая постановка вопроса является справедливой, в ее решении много уязвимо: по существу, дается не определение, а пояснение.

Почему так происходит? Ответ заключается в том, что многие определения охватывают предмет только с какой-либо одной, хотя и важной стороны. Указанные же понятия по своему смыслу, по местоположению и иерархии понятий, связанных с человеческой деятельностью (а занятия наукой, в том числе химией, это и выполнение «социального заказа»), не могут быть однозначны. Впрочем, определения могут быть даны, если выбрана линия или срез в методологической системе, по которым дается характеристика понятий. Так поступил, как известно, Ф. Энгельс, давая определение наук по формам движения материи и привлекая понятие о материальном носителе соответствующей формы, что с развитием науки подверглось корректировке. У Д. И. Менделеева мы тоже находим «согласованное» определение нескольких наук, и если химия оказывается наукой о веществах, механика — о силах, а биология — об организмах, тогда (только!) физика выступает как наука о методах¹.

Возможно, к решению данного вопроса с методологической точки зрения надо подойти как к граничному или фундаментальному понятию, которое может быть определено по-разному: через законы сохранения, изменения, т. е. во взаимосвязи с другими понятиями.

В таком случае при определении предмета химии нужно учитывать следующие положения:

1. Определение дается через центральное понятие химии, которое устанавливает «нижнюю» границу химии и связано с основным законом сохранения (закон сохранения ядерных зарядов при химических реакциях). Таким понятием в химии является понятие «химический элемент».

2. Оно должно давать информацию об основных формах химической организации вещества, их иерархии и методах изучения законов изменения. Такими методами в нашей науке являются термодинамический, квантовомеханический и кинетический, ко-

торые позволяют установить зависимость между свойствами, составом и строением трех основных химических форм организации вещества: атомов, молекул и кристаллов.

3. Необходимо учитывать эволюционный подход к развитию систем, установив «верхнюю» границу химических явлений, с одной стороны, от минералов, а с другой — от живых систем.

4. Оно должно исходить из признания относительности химических свойств (условия существования) и химических понятий.

5. Оно должно учитывать цель данной науки, ее практическую задачу, ради решения которой она и была вычленена из естествознания. Традиционное определение химии как науки о веществах, их превращениях и явлениях, сопровождающих эти превращения, в основном базировалось на основании цели. Правда, теперь более «модным» стало определение химии как науки о синтезе материалов с заданными свойствами. По-видимому, не следует забывать и о химических аспектах энергетики. Ведь две извечные проблемы, на решении которых был основан прогресс человеческой цивилизации, — это энергия и материалы.

Итак, пути подхода к широкому определению химии намечены. Химия — это наука, изучающая основные и производные формы существования химических элементов (атомы, молекулы, кристаллы; ионы, радикалы, сложные системы — растворы, коллоиды; минералы; макромолекулы и биополимеры), процессы их взаимопревращения с целью создания материалов, а также источников энергии, способствующих удовлетворению материальных и духовных потребностей человеческого общества.

Как же найти определение химии в узком смысле? Если понятие «химический элемент» является самым абстрактным в нашей науке, то более конкретными являются «химическое соединение», «химическая система» (раскрывающая внутренние возможности) и условия их существования (внешние поля). Отсюда определения могут быть, например, такими:

химия — это наука о качественных изменениях веществ, происходящих под влиянием изменения количественного состава;

химия есть естественная наука, описывающая однородные тела, исследующая частичные (т. е. молекулярные) явления, при которых эти тела претерпевают превращения в новые однородные тела, и как наука точная она при изучении тел и явлений стремится во всех случаях ко всем телам и явлениям приложить меру и вес, узнать точные численные законы, управляющие разнообразием изучаемых ею предметов.

Ни одно из существовавших ранее и существующих теперь определений предмета химии (а их свыше 50) не было полностью реализовано в учебных предметах.

То длинное определение химии, которое Д. И. Менделеев привел и объяснил в «Предисловии» к 1-му изданию «Основ химии», он очень скоро, открыв периодический закон изменения свойств химических элементов, поменял на другое: химия — это наука о химических элементах. Причина этого заключается в том, что по-

¹ См.: Менделеев Д. И. Соч. Л.—М., 1952, т. 24, с. 185.

нятие «химический элемент» стало центральным и периодическая система, как отражающая общие специфические свойства определенных совокупностей элементов, дала возможность раскрыть место элемента в системе. Позже с развитием химической динамики в структуре химической науки произошли важные изменения, повлиявшие на определение предмета химии.

«Лекции по физической химии» Я. Вант-Гоффа, выпущенные в начале XX в., содержали три части: «Химическую динамику», «Химическую статику» и «Соотношение свойств и состава».

На первое место поставлена химическая динамика. «Химическая система», «процесс», «реакция» становятся центральными понятиями химии. Химическая статика является «системой обеспечения» в изучении химической динамики. Задумываясь в конце жизни над системой изложения химического материала, Я. Вант-Гофф указывает, что излагать химию нужно, не разделяя ее, как принято, на органическую и неорганическую, а на общую и специальную. В незавершенном труде «Система химических понятий, основанная на мере, весе и времени» он пишет, что основы общей химии следует излагать в такой последовательности: качественные, а затем количественные изменения, далее способы их выражения — объемы, формы соединений, энергия, химическое сродство и активность.

Если исходить из завершенности каждого этапа обучения по подготовленности к труду и продолжению образования, то нужно определить три основные задачи курса химии в средней школе:

1. Курс химии служит «дидактической моделью» современной химии как одной из естественных наук, характеризующейся: а) тесной связью с решением задач теоретического естествознания; б) комплексным решением научно-технических проблем, включая так называемые глобальные проблемы современности; в) широким использованием таких методов исследования веществ и процессов, как термодинамический, кинетический и квантомеханический; г) исключительно важным мировоззренческим значением, что определяется его ролью в формировании фундаментальных знаний о природе, развитии методов исследования, а также перспективами практического применения полученных знаний; д) сравнительной «молодостью» как науки, а также тем, что химизация народного хозяйства далеко еще не достигла своего оптимального уровня. Следовательно, химия является одной из перспективных в научном и промышленном отношении отраслей знаний.

2. Курс химии в средней школе является одним из средств трудового и политехнического воспитания школьников, формирования у них необходимых для жизни умений и навыков, что диктуется: а) всевозрастающей химизацией народного хозяйства и проникновением химии во все сферы человеческой деятельности; б) накопленным человечеством опытом использования химических материалов, препаратов и источников энергии; в) наглядностью,

доступностью, методической ролью химического эксперимента как средства обучения; г) сформированностью в химической науке знаний о наиболее типичных явлениях, отработанности приемов (что важно для формирования у учащихся умений и навыков) при операциях с типичными объектами окружающего мира. Это определяет роль химической подготовки к ее продолжению в ПТУ или техникумах химического и близкого к нему профиля.

3. Подобно другим предметам школьного образования, курс химии служит одним из источников развития личности в целом, формирования научного мировоззрения, нравственного, эстетического, интернационального и патриотического воспитания школьников, поскольку изучение достижений химии, как и других естественных наук: а) раскрывает диалектику природы; б) указывает пути преобразования природы, получения новых материалов; в) способствует развитию мышления и трудовых навыков и приобретения представлений о современном производстве и профориентации (экскурсии, факультативные и внеклассные занятия); г) предоставляет материал для осуществления нравственного и эстетического воспитания, так как достижения химии тесно связаны с развитием материальной культуры; д) дает возможность осуществлять интернациональное и патриотическое воспитание, если раскрываемые в учебном материале факты и законы «персонифицированы» (т. е. приводятся исторические факты, характеризующие условия осуществления тех или иных открытий в химии); е) позволяет проводить атеистическое воспитание школьников научно, доступно и убедительно.

Химия как учебный предмет обладает богатейшими возможностями. Химический эксперимент знакомит с фактами и понятиями, способствует выработке практических умений и навыков. Большую ценность имеет информация, полученная на уроках природоведения и физики (основы теоретических представлений, методы исследования веществ, ряд общенаучных понятий и т. д.). При изучении химии учащиеся познакомятся с разнообразными практическими приложениями науки на производстве (экскурсии), в быту, в природе (летний труд, отдых) и т. д.

На первоначальном этапе преподавания химии очень важно использовать химический эксперимент как средство знакомства с конкретными свойствами вещества. Еще А. Лавуазье, раскрывая замысел и характер изложения материала в «Начальном учебнике химии», писал: «...как у ребенка представление является следствием ощущения, так и у того, кто начинает заниматься изучением физических наук, понятия должны быть лишь выводами, прямыми следствиями опыта или наблюдения».

...все курсы и учебники химии имеют тот общий недостаток, что с первых же шагов полагается обладание теми сведениями, которые учащиеся или читатель должен приобрести на последующих уроках.

...поэтому... в задачу начального курса химии входит научить лишь очень немногому, что едва хватает целого года, что-

бы приучить ухо к языку, глаза к приборам, и что немислимо готовить химика меньше, чем в три или четыре года...

В этой науке еще имеется много пробелов, нарушающих непрерывность цепи фактов и требующих затруднительных и нелегких согласований...»¹.

Курс химии в средней школе должен развиваться в два этапа: 1) первый — *предварительный*, когда в курсах природоведения и физики формируются некоторые общие представления о веществах и процессах, а затем они конкретизируются на уроках в VII—VIII классах (химический состав, строение и свойства соединений); 2) второй — *основной*, когда раскрываются причинно-следственные связи между химическими явлениями и свойствами, с одной стороны, и электронным и пространственным строением химических соединений — с другой, и формируются основы современной химии (методы изучения, законы, категории, принципы, проблемы). Такой подход соответствует принципу историзма, опирается на знания, полученные при изучении смежных дисциплин, дает двухэтапное развитие представлений о химических явлениях, что позволяет не только методологически правильно построить объяснение учебного материала, а также его обобщить, но и осуществить практическую подготовку учащихся к труду и продолжению образования. Именно на этом пути возможно сочетание умственной и трудовой деятельности. При этом перегрузка учащихся избытком информации снижается.

§ 3. Принципы образования и обучения в системе общеобразовательной и политехнической подготовки учащихся

Система образования строится на некоторых принципах, в обобщенном виде отражающих ее строение и функциональное значение в жизни общества. К ним относятся принципы всеобщности и демократичности, непрерывности, региональности, индивидуализации обучения (всестороннего развития личности). Принципы научности, партийности и оптимизации пронизывают систему в организационном и содержательном плане.

В мероприятиях, намечаемых в документах о реформе общеобразовательной и профессиональной подготовки молодежи, важное место занимают те, которые способствуют совершенствованию трудового и политехнического обучения и воспитания. Их конкретное воплощение тесно связано с применением принципа региональности. Он давно уже взят на вооружение высшей школой (набор специализаций тесно связан с особенностями подготовки кадров для региона). В средней школе элементы реализации этого принципа осуществляются, главным образом, на факультативных и внеклассных занятиях, а также во время проведения экскурсий.

¹ Лавуазье А. Начальный учебник химии. — В кн.: Жизнь науки. М., 1973, с. 225—227.

Усиление трудового и политехнического обучения и воспитания (ориентация на рабочие профессии большинства учащихся после окончания неполной средней школы, проводимая на уровне профотбора) заставляет заботиться о воплощении этого принципа во всей системе учебно-воспитательного процесса в школе, и в первую очередь на уроках. Однако ни планами или учебными программами, ни тем более учебниками это не предусмотрено. Между тем использование принципа региональности (в нем также учитывается специфика городских и сельских школ) даст возможность построить систему согласованной общей и профессиональной подготовки не на отдельных примерах производства, показа областей применения и т. п., а на совокупности конкретных фактов, представленных в определенной последовательности, на формировании системы знаний, умений и навыков, на выработке мировоззрения учащихся. При этом используются межпредметные связи.

Самостоятельность, системность и современность — так краткой формулой можно охарактеризовать стоящую перед школой задачу: соединить общественно полезный труд, трудовое и политехническое обучение, общеобразовательную подготовку, формируя при этом социально активную личность, вооруженную диалектико-материалистическим мировоззрением.

Центральное место в этой системе принадлежит взаимодействию учения и обучения, т. е. совместной деятельности учителей и учеников, общению и самоконтролю.

Метафизическое разделение на предметы и существующие межпредметные связи отчасти становятся тормозом при реализации намеченного реформой направления. И оценивать результаты деятельности (сформированность знаний, умений, навыков) должны не школьные учителя (их оценки лишь промежуточные, ориентирующие в сравнении и направляющие, стимулирующие деятельность отдельных учащихся), а преподаватели ПТУ, техникумов, вузов и т. п. Эта информация стекается в районные комиссии по профотбору, которые выполняют роль научно-методических и организационных центров. Здесь действует другой принцип функционирования системы образования — принцип непрерывности.

Теоретической исходной установкой необходимости ввода принципа региональности является известное положение о том, что наука становится непосредственной производительной силой общества. Это положение нашло соответствующее выражение в определении науки, данном в «Философском словаре»: «Наука — сфера исследовательской деятельности, направленная на производство новых знаний о природе, обществе и мышлении и включающая в себя все условия и моменты этого производства...»

С появлением крупного машинного производства создаются условия для превращения науки в активный фактор самого производства... В связи с этой технической ее ориентацией лидирующим становится комплекс физико-химических дисциплин и соот-

ветствующие прикладные исследования. В условиях научно-технической революции происходит новая, коренная перестройка науки как системы. Чтобы наука могла удовлетворять потребностям современного производства, научные знания должны стать достоянием большой армии специалистов, инженеров, организаторов производства и рабочих... Наука все более превращается в непосредственную силу, а практическая реализация результатов науки лежит через ее личностное воплощение... Отсюда соответствующие требования к науке, которая призвана во все большей степени ориентироваться уже не на одну лишь технику, но и на самого человека, на безграничное развитие его интеллекта, его творческих способностей, культуры мышления, на создание материальных и духовных предпосылок для его всестороннего целостного развития»¹.

Этот принципиально новый подход к содержанию научной деятельности и ее общественной роли отражается и в образовании. Реализация этого принципа осуществлена во всей системе обучения, воспитания и развития: их содержании, методах и средствах обучения и контроля, формах организации учебно-воспитательного процесса.

Одна из важнейших задач школы — соединить мышление с предметной деятельностью («голову и руки»), слово и дело в единую систему. Этого можно добиться за счет изменения структуры и содержания образования, характера общения и деятельности учителей и учеников над решением нескольких задач, связанных с развитием личности тех и других. Сам выбор этих задач обусловлен принципом региональности: учитываются планы комплексного социального развития региона, наличие научных, производственных и технических знаний, от которых зависят учебные планы. Это позволило бы выстроить инвариантную структуру политехнического обучения с определением тех конкретных знаний, умений и навыков, форм организации учебного процесса, которые дали бы возможность составить образовательную программу с соответствующим сочетанием общеобразовательной и профессиональной подготовки, отвечающей требованию региона (численность и профотбор, определение факультативов и кружков, выделение школ с углубленным изучением отдельных предметов и т. п.).

Специфика региона должна быть учтена при формировании соответствующих общеобразовательных знаний, умений, навыков, перечисленных в нормативных документах (например, квалификационных характеристиках), составленных для выпускников ПТУ, техникумов, вузов. Она же находит выражение в отработке тех элементов научного мировоззрения (стиль мышления), социальной активности (мотивация, профнаправленность), ориентации на конкретные виды деятельности и общения, которые моделируют типичные для определенной группы профессий операции,

¹ Философский словарь/Под ред. И. Т. Фролова. М., 1981, с. 136—137.

отношения, условия, оценку качества и эффективности, характер труда.

Есть учебные дисциплины, которые наиболее тесно связаны с воплощением принципа региональности в системе школьного образования. Они определяются научно-техническим прогрессом, являются его носителями, связывают систему образования (кадры) с системой наука — техника — производство. Это прежде всего физика (основы техники и механической технологии), химия (химическая технология) и биология (биотехнология и бионика).

Для того чтобы полнее отразить идею химизации народного хозяйства на современном этапе, в школе, наряду с кабинетами учебных дисциплин (химия, физика, биология, математика, труд), должен существовать кабинет техники и технологии. Его материальную базу строят с учетом принципов региональности и непрерывности для учащихся неполной средней школы (ПТУ, техникум) и полной средней школы (техникум, вуз). На его основе будет осуществляться профилизация общеобразовательных дисциплин, актуализация такой формы организации учебного процесса, как экскурсия, а также факультативная и внеклассная работа, способствующие профотбору. Соответствующим образом должна быть организована подготовка преподавателей в педагогических институтах и университетах по обслуживаемому труду, основам сельскохозяйственного производства, техническим дисциплинам, а также по профориентационной и внеклассной (кружковой) работе.

Принципы региональности, непрерывности, политехнизма получают в советской общеобразовательной, трудовой и политехнической школе наиболее полное воплощение на основе намеченных реформой мероприятий. Они тесно связаны с планами экономического и социального развития страны до конца текущего столетия.

На первой сессии Верховного Совета СССР одиннадцатого созыва были приняты «Основные направления реформы общеобразовательной и профессиональной школы», где подчеркивалось, что диалектика намеченного партией развития школы состоит в том, что вся трудовая, профессиональная подготовка учащихся должна строиться на базе дальнейшего существенного улучшения подготовки общеобразовательной¹. Принципиальное требование реформы — необходимость обеспечения органического сочетания профессионального обучения в школе с дальнейшим повышением уровня общеобразовательной подготовки учащихся.

В решении этой задачи важное место следует отвести принципу политехнизма как объединяющему все этапы образования.

Функции политехнической направленности обучения определяются следующими обстоятельствами, которые тесно связаны с формированием коммунистического мировоззрения учащихся.

¹ О реформе общеобразовательной и профессиональной школы. Сборник документов и материалов. М., 1984, с. 19.

Базовые знания и принцип политехнизма. Базовыми знаниями еще недавно признавались основы наук: факты и понятия, формирующие основные концептуальные системы теоретического естествознания и некоторых сторон практики (технологии, промышленности). Междисциплинарные связи (в том числе с гуманитарными науками) и принцип политехнизма были и остаются краеугольными камнями, на которых закладывается научное мировоззрение учащихся. Указанный подход был характерен для того положения, которое занимала наука в обществе, когда в течение длительного времени ее развитие определялось главным образом запросами и потребностями техники и промышленности: $H \leftarrow T \leftarrow П$. В известном смысле эта формула сохранила свое значение и теперь: научное знание возникает в первую очередь для удовлетворения материальных и духовных потребностей человека. Потребность в творчестве, созидании, в преобразовании природы отличает, как известно, человечество от животного мира, определяя исторически складывающуюся логику развития научного знания, в которой линия «открытий впрок» никогда не замирала.

В появлении формулы «наука стала непосредственной производительной силой развития общества» решающая роль принадлежит научно-техническому прогрессу, научно-технической революции. Полезно вспомнить, какие черты раскрывают сущность НТР. Во-первых, естественные науки в результате процессов интеграции и дифференциации достигли такого уровня развития (вширь и вглубь), что вещества и явления оказались возможным рассматривать на макроскопическом, атомно-молекулярном и электронно-ядерном уровнях; во-вторых, добывающая промышленность и техника приобрели такие объемы и темпы развития, что оказались в состоянии обеспечить производство источниками сырья, энергии, а науку — техническими приборами для осуществления новых экспериментов в невиданных масштабах. В технику и промышленность внедряются интенсивные методы производительности труда: механизация, автоматизация, химизация, электрификация, кибернетизация. В-третьих, инженерные и исследовательские профессии стали одними из самых массовых, что явилось важным стимулом для научно-технического творчества молодежи. В-четвертых, освоение природной среды и значительный прирост населения заставили комплексно решать глобальные проблемы современности: сырьевую, энергетическую, продовольственную и экологическую. В-пятых, научно-технический прогресс сопровождается глубокими идеологическими, экономическими, социальными и политическими преобразованиями в жизни общества, торжеством передовой марксистско-ленинской философии.

В новых условиях в формировании научного мировоззрения учащихся, помимо междисциплинарных связей и коммунистического воспитания, важную роль призваны играть базовые знания, лежащие в основе принципа политехнизма.

Новые технологии, базовые знания, трудовое обучение и непрерывное образование. На всех этапах развития образования

практические умения и навыки формировались параллельно с получением знаний. Механическая переработка сырья вызвала к жизни промышленную революцию, опирающуюся на достижения науки: учение о теплоте, атомно-молекулярную теорию, гидро- и аэродинамику. Как справедливо подметил Д. И. Менделеев, «между историей промышленного развития человечества и сложением основных истин естествознания замечается не только параллелизм, но и совпадение по времени»¹. Технологии нового времени опираются на более глубокое проникновение в вещество и пути создания источников энергии (электричество, магнетизм, фотохимия, радиоактивность, ядро, плазма). Темпы их появления резко возрастают. Вместе с тем возникает необходимость в экономии трудовых ресурсов, сырья, энергии и отсюда в унификации ряда составных частей разработанных технологий, увеличения единичных мощностей и т. п. Это заставляет автоматизировать проектные, графические, расчетные работы, создавать автоматизированные системы управления. В результате формируются базовые политехнические знания — основы техники, технологий. Следовательно, возрастает потребность в большом числе всесторонне образованных рабочих, техников, инженеров, обслуживающих автоматизированное производство.

Трудовое обучение на этапе неполной средней школы призвано не только выработать необходимые каждому знания и навыки конкретной деятельности, но и стать тем средством, которое позволит осуществить профессиональную ориентацию школьников и развить интерес к определенной профессии, специальности, необходимому для продолжения образования в техникуме, ПТУ, в кружках и факультативах для старших классов средней школы.

Формированию коммунистического мировоззрения в условиях трудового обучения способствует практика учащихся, а принцип политехнизма выступает регулятором между содержательной и процессуальной сторонами обучения, приводит к сбалансированному взаимодействию между общеобразовательными и профессиональными знаниями, умениями и навыками.

Образовательная программа, принципы региональности и индивидуализации обучения. Освещение важнейших проблем современности, с одной стороны, и трудовое обучение — с другой, создают условия для использования принципа политехнизма как основного в формировании образовательных программ, в которых указаны конкретные знания, умения и навыки, необходимые для учащихся при переходе из неполной средней школы в ПТУ, техникум или продолжении обучения в полной средней школе. Для этого осуществляют профотбор по окончании неполной средней школы, который не может не опираться на конкретные потребности региона в кадрах, с одной стороны, и индивидуально-личностные качества обучаемого — с другой. При построении вариативной части образовательной программы (функциональная про-

¹ Менделеев Д. И. Соч. Л.—М., 1952, т. 20, с. 552.

грамма) учитываются элементы и этапы трудового обучения. Принцип индивидуализации обучения должен исходить из способностей, трудолюбия и прилежания учащихся. И на его основе следует вырабатывать навыки самообразования, ответственности, самоконтроля учащихся. Учитываться при этом будут не только результаты учебы, но и затраты усилий, деятельности, общение (коллективные формы работы), уровень самооценок.

Принцип политехнизма в центре системы образования. Для того чтобы быть действенным, образование должно быть системным. Реформа школы предусматривает, как известно, следующую структуру общего среднего и профессионального образования: начальная школа — I—IV классы; неполная средняя — V—IX классы; средняя общеобразовательная и профессиональная школа — X—XI классы общеобразовательной школы, ПТУ, средние специальные учебные заведения. Каждый из этих этапов характеризуется определенным соотношением общеобразовательной и профессиональной подготовки.

Системный подход к изучению материала, тесно связанного с применением принципа политехнизма, с формированием коммунистического мировоззрения и выработкой конкретных трудовых навыков, наглядно проявляется при изучении в школе «Продовольственной программы СССР на период до 1990 года и мерах ее реализации» и «Основных положений энергетической программы СССР на длительную перспективу».

Глава III. ЭДУКОЛОГИЯ И СИСТЕМА ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Среди междисциплинарных наук, возникших в последнее время, особое место занимает наука об образовании — *эдукология*. Термин «эдукология» возник, по-видимому, по аналогии с термином «науковедение». В ряде работ американских авторов употребляется термин «science of education», неопределенность которого подчеркивалась разной трактовкой понятия «education»: образование как система, образование как воспитание, образование как определенное действие. Само это словосочетание — наука об образовании — означало не уже определившуюся область научного исследования, а скорее варьирующееся научное направление о все более актуальных для общества проблемах, возникающих на стыках управления, планирования и образования. Именно так его трактуют советские специалисты по вопросам образования. Например, Б. А. Гонтарев пишет: «На наших глазах формируются основные принципы и закономерности, определяются сферы интересов и направления исследований новой науки — науки об образовании (эдукология). Целью и содержанием ее являются исследование теоретических основ организации высшей школы и управления высшим образованием, разработка системы мер, обеспечивающих темпы и высокий уровень подготовки кадров высшей и наивысшей квалификации»¹. Отражением этого является воз-

¹ Гонтарев Б. А. Технический университет США. Л., 1980, с. 4.

росшее число публикаций по проблемам образования, и не только высшего, но и последиplomного. Однако область этой науки, ее объект и предмет, методы еще четко не определены. У эдукологии практически нет еще своей истории, но есть предыстория, краткий экскурс в которую позволит понять ее становление как исторически обусловленное явление и более четко выявить круг вопросов, связанных с ней.

§ 1. Самосознание науки и эдукология

В развитии любой науки наступает момент, когда эффективность во все большей степени обуславливается самопознанием этой науки. Размышлением (*reflexio*) над своим собственным содержанием первой занялась философия. Если для объяснения конкретного научного знания, его места в научной картине мира, специфических противоречий познавательного процесса существуют мощные средства общенаучной, философской методологии, то для объяснения философии не существует более широкой и мощной системы знания, чем она сама. Именно поэтому научная рефлексия, хотя и не получила должной диалектико-материалистической разработки, является одним из традиционных предметов философского исследования.

Впервые рефлексию как один из источников знания (наряду с опытным знанием) сознательно выделил Д. Локк. Под рефлексией Д. Локк понимал то наблюдение, которому ум подвергает свою деятельность и способы ее проявления. Необходимым моментом познания полагал рефлексию И. Кант. При этом он считал, что рефлексия не имеет дело с самими предметами, чтобы получить понятие прямо от них. Материалистически же понимаемая рефлексия предполагает постоянный выход за пределы философии, соотносимость с фактами науки, что гарантирует ее от вырождения, схоластики. Таким образом, существуют определенные рамки, границы рефлексии, и чтобы их преодолеть, необходима соотносимость с практикой, постоянные выходы за пределы чистой рефлексии, во имя научной рефлексии. Поскольку наука сама рефлексивна, самосознание науки корректнее называть саморефлексией.

После И. Канта развитие саморефлексии философии пошло двумя путями. Первый путь проложил И. Фихте, который главную свою задачу видел в построении науки об основных условиях всякого знания: «науки о науке вообще», или «наукоучении». Другой путь избрал Г. Гегель, который не выделял наукоучение в качестве самостоятельной дисциплины, а включал его в свою систему в качестве высшего раздела — третьей части «Науки логики» — учения о понятии. Предметом логики понятия является сам процесс познания, исследование способности постигать мир, достижение тождества теоретического и практического, т. е. то, что в марксистско-ленинской философии составляет основное содержание диалектической логики.

Диалектическая логика является «собственностью» философии, и это одна из причин, почему конкретные (прежде всего, естественные) науки вынуждены были сто с лишним лет спустя вернуться к исследованию той же проблемы «науки о науке вообще», которая теперь получает название «науковедение». Предметом науковедения является разработка теории социально-экономических и материально-технических условий научного прогресса и правильное использование науки.

Сейчас можно говорить о третьем этапе истории развития науки о науке, когда в полном соответствии с общей формулой движения познания от абстрактного к конкретному из нее вообще выделяется конкретное науковедение — эдукология. Видимо, в скором времени следует ожидать появления и других конкретных науковедений. То, что эдукология возникает в числе первых науковедческих дисциплин, связано с особой ролью образования, которую оно играет сейчас в жизни нашего общества. В СССР, по данным ЦСУ, учится более 103 млн. человек, что составляет 38% всего населения страны; 45 млн. человек овладевают новыми профессиями, повышают квалификацию на соответствующих курсах. Советское общество (по оценке ЮНЕСКО) стало самым образованным и читающим в мире. В эпоху НТР, когда знания быстро устаревают, учиться и переучиваться приходится всю жизнь, и это ставит свои проблемы перед системой образования в СССР. Образование должно непрерывно совершенствоваться с учетом новых требований, которые диктует жизнь, новых задач, которые отражены в принятых на XXVI съезде КПСС «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года» и в постановлении о школьной реформе.

Науковедение — это самосознание науки, поэтому проблема, поставленная перед науковедением, в действительности является проблемой самой науки. Саморефлексия поднимает науку до такого уровня, открывает такие горизонты, которые недоступны науке в ее традиционных структурных границах.

Саморефлексия философии есть высший уровень философской формы мышления, и только на этом уровне, когда природа категорий сама становится предметом специального исследования, мы имеем дело с категориями в строгом смысле слова. Предметом саморефлексии является сама наука, выявление основных предпосылок ее самоорганизации, ее связи с другими науками и практикой. Что нового может дать самосознание науки?

1. В последнее время в философии и конкретных науках все более остро стоит проблема систематизации знаний. А вскрытие внутренней логики связи основных элементов содержания науки возможно только в том случае, когда наука сама становится предметом исследования. В философии эту задачу решает диалектическая логика, в педагогических науках — эдукология.

2. Научная рефлексия — это и рационализация научной деятельности вследствие роста методологических исследований. Реф-

лексия свойственна всякой духовной деятельности. Она состоит в размышлении о самой этой деятельности — о ее структуре, целях, средствах и результатах. Растущий поток методологических исследований в современной науке отражает усиливающуюся по целому ряду причин потребность во внутренней рефлексии, продукты которой выступают в качестве одного из главных источников и средств рационализации научной деятельности.

3. Саморефлексия способствует и приращению нового знания. Можно ли получить новое знание, не обращаясь к предмету науки, а лишь исследуя ее содержание? В идеалистической философии, прежде всего философии И. Канта, дается положительный ответ на вопрос — рефлексия считается основным источником получения нового знания. Ряд марксистских исследователей, напротив, ограничивают функцию рефлексии лишь коррекцией познания, но категорически отрицают ее возможность быть методом получения знания об объективном мире.

Историческое рассмотрение проблемы свидетельствует, что на ранних этапах развития наука действительно основное знание о предмете получала от самого предмета. Так, на начальных этапах развития химии, чтобы получить знания о веществах, химик должен был их пробовать на вкус, нюхать, трогать. Однако, чем выше уровень развития науки, чем богаче ее содержание, тем большая возможность приращения нового знания путем научной рефлексии. Теперь, как правило, ученый испытывает недостаток не в фактах, а в концептуальном их осмыслении. Участившаяся обращение ученых к философским идеям, «философизация» наук — наглядное подтверждение усиливающейся потребности современной науки во внутренней рефлексии. При помощи научной рефлексии можно не только получать новые факты науки (когда, например, «на кончике пера» открывается новая планета — классический пример познавательной способности саморефлексии), но и даже разработать новую фундаментальную теорию. Так, А. Эйнштейн смог сформулировать теорию относительности не потому, что открыл какие-то новые факты, никому не известные, а потому, что в самом содержании физики, ее противоречиях он смог найти новый, лишенный догматизма путь. Нельзя поэтому не согласиться с И. Кантом, непосредственно связывающим способность к рефлексии со способностью к познанию. «Того, кто обладает этими способностями в превосходной степени, называют светлой головой; кто одарен ими в очень малой мере — тупицей (так как его всегда должны вести за собой другие); а того, кто в применении этой способности обнаруживает даже оригинальность (в силу которой он сам из себя создает то, что обычно необходимо изучить только под руководством других), называют гением»¹.

4. Только на том уровне, когда наука сама становится предметом изучения, возможна ее координация с другими сторонами

¹ Кант И. Соч. М., 1966, т. 6, с. 369—370.

человеческой деятельности. Это дает знание о будущем науки, изменении ее места и роли в обществе не только под влиянием собственных причин, но и в силу социального заказа. Только на уровне эдукологии процесс образования может быть рассмотрен не только сам по себе, а в контексте развития науки, с одной стороны, и техники и производства — с другой. При дальнейшем изложении темы основное внимание уделяется не только эдукологии вообще, но и одному из ее разделов — эдукологии химии.

§ 2. Взаимодействие системы образования с другими сферами человеческой деятельности

Современный уровень развития производства, техники и науки поставил перед системой образования новые задачи. И она не всегда оказывалась способной их решать. Неудивительно, что в ряде стран, прежде всего капиталистических, критическое отношение к состоянию системы образования в последнее десятилетие было выражено некоторыми исследователями как кризисное состояние.

Образование стало массовым, но более дорогим, насыщенным специальными техническими, математическими, физическими и химическими знаниями, навыками и умениями; оно приносит определенную сиюминутную экономическую выгоду (образование как наука, хотя, конечно, в меньших масштабах, становится непосредственной производительной силой).

Новые требования развития производства, техники, науки, природопользования выявили следующие противоречия в системе образования: 1) отсутствие четко спланированного содержания и объема образования на различных этапах, т. е. отсутствие системы непрерывного образования; 2) разрыв между уровнем общетеоретической и специальной подготовки (широкий профиль и узкая специализация — два требования, которые качественно не могут быть осуществлены за ограниченный период обучения в ПТУ, техникуме, вузе); 3) нечеткое планирование в подготовке специалистов разного уровня. В результате чего ощущается нехватка квалифицированных рабочих, техников или избыток инженеров по некоторым специальностям и т. п.; 4) неиспользованные возможности для реализации принципа политехнизма в школе, недостаточная нацеленность школьных учебных предметов на самые массовые рабочие и иные профессии; 5) замедленный переход к подготовке специалистов низшего звена при налаженном производстве ранее дефицитного профиля; 6) педагогические и воспитательные функции стали частью деятельности многих специалистов в различных сферах народного хозяйства, однако квалифицированная подготовка к такой деятельности пока имеет лишь у незначительного числа специалистов.

Эти и другие многочисленные связи системы образования с производством, техникой, наукой требуют всестороннего комплексного социального исследования. По своему характеру все

названные связи являются междисциплинарными, и наука об образовании должна их раскрыть и рассмотреть в сжатые сроки, если говорить о ее эффективности.

В формировании эдукологии как комплексной науки важную роль сыграло изменившееся в обществе отношение к образованию, одним из проявлений которого стала система непрерывного образования. Его концепция исходит из того, что на каждом этапе должны быть решены следующие задачи: 1) формирование базовых знаний, умений и навыков, необходимых для их последующего практического использования, в том числе при условии непрерывного образования; 2) соединение обучения, воспитания и развития, предполагающего ориентацию на сочетание как общеобразовательной подготовки, так и профориентации и далее — специальной подготовки; 3) учет барьеров в познании или информационных барьеров, которые определяются возрастом учащихся, социальными или демографическими условиями; 4) развитие системы учебных предметов, основанных на требованиях современной научно-технической революции и планов социально-экономического развития как в глобальном, так и в региональном масштабе; 5) создание мобильной системы передачи и восприятия информации, осуществление контроля и обратной связи при обучении, опирающихся на необходимость корректировки учебных планов и учебных программ, а также на использование соответствующих форм, методов и средств обучения (оптимизация процесса).

Для того чтобы решение указанных задач было успешно, эдукология должна составлять образовательные программы с учетом прогнозов развития производства, техники, науки и соответственно на основе моделей образования. Это должна быть научно обоснованная система целевых установок и требований, поставленных на каждом этапе перед обучаемыми и обучающими и способствующих оптимальной организации учебного процесса и рациональной подготовки выпускников к труду и продолжению образования, включая смену труда или продолжение учебы без отрыва от производства, в том числе путем самообразования.

В основу такой программы в соответствии с ее целями и задачами необходимо положить информационно-аксиологический принцип оценки как возможностей системы обучения (объект — субъект, материальная база), так и особенности этапов обучения, принципов построения системы образования по регионам.

Решение задач управления и приводит к образованию междисциплинарных наук, рассматривающих развитие каждого из элементов системы в их взаимодействии друг с другом (науковедение, техниковедение, экономика промышленности, эдукология). Совершенно ясно, что методом изучения тех явлений, которые определяют развитие Н (наука), Т (техника), П (производство) и О (образование) и их взаимодействие, является системный анализ.

В настоящее время сформировались три методологических на-

правления изучения сложных объектов: 1) структурно-функциональный анализ; 2) структурализм; 3) системный подход. Первый исторически получил наибольшее развитие в социологии, второй — в лингвистике, третий — в биологии, а затем в технических науках. Понятия «система», «структура» и «функция» стали общенаучными, и потому выбор каждого из названных методов определяется прежде всего задачами и уровнем исследования, спецификой объекта, условиями его изучения.

Системный подход предполагает знание элементов и целого, структуры целого, законов связи элементов в целом. Современная наука поставила рядом с понятиями «материя» и «энергия» понятие «информация». Такой подход дает возможность рассмотреть методологию естественнонаучного образования, а на его основе содержание как отдельных учебных предметов, так и их интеграцию: межпредметные связи, принцип политехнизма, взаимодействие теории и практики, формирование элементов естественнонаучного мировоззрения. С учетом знаний по гуманитарным предметам и обществоведению учащиеся могут составить представление о научной картине мира.

Нельзя глубоко и с точки зрения требований педагогики, и с точки зрения социального заказа рассмотреть сегодня задачи методики обучения химии, если не принять во внимание: 1) систему и структуру химического знания и его место в развитии науки, техники и производства; 2) особенности их восприятия и возможностей применения на разных этапах развития человеческой личности. К этому нужно добавить еще необходимость использования всех направлений воспитания, особенно трудового.

Регулирующими и определяющими связи между компонентами системы образования выступают следующие принципы: 1) принципы, характеризующие место и роль системы образования в общественном развитии: всеобщности или демократичности образования (среднее образование для всех), непрерывности (образование «без тупиков»), региональности (учет планов экономического и социального развития страны и регионов), индивидуализации обучения (реализации коммунистического идеала — гармоническое развитие личности); 2) принципы, характеризующие социально-педагогический подход к организации обучения на данном этапе: связи школы с жизнью (общеобразовательная, трудовая, политехническая), соединения обучения, воспитания и развития (из них вытекают основные цели и задачи обучения — воспитание гражданина социалистического общества), партийности, научности, системности и др.

Школьный курс химии, как и другие школьные предметы, призван решать социальные, дидактические, воспитательные и развивающие учащих задачи. Они направлены на формирование гармонически развитой личности и потому опираются на принципы дидактики, а также принципы организации системы образования на каждом из его этапов.

Принципы дополняются или модифицируются другими, харак-

терными для соответствующих элементов структуры рассматриваемой системы образования. Перечислим эти элементы.

1. *Содержание.* Центральными и определяющими для него должны служить принципы научности и доступности (условие отбора) и системности знаний (содержание или его сущность).

2. *Методы и средства.* Центральными для них являются принцип динамизма и оперативности (условия успешной деятельности учителя, получившие отражение в функциях его деятельности — проектировочной, организационной, коммуникативной, гностической) и принцип соответствия содержательной и процессуальной сторон обучения. Контролирующим деятельность педагога, а также фиксирующим результативность учебно-познавательной деятельности учащихся здесь выступает принцип обратной связи.

3. *Формы организации учебного процесса* опираются на принцип научной организации труда учащегося и ученического коллектива (условие организации учебно-воспитательного процесса). Функционирование этого элемента связано с действием принципа взаимосвязи формальной (учебный план, программы) и неформальной (самообразование) сторон обучения. Этим определяется сущность данного элемента.

Наконец, принципом, позволяющим осуществить контроль за взаимодействием первых трех элементов, является принцип индивидуализации обучения.

4. *Материальная база школы* определяется принципом максимального удовлетворения потребностей обучающихся и обучаемых. Принципом, выступающим как фиксатор результативности взаимодействия четырех элементов указанной системы, выступает принцип оптимизации учебно-воспитательного процесса.

5. *Личность учителя.* Самостоятельность учителя — условие его успешной деятельности. Здесь действует принцип педагогического интегратизма (умение соединить биологическое, социальное, психологическое и дидактическое в оценке деятельности, форме общения, целевых установках деятельности и т. п. учащихся, коллектива и своей деятельности) и принцип удовлетворенности своей профессией, которые обеспечивают успех в работе учителя.

§ 3. Мировоззрение — наука — образование

Формирование научного, марксистско-ленинского мировоззрения КПСС считает основой коммунистического воспитания людей. При этом, как отмечалось на июньском (1983 г.) Пленуме ЦК КПСС, мировоззренческая четкость, методологическая дисциплина мысли являются неперенными условиями успешного развития общественных наук. Они в свою очередь зависят от глубины раскрытия этого понятия, т. е. от содержания, вкладываемого в него.

Термин «мировоззрение» принадлежит к числу тех, значение которых по сей день определено с недостаточной четкостью. Хо-

тя практически все авторы сходятся на том, что главный вопрос мировоззрения есть вопрос об отношении человека к миру, но в самом этом отношении разные авторы важнейшими усматривают такие несовпадающие аспекты, как самосознание и деятельность, внутреннее убеждение и системность и т. д.

Какое место занимает мировоззрение в системе философии? Ни онтология, ни гносеология в «чистом виде» мировоззрения еще не образуют. Онтология и гносеология не просто рядоположены, а составляют противоречие, основой которого является человеческая деятельность, понимаемая как способ существования человека. Деятельность есть высший синтез объективного, независимого от человека закономерного развития природы и субъективного, внутреннего мира чувствующего человека, пытающегося познать, а затем и преобразовать этот мир.

В деятельности различают прежде всего материальную и духовную стороны. Предметная материальная деятельность называется практикой. Высшим продуктом духовной деятельности является теория. Впрочем, деление деятельности на материальную и духовную становится все более условным в эпоху, когда производственная деятельность интеллектуализируется, а формы общественного сознания, в том числе наука, насыщаются предметно-рассудочным содержанием, в связи с чем все чаще понимаются не только как формы сознания, но и как определенные виды деятельности. Таким образом, области «чистой» практики и «чистой» теории все более сокращаются; они понимаются как абстрактные, крайние моменты деятельности. И это одна из причин, почему учение о деятельности особо интенсивно разрабатывается в последние годы и почему философское учение о деятельности (праксеология) понимается не только как единство онтологии и гносеологии, но и как единство теории и практики, утверждающая себя в эпоху научно-технической революции (в этом, собственно, суть последней).

Материальная деятельность конкретизируется во всех видах производственной (понимаемой в узком смысле слова), деятельность духовная — в формах общественного сознания. Мировоззрение относится прежде всего к духовной стороне деятельности, но оно не одна из форм общественного сознания наряду с другими, а их суть, угол зрения, классовая позиция. Поэтому мировоззрение проявляется во всех формах общественного сознания и так же, как последние, не есть только сознание (мышление), но определенный вид деятельности, включающий в себя цель, стратегию и тактику ее осуществления и т. п. Мировоззрение реализуется (материализуется) через политику, экономику, мораль... А также через педагогику — тоже вид деятельности.

Видимо, возможна философия без мировоззрения (софистика, например), но мировоззрение невозможно без философии, ибо оно и есть не что иное, как идейно-философское обоснование основных проблем человеческого бытия, человеческой деятельности. Не случайно то или иное решение основного вопроса философии и

составляет, по Ф. Энгельсу, общее мировоззрение¹. Это высказывание Ф. Энгельса чрезвычайно важно как для понимания мировоззрения (его неразрывной связи с философией), так и для понимания основного вопроса философии. До сих пор решение его зачастую сводится только к двум сторонам, между тем правильное говорить, по крайней мере, о трех сторонах решения основного вопроса философии в диалектическом материализме: 1) что первично; 2) познаваем ли мир; 3) какое значение решение первых двух вопросов имеет для судеб человека, его целей. Третья сторона решения вопроса философии и связана с признанием такой особенности марксистско-ленинской философии, как деятельностная, практическая направленность ее в отличие от чисто созерцательной философии прошлого.

Впервые активная направленность философии на идеалистической основе была разработана в немецкой классической философии. В ней же впервые получило обоснование учение о мировоззрении. Таким образом, и история философии подтверждает неразрывную связь учения о деятельности и учения о мировоззрении, которые возникают одновременно.

Лишь намеченная в немецкой классической философии эта направленность полное развитие получила в философии марксизма-ленинизма. Решительный поворот к проблемам реальной жизни осуществили основоположники марксизма, что со всей определенностью было заявлено уже в тезисах К. Маркса о Фейербахе.

Деятельностная направленность (наряду с материализмом и диалектикой) является одним из краеугольных камней философии марксизма-ленинизма, что вновь со всей категоричностью было подтверждено В. И. Лениным: «Точка зрения жизни, практика должна быть первой и основной точкой зрения теории познания»².

Именно особая важность взаимосвязи теории и практики, деятельности в философии марксизма сделала эти вопросы предметом острой идеологической борьбы. Современные ревизионистские школы, исходя из первичности практики, а не первичности матери, пытаются дать бой марксистско-ленинскому учению о деятельности как единстве теории и практики.

Некоторые советские философы на этом основании даже предлагают отказаться от разработки философского учения о деятельности. Но это означало бы отказ от существеннейшего положения марксистской теории, возврат к философии домарксистского образца, состоящей только из онтологии и гносеологии. Растущее число публикаций, посвященных философскому учению о деятельности, — важнейшее подтверждение значимости его для дальнейшего развития марксистско-ленинской философии.

Значение разработки диалектико-материалистического учения о деятельности обусловлено: 1) той ролью, которую играют поня-

¹ См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 21, с. 286.

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 145.

тия «теория», «практика», «деятельность» в марксистско-ленинской философии; 2) необходимостью вести борьбу с современным ревизионизмом, избравшим понятие «деятельность» исходной точкой пересмотра всех положений диалектического материализма; 3) последними партийными постановлениями, прежде всего решениями XXVI съезда КПСС и июньского (1983 г.) Пленума ЦК КПСС, со всей определенностью поставившими проблему связи теории и практики, что как раз и является предметом праксеологии в диалектическом материализме; 4) важностью формирования коммунистического мировоззрения, которое не может быть понято вне диалектико-материалистического учения о деятельности, существенной стороной которого оно является.

Мировоззрение не является собственностью только философии. По мере фундаментализации конкретных наук, насыщения их философским содержанием мировоззренческая функция их становится все более важной. Известная конвергентность, растущая взаимная потребность и взаимопроникновение философии и конкретных наук являются общей закономерностью их развития. Отсюда следует, что за формирование научного марксистско-ленинского мировоззрения в настоящее время ответственны не только философия и общественные науки, но и естественные.

Если наука стала непосредственной производительной силой развития общества, то это означает, что и в системе образования вообще, и в подготовке кадров в частности неизбежно должны происходить глубокие изменения. Необходимость подготовки специалистов широкого профиля, с одной стороны, и углубления подготовки по некоторым специальностям, обеспечивающим научно-технический прогресс, с другой, привели к тому, что резко повысились требования к содержанию образования, его структуре, возрастило методологической и мировоззренческой роли фундаментальных наук, их взаимосвязи с дисциплинами социально-экономического цикла, раскрытию связи науки, техники и производства (экономики), к формированию сознательной активности специалиста и творческому развитию личности (система научно-исследовательской работы студентов формируется как один из видов педагогической системы). В новых условиях возрастает роль эдукологии как науки об образовании. Одна из важнейших ее задач — трансформация научного, «приращенного» и части функционирующего знания в учебное.

Соответствующие изменения произошли и в системе среднего образования. Оно стало всеобщим. Это, однако, привело к тому, что стал замедляться и ограничиваться приток новых трудовых ресурсов в народное хозяйство, не всегда молодежь имеет необходимую профессиональную ориентацию. Недостатки трудового воспитания оборачиваются издержками нравственного порядка. Между тем еще К. Маркс, предвидя пути развития общего и специального образования, обращал внимание на необходимость приобщения подростков к общественно полезному труду в сочетании с обучением. Только такое сочетание способно формировать

как классовое и научное мировоззрение, так и гармонически развитую личность.

Важную роль при обучении призвано играть обобщение знаний. Методологической основой этой процедуры является диалектическая логика. Она же намечает стратегическую линию рассмотрения основных функций любой естественнонаучной теории: объяснительной, предсказательной, интегративной, системной, мировоззренческой, аксиологической...

Формирование научного мировоззрения в процессе обучения — это воспитание социально активной личности. Основная функция мировоззрения, по мнению большинства исследователей, оценочно-ориентировочная. Основное ее направление (целеполагание) — творческая преобразующая деятельность индивида на благо общества.

К. Маркс указывал: «...производство жизни — как собственной, посредством труда, так и чужой, посредством рождения — появляется сразу в качестве двоякого отношения: с одной стороны, в качестве естественного, а с другой стороны — в качестве общественного отношения, общественного в том смысле, что имеется в виду сотрудничество многих индивидов, безразлично при каких условиях, каким образом и для какой цели. Отсюда следует, что определенный способ производства или определенная промышленная ступень всегда связаны с определенным способом совместной деятельности...»¹.

Как подчеркивают исследователи проблемы человеческой деятельности, многогранное развитие личности в эпоху развитого социализма требует создания соответствующих материальных, организационных и духовных условий во всех основных областях человеческой деятельности и оптимизации всех основных факторов, влияющих на формирование и развитие личности, включая воспитание и образование.

Человеческому обществу и отдельной личности присущи определенные потребности, удовлетворяемые в результате совместной деятельности. «Никто не может сделать что-нибудь, не делая этого вместе с тем ради какой-либо из своих потребностей и ради органа этой потребности...», — писал по этому вопросу К. Маркс². В другом месте он продолжил эту мысль, отметив, что предметы внешнего мира — «суть *предметы* его *потребностей*; это — необходимые, существенные для проявления и утверждения его *сущностных сил* *предметы*»³.

Опредмечивание потребностей связано с мотивацией деятельности. В основе мотивации лежат биологические и социальные потребности.

Третью (после материально-биологических и социальных) группу потребностей составляют духовные потребности познания.

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 3, с. 28.

² Там же, с. 245.

³ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 42, с. 163.

Они теснейшим образом связаны с формированием мировоззрения. Указанные три группы потребностей соответствуют трем видам деятельности: материальной (производственной), социально-политической и духовной.

В ходе познавательной деятельности человек сталкивается с определенными препятствиями и трудностями, барьерами в познании. Потребность в преодолении препятствий вырабатывает волю. Роль мировоззрения здесь тесно смыкается с воспитывающей функцией образования. Как отмечал К. Маркс, «...различные потребности внутренне связаны между собой в одну естественную систему...»¹. Поэтому и разрешаться они должны прежде всего с учетом вооруженности таким системным параметром, каким является культура (включая философскую культуру). Под культурой понимаются способы, средства и нормы, присущие данной эпохе, сообществу, социальной группе. Овладение субъектом способами, средствами и нормами удовлетворения своих потребностей есть его воспитание.

Как справедливо отмечают многие исследователи, методы воспитания принципиально отличаются от методов обучения. Современная наука рассматривает проблемы механизмов восприятия, памяти, организации действий, их последующей автоматизации и перехода в сферу подсознания. Необходимость закрепления знаний в виде умений и навыков, реализуемых в практической деятельности, привела к поиску универсальных средств и методов обучения и оптимизации учебного процесса, к алгоритмизации поставленных задач.

Обучение есть формирование сознания, воспитание главным образом адресовано к подсознанию. Здесь проявляется тесная связь (общение, совместная деятельность) учащегося и учителя. Взаимодействию учеников и учителей принадлежит важная роль в решении задач обучения и воспитания. Научное мировоззрение тех и других находится на разных уровнях, соответствующих различию их социальных и познавательных потребностей. В общении реализуется их взаимная направленность.

Для педагога должна быть присуща такая деятельность, в которой доминирует потребность «служить другим». Помимо содержания предмета, выбираемых методов и средств, что проявляется в проектировочной, планировочной и организационной функциях, у учителя должна быть развита потребность в реализации коммуникативной и гностической функции, иначе не будет осуществлен принцип соответствия содержательной и процессуальной сторон обучения. Важную роль в этом играют мотивация деятельности и включенность эмоций.

Сравнение основных характеристик мировоззрения и педагогической деятельности показывает, что в целом они идентичны, т. е. деятельность педагога прежде всего направлена на формирование мировоззрения. Именно в мировоззрении обучение и воспитание

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 368.

проявляются в единстве. Первым управляет педагогика (система знаний), вторым — педагогика (термин К. Д. Ушинского, обозначающий вид исполнительского искусства в воспитании, включающий надсознание).

Все выдающиеся ученые и педагоги прекрасно сознавали неодинаковость действия сознания и надсознания: «Никто не сомневается, что для основательного знания нужна система; но одною ли системою мы научаемся? Не встречаем ли мы каждый день множество предметов, которые в одно время и расширяют круг наших понятий и возбуждают наши чувства и воображение? Неужели подобные влияния остаются бесплодными, не приумножают наших умственных богатств единственно потому, что они не приведены предварительно в известный порядок и не изложены систематически? Что всего сильнее в нас, как не поступки бессознательные, привычки? А они рождаются всегда почти независимо от правильного распределения умственной деятельности... Прямеиший путь есть действительно кратчайший, судя по соображениям нашего ума. Но плохо прилагать этот математический закон, относящийся до пространственных (механических) отношений, к миру явлений физических, а тем более явлений нравственных», — писал Д. И. Менделеев¹.

Актуален вопрос о структуре и функциях мировоззрения как системы, этапах его формирования и использования личностью. Все эти проблемы должны решаться в связи с необходимостью осуществления реформы общеобразовательной школы и профессиональной подготовкой молодежи.

¹ Менделеев Д. И. Л.—М., 1949, т. 15, с. 147—148.

ЧАСТЬ IV МЕТОДОЛОГИЯ ОБОБЩЕНИЯ ЗНАНИЙ

Обобщение знаний носит разносторонний характер, что объясняется как общими целями обучения на данном этапе системы непрерывного образования, так и спецификой учебного предмета.

Уровень обобщений определяется этапами восхождения от единичного к общему. Единичное — это сведения об одном предмете или явлении как целом. Общее — это вычленение единого, т. е. общего критерия, характеризующего поведение (например, свойство, состав, строение) всех рассматриваемых объектов (или явлений). Но между единичным и общим лежит огромное число совокупностей объектов или явлений, объединенных по одному общему только для них признаку. На разных стадиях такого объединения находятся, например, распределение атомов по типу валентных электронов (*s*-, *p*-, *d*-, *f*-элементы), простых и сложных веществ по типу связи (ионные, ковалентные, металлические), кристаллов по типу кристаллической решетки (кубические, октаэдрические, ромбические и т. п.), выделение таких совокупностей элементов, как естественные группы, главные и побочные подгруппы, вставные декады, типические элементы и т. д. Обобщение на уровне особенного или специфического должно быть в центре всей разработки методической системы обобщения знаний.

Глава I. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ЗНАНИЙ

Приемы обобщения определяются изучаемым учащимися материалом, их знаниями, достигнутыми умениями и навыками мыслительной деятельности, умением соединять результаты химического эксперимента с теорией, переносить знания, полученные при изучении одного вопроса, на другой, навыками решения проблемных вопросов и задач. При обобщении знаний вырабатываются понятия, которые объединяются в концептуальные системы. В рамках концептуальных систем есть центральные понятия (теоретическое ядро) и периферийные. Их взаимосвязь определяется центральной проблемой, решаемой данной системой понятий.

§ 1. Процедура определения понятий

Определить понятие — это значит установить связь между родовыми и видовыми признаками (подвести данное понятие под другое, более широкое, как эту мысль выразил В. И. Ленин¹).

¹ См.: Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 149.

Определение понятий в химии исторически тесно связано с процедурой установления химических теорий. Исторически они складывались неравномерно и на разном уровне раскрытия причинно-следственных связей. Так, некоторые представления геометрической кристаллографии возникли ранее, чем учение о составе, а представления о свойствах вещества явились исторически первыми, что и привело к возникновению химии как искусства, ремесла, науки.

Что значит сформировать понятие? Во-первых, это значит показать ученику путь от выявления научного (достоверного, истинного) факта до его фиксации в виде понятия, т. е. определения понятия (свертывание информации). Во-вторых, это значит показать ему, как убедиться в истинности понятия. Это можно сделать, если развернуть информацию по-другому, подтвердить ее применимость на практике. В-третьих, это значит раскрыть интервал применимости понятия и его связь с другими понятиями (место в системе). Это определяет значимость или ценность понятия.

Научный факт связан с чувственным восприятием, выработкой представлений о качественной и количественной сторонах явлений. Понятие формируется в результате логических операций анализа, синтеза и определения меры (понятие в системе понятий).

Операции систематизации фактов, классификации фактов и понятий должны проводиться регулярно. При этом полезно помнить совет К. Д. Ушинского: чтобы сделать предмет понятным, следует отличать его от наиболее сходных и находить сходство с наиболее удаленными от него предметами.

Итак, сама категория понятий является необходимой ступенью абстракции.

Химические понятия связаны также с «углом зрения» различных естественных наук. Ведь неизменные законы и точные формулы существуют только в математике и логике. Своеобразие изучаемых химией явлений и объектов (роль индивидуальности) приводит Д. И. Менделеева к мысли о том, что «общие законы должно рассматривать как пределы, к коим стремятся приблизиться истинные законы... Зависит это от того, что влияние разных причин, определяющих явление, весьма неравномерно. Некоторые причины оказывают преобладающее влияние, другие участвуют в определении явлений, но их влияние невелико»¹.

Следует отметить, что так называемые первоначальные химические понятия имеют некоторые особенности. Одни являются «граничными» понятиями и связаны с уровнем рассмотрения, например понятие «атом». Для химика атом стал кирпичиком, исходной клеточкой, из которого построены все объекты химии, для атомной физики атом — сложная система.

Основные законы и понятия химии были найдены путем абстрагирования от химизма, т. е. оказались настолько общими, настолько связанными с идеальными физическими законами и моде-

¹ Менделеев Д. И. Основы химии. СПб, 1881, с. 639.

лями, что интервал их применимости весьма ограничен. Вот характерный пример: индивидуальное значение в 22,4 л при нормальных условиях, по существу, не соответствует объему одного моля реального газа. Атомно-молекулярная теория, созданная трудами Д. Дальтона, А. Авогадро, Ж. Гей-Люссака, Ш. Жерара и других ученых первой половины XIX в., была основана на ряде аксиом и моделей. При этом необходимо учесть, что, хотя химия как наука отпочковалась от физики уже более 200 лет назад, в ее терминологическом аппарате долгое время сохранялись (и до сих пор сохраняются) некоторые привычные для нерасчлененного знания и первоначального периода самостоятельного развития химии понятия, подходы, словосочетания. Так, нередко употребляется выражение «химия металлов». Широкий смысл, который вкладывается в это словосочетание, ведет к существенным методическим и фактическим ошибкам. Например, учащиеся знают, что деление простых веществ на металлы и неметаллы относительно, условно. Причиной тому служат характеристики атома (его принадлежность к атомам *s*-, *p*-, *d*-типа), кристаллической решетки (у некоторых простых веществ, образованных *p*-элементами, может быть металлическая проводимость), а также внешние условия (давление, температура). В результате у простых веществ, образованных атомами углерода, наблюдаются диэлектрические (алмаз) или полупроводниковые свойства (графит) и даже значительная электронная проводимость (карбин). Но от этой перемены химической связи в разных простых веществах химические свойства углерода (как элемента) не меняются. Ведь и физические и химические свойства простых и сложных веществ есть функция состава и строения рассматриваемых соединений. Так не лучше ли вместо традиционного «свойства металлов» и «свойства неметаллов» говорить о свойствах элементов:

s и *p* главных } подгрупп
d и *f* побочных }

или *s*-, *d*-, *f*-элементах, ведущих к образованию ионных, металлических связей, и *p*-элементах, характеризующихся ковалентными связями, но дающих и другие типы связи?

Как часто звучит фраза, подобная этой: «Металлы образуют ионные хлориды». И тут же приводят пример: NaCl , MgCl_2 , AlCl_3 . При этом забывают, что хлорид алюминия AlCl_3 — ковалентное соединение, легко дающее в парах соединение Al_2Cl_6 . А ионным является соединение $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$.

Подводя итоги формирования понятия, уместно вспомнить слова В. И. Ленина: «...человеческие понятия не неподвижны, а вечно движутся, переходят друг в друга, переливаются одно в другое, без этого они не отражают живой жизни. Анализ понятий, изучение их, искусство оперировать с ними... требует всегда изучения движения понятий, их связи, их взаимопереходов»¹.

¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 226—227.

§ 2. Систематизация, классификация и обобщение знаний учащихся

В процессе обучения учащиеся приводят в порядок, в определенную последовательность разрозненные сведения о фактах и явлениях, накопившихся в результате изучения курса химии. Систематизация создает более четкую картину и является важнейшим и решающим инструментом при заключительном обобщении знаний. Обобщение опирается на наиболее существенные признаки явлений или причинно-следственные связи. Оно раскрывает сущность явлений, ведет к построению новых, ранее неизвестных выводов.

Среди приемов обобщения знаний видное место принадлежит систематизации. Она позволяет увидеть сходство и различие сторон явлений, следовательно, облегчает построение обобщающих выводов.

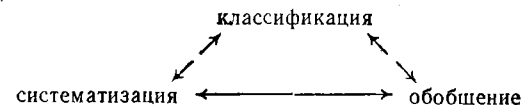
Систематизация не всегда предшествует обобщению. Часто уже сделанными обобщениями пользуются для приведения знаний в систему. Например, обобщающими выводами пользуются при составлении таблиц, схем, планов решения расчетных или экспериментальных задач. Во многих случаях при последовательном описании свойств веществ исходят из уже имеющихся обобщений.

Таким образом, обобщение и систематизация — это как бы две стороны процесса познания, при совместном действии которых осуществляется усвоение знаний.

Не меньшая роль в процессе познания принадлежит классификации, которая помогает систематизировать явления. Существует и обратная связь: обобщенные и систематизированные знания способствуют классификации явлений.

Огромное значение классификации для процесса обучения отражено в программах и учебниках. Теоретические вопросы и практические сведения по неорганической и органической химии постепенно раскрываются на основе классификации веществ. Классификация невозможна без одной из стадий процесса обобщения — нахождения главного звена или критерия.

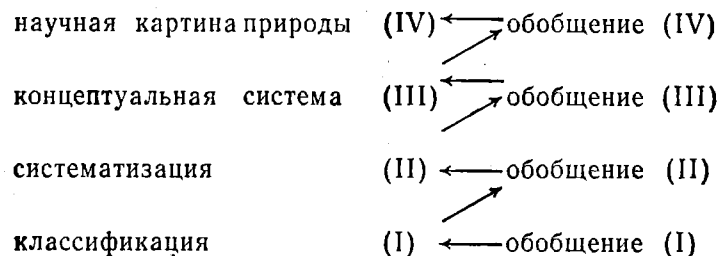
Взаимосвязь рассмотренных понятий можно было бы представить в виде схемы:



Выбор последовательности определяется не только содержанием учебного материала, но и организацией учебного процесса. Дидактические принципы этапов, возрастающей трудности, связи нового материала со старым и старым с новым, координации, акцентирования, дидактической ценности определяют возможности классификации, систематизации и обобщения материала. Они необходимы для сохранения опорных знаний (ядро концептуальных систем) и повторения.

Так, обосновывая принцип дидактической ценности, указывают что он проявляется в выделении и разметке материала, предназначенного для повторения, в прямых указаниях на материал, имеющий меньшее значение и подлежащий лишь обзорной проработке, в определении функций такого материала, как введение (частично связанное с постановкой цели), упражнения, а также систематизирующих разделов.

Целесообразность определенной последовательности в обобщении знаний подчиняется следующей логической последовательности:



Обратимость взаимосвязей связана с индуктивным (от I к IV) или дедуктивным (от IV к I) методом познания.

В формировании учения о составе четко выделяются два основных этапа: 1) атомно-молекулярный и 2) термодинамический. Первый связан с атомно-молекулярной теорией и постоянством состава веществ. Наличие соединений переменного состава (растворы, сплавы, изоморфные смеси, силикаты) поставило вопрос о связи статики и динамики, о причинах непостоянства состава соединений (дискуссии К. Бертолле и Ж. Пру, а затем сторонников физической и химической теории растворов). На втором этапе потребовалось введение других понятий: «химическая система», «фаза», «компонент». Возник вопрос об условиях существования соединения. Так учение о составе сомкнулось с учением о химическом процессе (учением о химическом равновесии).

Центральным понятием в учении о строении является понятие «химическая связь» (длина и энергия связи — две ее количественные характеристики). Для кристаллических веществ, кроме того, должен быть указан вид пространственной симметрии (координационное число). Здесь большую роль играет моделирование. Так совершается обобщение до самых высоких его ступеней.

Глава II. УЧЕНИЕ О ПЕРИОДИЧНОСТИ И ЕГО РОЛЬ В ОБОБЩЕНИИ ЗНАНИЙ ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Центральным ядром учения о свойствах является учение о периодичности, в котором отражены две стороны:

1. Установление причинно-следственных связей между свойствами простых и сложных веществ (химических соединений) и свойствами и строением атомов, их составляющих.

2. Сопоставление общих, специфических и индивидуальных свойств атомов, молекул или кристаллов на основании сравнительного метода, т. е. при использовании того упорядоченного множества элементов, которое выражается периодической системой.

На обобщающих уроках учение о периодичности дает возможность: 1) установить взаимосвязь между всеми концептуальными системами; 2) осуществить классификацию соединений, элементов, реакций; 3) показать роль абстрактных понятий (элемент, соединение) в систематизации материала; 4) использовать предсказательную функцию теории как метода знакомства с новым материалом; 5) использовать интегративную функцию периодического закона для установления межпредметных связей и формирования естественнонаучной картины природы; 6) на основе категории исторического и логического раскрыть перед учащимися характер, становление и развитие научного знания.

Каковы же функции научной теории в определении содержания учебного предмета и организации учебно-познавательной деятельности учащихся, насколько их целесообразно использовать в учебном процессе?

§ 1. Методологическая и системная функции учения о периодичности

Важнейшее понятие учения о периодичности — понятие «место элемента в системе». Способом выражения периодического закона является периодическая система. Здесь действует сравнительный метод химии. Применяя этот метод и используя понятие «место элемента в системе», Д. И. Менделеев сумел описать свойства еще неоткрытых элементов по совокупности свойств окружающих элементов, на основе закономерностей их изменения по разным направлениям. Большую роль в развитии этого понятия сыграло изучение свойств элементов, особенно IV и III групп. При характеристике свойств неизвестных элементов Д. И. Менделеев сравнивал свойства не рядом стоящих элементов, а «через один», т. е. считал важным фактом нахождение элемента в четном или нечетном ряду, четной или нечетной группе. Он правильно предполагал, что сходство и различие элементов определяются внутренней структурой атомов и, не зная их строения, физического смысла четности и нечетности номеров периодов и групп, опираясь на выработанный им метод, предугадал взаимосвязь строения атома с периодической системой. Понятие об аналогии элементов с одинаковым строением наружного уровня позволило не только углубить знания о естественных группах элементов, но и установить связь между периодическим законом и формой его выражения — периодической системой. В статье «Естественная система элементов» Д. И. Менделеев писал: «...при той последовательности в изменении свойств, какая замечается в членах одной группы с возрастанием атомного веса и сообразно различию четных и нечетных рядов; замечается, однако, много и общих свойств, принадлежащих всем элементам, отнесенным к одной из... восьми групп элементов,

так что сходство элемента выражается его местом в горизонтальных и вертикальных рядах. Эту двоякую сходственность элементов я предлагаю назвать атоманалогией»¹.

Сейчас понятию «атоманалогия» соответствует понятие об электронной аналогии. Полными электронными аналогами называют атомы таких элементов, которые имеют одинаковое число валентных электронов (дают аналогичные высшие формы соединений), и в высшей степени окисления строение наружного энергетического уровня у них одинаковое.

Здесь уместно остановиться на подходе, осуществленном еще Ж. Дюма и позже развитом Д. И. Менделеевым на базе учения о периодичности. Он характеризует вертикальную и горизонтальную аналогии элементов главных подгрупп и вставных декад, присущие двум основным совокупностям элементов системы:

Такое сопоставление позволяет понять специфику свойств эле-

Сравниваемые характеристики	Свойства элементов	
	главных подгрупп	вставных декад
1	2	3
1. Разность атомных масс соседних элементов	Разность масс большая	Разность масс очень маленькая
2. Свойства простых веществ	Постепенно происходит переход от металлов к неметаллам	Все вещества являются металлами
3. Кислотно-основные свойства	Свойства зависят не только от формы соединений, но и от положения элемента в системе	Свойства зависят только от формы соединений (основные, амфотерные)
4. Химическая активность:	Активность характеризуется резкостью и большим разнообразием	Элементы проявляют окислительные свойства в своих высших формах, простые вещества — слабые восстановители
а) окислительно-восстановительная		
б) способность к комплексообразованию		
в) склонность к цепеобразованию	Комплексные соединения образуют некоторые элементы	Комплексные соединения образуют почти все элементы
г) склонность к образованию элементоорганических соединений	Склонны к цепеобразованию	Цепей не образуют
5. Устойчивость высших форм	Образуют элементоорганические соединения	Не образуют элементоорганические соединения ²
	Устойчивость возрастает обратно пропорционально атомной массе	Устойчивость высших форм по группе возрастает с повышением атомной массы

¹ Менделеев Д. И. Периодический закон. М., 1958, с. 88.

² Теперь такие соединения получены.

ментов главных и побочных подгрупп системы и дает возможность учащимся обобщить знания по систематическому курсу химии.

Однако принцип единства исторического и логического предполагает не только решение возникших в истории науки проблем, но и выбор основополагающих идей в учебном предмете и приведение их в соответствие с логикой развития науки.

Этот вопрос оказался не решенным в методике обучения химии в связи с тем, что историки химии, сосредоточив свои усилия на анализе истории открытия периодического закона и предсказании элементов Д. И. Менделеевым, значительно меньше внимания уделили генезису учения о периодичности.

В 3-м издании «Основ химии» Д. И. Менделеев излагает систему представлений, раскрывающую содержание периодического закона и основанную на использовании периодической системы. Речь идет о характеристике специфических и индивидуальных свойств элементов наряду с общими. Центральными в ней оказались представления о специфических свойствах элементов, стоящих в четных и нечетных рядах (два закона изменения свойств, или два типа элементаналогии, начало рассмотрению которых положено Ж. Дюма), а также понятие о месте элемента в системе. Если о последнем рассказывается в методической литературе, то обсуждение специфических изменений свойств элементов, стоящих в четных и нечетных рядах системы, еще не нашло должного отражения в методике.

Само понятие «специфическое» многогранно. Этим термином можно обозначить выделение групп, рядов, даже их фрагментов, а также иных совокупностей элементов, например типических элементов. Нередко им пользуются и при разделении веществ на металлы и неметаллы.

При изучении строения атома и химической связи также раскрывается специфика периодического изменения свойств в рядах и группах системы. При ознакомлении с электронными конфигурациями атомов главных и побочных подгрупп элементов вскрываются причины возникновения общих, специфических и индивидуальных свойств элементов, а при рассмотрении типов атомных орбиталей выявляется особенность изменения свойств элементов второго, третьего и четвертого периодов, которые подробно изучаются в средней школе.

Учения о составе, строении и свойствах элементов явились основой для формирования учения о периодичности, на основе которого стало возможным развитие знаний о химическом процессе. Взаимосвязь этих учений может быть представлена так:

учение о составе → учение о строении → учение о свойствах

↓
учение о периодичности

↓
учение о химическом процессе

Если основой курса химии средней школы признать учение о периодичности, то основные его положения можно изучать в два этапа:

1. *Начальный, или подготовительный, этап соответствует логике истории открытия и развития периодического закона.* VII класс: формирование учения о составе на базе атомно-молекулярной теории, понятие о валентности, классификация химических соединений на уровне состав — свойства. VIII класс: формирование представлений о химических аналогах, взаимосвязь свойств с составом и химическим строением, периодический закон как выражение химической периодичности, первые попытки его физического объяснения.

2. *Этап формирования основных понятий учения о периодичности.* IX класс: использование объяснительной функции учения о периодичности при изучении теории электролитической диссоциации, рассмотрение некоторых аспектов его взаимосвязи с учением о химическом процессе (химическая активность, двойственная реакционная способность), обобщение знаний учащихся при изучении свойств VII, VI и V групп периодической системы и предсказание на его основе свойств ранних *p*-элементов (Al, Si), а затем *s*- и *d*-элементов, сопоставление свойств *p*- и *d*-элементов. X класс: использование некоторых представлений учения о периодичности при изучении индивидуальных свойств углерода, специфических — на заключительном повторении, формирование химической картины природы на основе связей с биологией (мировоззренческий аспект функционирующего знания).

Такая методическая система обобщения знаний охватывает второй этап — формирование основных понятий учения о периодичности, их взаимосвязи с некоторыми понятиями химической динамики, физики и биологии.

Формирование основных понятий учения о периодичности должно исходить из умения учащихся осуществлять такие мыслительные операции, как сравнение, анализ, синтез, абстрагирование, которым они обучаются на уроках химии в VII—VIII классах. В процессе обобщения знаний на основе учения о периодичности уровень мышления учащихся повышается. Важнейшими показателями развития при этом следует считать качество знаний (полнота, правильность, системность) и умение осуществлять перенос знаний, используя их в новых связях или новых условиях.

Характеризуя умственные способности учащихся старшего возраста, отмечают, что они обладают более высоким уровнем обобщения и абстрагирования, тенденцией к объяснению явлений, умением аргументировать, доказывать истинность и ложность отдельных положений, делать глубокие выводы, связывать изучаемое в систему. Все это является предпосылкой формирования диалектико-материалистического мышления и способности к познанию общих законов окружающего мира, законов природы и общественного развития.

Необходимость анализа причинных связей — состава простых

и сложных веществ как функции состава и строения атомов, их образующих, — требует использования метода мысленного эксперимента. В этом заключается его взаимосвязь с методами научного исследования (моделирование в познании законов микромира), с углубленным использованием сравнительного метода, столь широко применяемого при описании периодичности. Такая организация обучения учащихся старших классов способствует развитию умения самостоятельно мыслить; у них появляется исследовательская потребность, стремление к творчеству. Однако следует отметить, что положительную эмоциональную реакцию ученик испытывает не только при достижении конечного результата, но и по мере увеличения вероятности его, иными словами, по мере получения дополнительной информации о результатах действий.

К сожалению, многие теоретические концепции, обосновывающие лучшие способы достижения учебно-воспитательных целей, строились безотносительно к деятельности учащихся. Современные психологические исследования показали, что недостаточно представить учащемуся предмет, явление, чтобы он осознал его. Для этого необходимо соответствующим образом организовать деятельность учащегося.

Методы обучения зависят от источников информации и восприятия ее учащимися, от логики передачи ее учителем и от степени самостоятельности мышления учащихся. Раскрытие содержания учения о периодичности требует особого внимания к наглядным средствам, число которых очень ограничено.

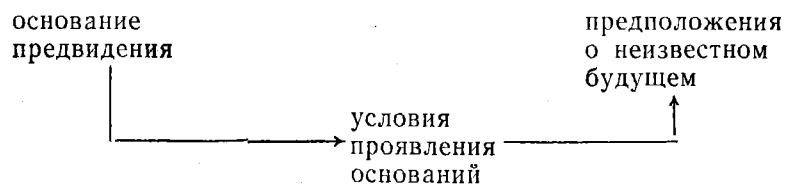
§ 2. Прогностическая функция учения о периодичности

Прогнозирование — одна из особенностей психической деятельности человека, тесно связанная с его познавательной деятельностью и ее высшей формой — преобразующей деятельностью. При этом если в психологии научного и технического творчества нередко рассматривается в качестве существеннейшей составной части предвидения момент озарения или догадки, основанной, как утверждают, на интуиции, то в психологии обучения главным направлением изучения этого вида деятельности является осознанный целенаправленный поиск, опирающийся на знание законов теории изучаемого.

Поскольку речь идет о развитии у учащихся способности предвидеть конкретные свойства химических элементов исходя из изучаемого ими в VIII классе периодического закона, уместно привести слова Д. И. Менделеева: «Изучать — в научном смысле — значит: а) не только добросовестно... описывать, но и узнавать отношение изучаемого к тому, что известно или из опыта и сознания обычной жизненной обстановки, или из предшествующего изучения, т. е. определять и выражать качество неизвестного при помощи известного; б) измерять все то, что может подлежать измерению...; в) определять место изучаемого в системе известного, пользуясь как качественными, так и количественными сведениями; г) находить по измерениям эмпирическую... зависимость... перемен-

ных величин...; д) составлять гипотезы или предположения о причинной связи между изучаемым и его отношением к известному...; е) проверять логические следствия гипотез опытом и ж) составлять теорию изучаемого, т. е. выводить изучаемое как прямое следствие известного и тех условий, среди которых оно существует...»¹.

В психологии утверждают, что структуру прогнозирования будущего в общем виде можно представить так:



Под основаниями предвидения понимают следующие объективные факторы: повторяемость явлений и объектов окружающего мира, выступающая в различных формах (повторение, следование одного за другим, проявление аналогичного на разных уровнях и т. п.). Заметим, что все это наблюдается при рассмотрении свойств химических элементов.

Поскольку логическая структура процесса прогнозирования выступает как субъективный фактор, зависящий от психических особенностей исследователя, то важными при решении задачи являются и условия проявления оснований. В них, в частности, входят такие моменты, как особенности преобразования (перекодирования) информации; повышение роли теории изучаемого по сравнению со знанием формул и аналогий; актуализация знаний — основания для построения гипотезы, в нашем случае «место элемента в системе»; наличие опыта оперирования необходимыми знаниями, лежащими в основании предвидения; предвидение способа решения задачи.

Как показывают авторы соответствующих исследований по психологии решения задач, предвидение способа решения в большей мере предопределяет результат решения, чем предвидение результата, при этом оно выполняет функции макрогипотезы, которая проверяется при фактическом решении.

Дидакты считают, что предвидение проявляется уже на первых этапах мыслительного поиска и становится его регулятором в процессе всего решения.

В программе по химии для средней школы указано, что в процессе обобщения знаний по неорганической и органической химии в X классе следует рассмотреть методы познания в области химии: наблюдение, эксперимент, теоретические обобщения, использование теорий для прогнозирования и объяснения новых фактов, решения практических задач.

¹ Менделеев Д. И. Основы химии. Л.—М., 1947, т. 1, с. 353.

Как же обучаются учащиеся методу прогнозирования при изучении периодического закона?

Программой средней школы по химии предусмотрено проведение урока в VIII классе на тему: «Характеристика химических элементов главных подгрупп на основании положения в периодической системе и строения атомов». На этом этапе учащиеся должны по плану дать характеристику элементу, зная его место в периодической системе. У них формируются первоначальные представления о методе прогнозирования строения атомов и некоторых свойств элементов на основании местонахождения элемента в периодической системе.

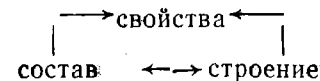
Учащиеся IX класса получают информацию о заряде ядра, числе электронов и протонов в атоме, высшей валентности по кислороду, степени металличности простого вещества. Уровень прогнозирования соответствует первоначальным знаниям о периодическом законе и периодической системе Д. И. Менделеева, полученным после изучения строения вещества и некоторых групп периодической системы. Но это качественно новый тип в развитии мыслительной деятельности учащихся. Если ранее осуществлялся только перенос знаний, то теперь, когда начали формироваться причинно-следственные связи, стало возможным проведение операции прогнозирования. Закрепление этого умения (применение метода) можно провести на уроках по обобщению знаний.

Таким образом, после изучения периодического закона и периодической системы элементов, которая является высшей формой обобщения знаний о химических элементах, меняется характер мышления учащихся: на смену индукции приходят дедуктивные умозаключения, усиливаются предсказательные возможности в познании веществ и процессов.

В рамках курса химии можно выделить три этапа прогнозирования и объяснения свойств элементов в свободном и связанном состоянии:

Предварительный этап. На этом этапе идет изучение периодического закона в соответствии с историческими сведениями о его открытии и выделение групп сходных элементов.

Этап познания объяснительной функции периодического закона и некоторых элементов прогнозирования (в основном здесь осуществляется перенос знаний). На этом этапе можно выделить два уровня. Первый уровень — объяснение свойств элементов (на примере VI и VII групп) и их соединений путем установления причинно-следственных связей



Например, зная свойства хлора и серы, можно прогнозировать соответственно свойства иода и селена, а на основании знания свойств водородных соединений HCl и H₂S прогнозировать соответственно свойства соединений HI и H₂Se. При таком прогнози-

ровании учитывается одна характеристика системы (вещества) и закономерности ее изменения в группах при прочих равных условиях.

Второй уровень — объяснение свойств на основе установления причинно-следственных связей с учетом нескольких характеристик системы.

Здесь можно прогнозировать, например, свойства гидроксидов с точки зрения теории электролитической диссоциации (их характер и силу как электролитов) при сравнении по группам и рядам систем.

Этап всесторонней характеристики элементов и совокупностей элементов. На этом этапе проявляются объяснительная и прогностическая функции периодического закона, но преобладает вторая. Всестороннюю характеристику элементам можно дать, если рассмотреть закономерности изменения свойств элементов не только по группам, но и по рядам периодической системы, что позволяет определить специфические свойства *s*-, *p*-, *d*-элементов. В связи с этим возможно прогнозирование физических свойств простых веществ, аллотропных видоизменений, т. е. форм их существования, а также химических свойств, состава и структуры малоизвестных соединений.

Прогнозирование на этапе всесторонней характеристики элементов и совокупностей элементов строится на основе обобщения знаний нескольких групп и установления закономерностей по рядам периодической системы.

Первое обобщение знаний проводят после изучения VII, VI, V групп периодической системы элементов. На его базе можно прогнозировать свойства элементов IV группы и металлов.

Такое поэтапное формирование способа познания позволит учащимся устанавливать многосторонние связи между известными знаниями и исследуемым неизвестным веществом или явлением, объединить признаки в одно целое, т. е. синтезировать новое знание.

§ 3. Интегративная функция учения о периодичности

Как известно, одним из важнейших требований дидактического метода является изучение предмета, явления всесторонне, в развитии, конкретно, в связи с практикой. Только такое изучение способствует формированию научного мировоззрения человека.

В обучении мировоззрение складывается на основе межпредметных связей, которые позволяют соединить в единый комплекс принципы марксизма-ленинизма и других наук, изучаемых в школе. Ведущие идеи и понятия марксистско-ленинской философии, политической экономии и научного коммунизма наполняются конкретным содержанием, обобщаются и развиваются в условиях межпредметных связей, когда учащиеся с позиций решения мировоззренческих задач знакомятся с достижениями естественных, технических, общественных наук и их применением в практике коммунистического строительства.

Именно интегративная функция учения о периодичности позволяет осуществить связь между науками на уровне фактов, понятий, теорий и подвести учащихся к пониманию научной картины мира путем перехода от терминов и понятий конкретных наук к их философскому осмыслению. В связи с этим особое место приобретают обобщенные формы знания с опорой на теорию, дедуктивное использование которой по-новому освещает ранее изученные учащимися факты и явления. Это тем более важно, поскольку объекты изучения и научные понятия являются для них общими, что отражает содержание соответствующих им наук. К числу таких понятий можно отнести «вещество», «химический элемент», «атом», «молекула», «химическая реакция», «круговорот веществ в природе» и др. Выделяя систему понятий, на основе которой проводится обобщение знаний учащихся и формируется их диалектико-материалистическое мировоззрение, можно широко варьировать подбором фактического материала, осуществлять как интеграцию, так и углубление естественнонаучных понятий.

На материале курса химии IX класса наибольшая эффективность такого подхода проявляется при изучении химических элементов на основе учения о периодичности с использованием понятий «периодичность» и «место элемента в системе».

При формировании понятия «место элемента в системе» возникают трудности, связанные с абстрактностью понятия «химический элемент». Как показывает практика, учащиеся плохо усваивают факт многообразия существования различных форм химического элемента и характеристику его индивидуальности. Понятие «химический элемент» усваивается ими формально. Учащиеся часто не различают свойства элементов и простых веществ, ими образованных, не могут указать зависимость ряда свойств химических соединений от места элемента в периодической системе и т. д. В немалой степени этому способствует описание биологической роли тех или иных элементов и веществ в курсе естествознания, который зачастую проводится без акцента на свободное или связанное состояние химического элемента.

Научным и методическим основам изучения периодического закона и формированию понятия «химический элемент» посвящено большое число работ. В ряде публикаций подчеркивается, что понятия «химический элемент» и «место элемента в системе» могут быть раскрыты лишь с учетом закономерностей изменения индивидуальных, специфических и общих свойств элементов, отраженных в периодической системе. Несомненно, наиболее трудно усваивается учащимися понятие об индивидуальных свойствах элемента. Как известно, высшей формой проявления индивидуальности химического элемента являются его биологические функции, место и роль данного элемента в системе круговорота веществ в природе, в области технического применения. Химические элементы и их соединения, играющие сходную роль в биологических процессах, имеют сходную структуру и свойства. Следовательно, охарактеризовав биологические функции химического элемента,

можно расширить и углубить имеющиеся у учащихся сведения об индивидуальных свойствах химического элемента, его соединений и показать наличие в природе связей между местом элемента в периодической системе и его биологической функцией. Выявление таких причинно-следственных связей можно осуществить на семинарах при итоговом обобщении знаний.

При разработке методики обобщения знаний об азоте и фосфоре, как этапе развития естественнонаучных понятий, в качестве основного, опорного, целесообразно выбрать понятие «место элемента в системе». Для успешного его усвоения в связи с поставленными целями можно решить следующие задачи:

1. Сопоставление и противопоставление характеристики одиночных атомов и простых веществ, ими образованных. Выявление при этом связи между местом элемента в периодической системе, электронной конфигурацией его атома и рядом свойств.

2. Сравнение активности элементов главной подгруппы V группы (окислительно-восстановительные свойства, способность к цепообразованию, димеризации, сопоставление реакционной активности одиночных атомов и простых веществ с привлечением энергетических характеристик и др.).

3. Углубленное рассмотрение обусловленности физических свойств простых веществ — азота и фосфора — в связи со строением их молекул с целью закрепления знаний учащимися о зависимости свойств от строения.

4. Сравнительная характеристика водородных и кислородных соединений элементов главной подгруппы V группы с целью установления общей закономерности в изменении их свойств.

5. Сравнительная характеристика водородных и кислородных соединений азота и фосфора, с одной стороны, и аналогичных соединений серы, фтора и хлора — с другой, с целью выявления закономерности в изменении свойств этих соединений.

6. Рассмотрение химических реакций, характерных для азота, фосфора и их соединений, с учетом условий их протекания в биосфере.

Рассмотрение периодического закона в свете важнейших мировоззренческих идей, таких, как единство живой и неживой природы, практика — критерий истины и др., сочетающихся с раскрытием отношений «свойства — форма», «свойства — функция», «свойства — применение» и др. и установлением их взаимосвязи с категориями материалистической диалектики, которые В. И. Ленин называл ступеньками выделения, т. е. познания мира, позволяет проникнуть в сущность явлений, обобщить знания о них.

Наличие в сознании интегральных образов обеспечивает динамичность умственной деятельности, которая, как известно, зависит от содержания и объема знаний о предмете мысли и способности комбинировать элементы знаний между собой, подвергать их преобразованиям. Такой подход к изучению предметов и явлений формирует подлинно научную систему об окружающей нас действительности, ее истолковании и преобразовании мира.

§ 1. Дидактические функции закона сохранения и превращения энергии в процессе обучения химии

Среди всех законов природы закон сохранения и превращения энергии занимает особое место. Исключительная общность и универсальность закона сохранения и превращения энергии определяет его научное, методологическое и философское значение.

Методисты определили ряд основных задач, которые можно решить, используя этот закон: а) выработать у учащихся основные энергетические понятия и представления; б) на основе этих понятий разъяснить невозможность создания вечного двигателя, роль устройства и действие двигателей, способы получения и использования различных видов энергии; в) установить энергетические связи между различными разделами; с этой точки зрения разъяснить и обосновать разнообразные явления и закономерности; г) научить применять энергетические законы и формулы для решения задач и выполнения расчетов; д) раскрыть философское содержание закона сохранения и превращения энергии как естественнонаучного выражения материалистического положения о неумираемости движения и взаимопревращаемости его форм.

Поскольку закон сохранения и превращения энергии распространяется и на химические процессы, то дидактические функции этого закона могут быть использованы и в учебном процессе по химии. Проанализируем возможности реализации данных функций в процессе обучения химии.

Изучение химии в средней школе должно дать учащимся не только сумму химических знаний, но и быть идейно направленным, т. е. вносить определенный вклад в формирование их диалектико-материалистического мировоззрения. Мировоззренческим значением, несомненно, обладает и закон сохранения и превращения энергии. В процессе преподавания химии нужно обязательно учитывать, что понятие об энергии и законе сохранения и превращения энергии является общенаучным, поэтому их понимание возможно при условии всестороннего изучения их проявлений в различных областях человеческих знаний. А правильное представление об энергетических понятиях и законах складывается на основе комплексного подхода с точки зрения как физики, так и химии и биологии. Речь идет о выработке единой линии, позволяющей устранить разрыв между отдельными сторонами физических, химических и биологических процессов. Только рассмотрение различных проявлений закона сохранения и превращения энергии с позиции физики, химии и биологии позволит сделать важнейшие мировоззренческие выводы.

Для реализации указанных положений при обучении химии следует показать учащимся, что химическая форма движения ма-

¹ Составлена по данным педагогического исследования А. Э. Мацеевского.

терии при определенных условиях способна переходить в другие формы и, наоборот, другие формы движения превращаются в химическую. Поэтому идея превращаемости химической формы движения материи должна пронизывать весь курс химии. На уроках необходимо систематически показывать превращаемость энергии, выделяемой в виде теплоты при химических процессах и т. д., т. е. раскрывать взаимосвязь электрохимических, фотохимических процессов.

При всех превращениях одна из форм движения и соответственно вид энергии исчезает, а появляется другая форма движения и вид энергии. Таким образом, учащиеся должны прийти к мысли, что сущность закона сохранения и превращения энергии выражается в количественной и качественной сторонах закона. В этой связи полезно обратить внимание учащихся на то, что игнорирование качественного или количественного сохранения энергии неизбежно приводит к идеалистическим выводам.

На уроках химии постоянно подчеркивается, что любая из форм движения неизбежно связана с определенным материальным носителем. Материальными носителями химической формы движения материи выступают основные дискретные частицы вещества: атомы, молекулы, ионы и свободные радикалы. Кроме этих частиц, к материальным носителям относят молекулярные комплексы, коллоидные частицы, поверхностные соединения, твердые и жидкие фазы постоянного и переменного состава, а также некоторые относительно долгоживущие активные комплексы, например мультиплетные.

За счет электронов, принадлежащих указанным выше дискретным частицам вещества, возникают химические связи и образуются химические соединения, что и представляет собой универсальный акт химического превращения, т. е. химическое движение. Таким образом, энергия взаимодействия атомов, молекул и других дискретных частиц связана с движением электронов в них.

При таком подходе у учащихся будет вырабатываться представление, что химическое движение неотделимо от материи, как и материя от движения. На эти же вопросы следует обратить внимание при обобщении и систематизации знаний учащихся по химической энергетике на заключительном этапе обучения химии после рассмотрения по физике соотношения, которое устанавливает взаимосвязь массы и энергии.

А. Эйнштейн доказал, что если энергия тела увеличивается или уменьшается на величину ΔE , то одновременно его масса возрастает или соответственно падает на величину Δm : $\Delta E = \Delta mc^2$ (c — скорость распространения света в вакууме). Справедливость этого соотношения была подтверждена экспериментально. Но изменение массы, обусловленное небольшими изменениями энергии, ничтожно мало, и его зачастую нельзя обнаружить вследствие несовершенства измерительных методов. Из указанного соотношения следует, что и при химических превращениях масса изменяется, так как выделяется или поглощается энергия. Это

изменение массы очень мало, поэтому условно считается, что для химических реакций в пределах ошибок эксперимента и независимо от энергии реакции выполняется закон сохранения массы. Так, при сжигании 1 г водорода выделяется 142,38 кДж, в результате чего масса образующейся воды увеличивается на $1,576 \cdot 10^{-9}$ г.

Необходимость изучения закона сохранения и превращения энергии в школьном курсе химии неоднократно подчеркивалась учеными и методистами. Мнения их в основном можно свести к единому: закон сохранения и превращения энергии должен рассматриваться не только применительно к физическим явлениям, но и распространяться на химические и биологические явления. Введение понятия «энергия» и закона ее сохранения в разные разделы курса химии средней школы позволит расширить общий и политехнический кругозор учащихся, усилит доказательность многих вопросов химии и более полно раскроет связи химии с физикой и биологией. Поэтому закон сохранения и превращения энергии вместе с законом сохранения массы должен составить основу школьного курса химии.

Роль, которую играет закон сохранения и превращения энергии в преподавании, должна соответствовать его роли в науке. Отсюда следует, что он должен быть не только объектом изучения, но и использоваться как средство предсказания. Предсказательная функция закона сохранения и превращения энергии раскрывается при знакомстве с методами исследования в физике, что очень важно для формирования общей системы естественнонаучных знаний.

Предсказательную функцию закона сохранения и превращения энергии можно показать и при изучении химического материала. Так, при изучении термохимических процессов указывают, что основные законы термохимии (закон Лавуазье — Лапласа и закон Гесса) можно получить, исходя из этого закона. При рассмотрении электрохимических процессов учащимся сообщают, что законы электролиза, впервые открытые М. Фарадеем, были получены вследствие некоторых обобщений по энергетике процессов.

Школьный курс химии и физики позволяет реализовать предсказательную функцию закона сохранения и превращения энергии и при изучении фотохимических процессов. Например, фотохимический закон А. Эйнштейна желательнее выводить из закона сохранения и превращения энергии. Этот закон можно также широко использовать при решении некоторых термо-, электро- и фотохимических задач.

В современной программе по химии впервые предусматривается ознакомление учащихся с действием закона сохранения энергии применительно к термохимическим процессам в курсе химии VIII класса. В IX классе его следует распространить и на электрохимические явления (гальванические элементы, электролиз и т. д.).

Введение и обоснование закона сохранения и превращения энергии на основе изучения элементов термохимии и электрохи-

мии и затем применение его в других разделах курса должно содействовать усвоению химической стороны данного закона.

При изучении некоторых химических основ современной энергетики и фотохимических процессов уместно также ознакомить учащихся с ролью закона сохранения и превращения энергии в технике.

Таким образом, закон сохранения и превращения энергии может выполнять важную дидактическую функцию, являясь средством учебного познания и при изучении химических явлений.

Последовательно раскрывая и конкретизируя содержание закона сохранения и превращения энергии при изучении элементов термохимии, электрохимии, фотохимии и некоторых прикладных аспектов этих наук, учитель подключает новые знания в общую систему знаний. Следовательно, закон сохранения и превращения энергии выступает как надежное средство систематизации и обобщения знаний по химической энергетике, которое организует их в определенную систему. Эти возможности связаны с его всеобщностью, с тем, что понятия «энергия», а также «пространство» и «время» являются самыми существенными понятиями, которые характерны для всех областей естествознания.

Закон сохранения и превращения энергии очень интересен в методическом отношении, поскольку ряд законов является как бы его «зашифрованными пересказами», например закон Лавуазье — Лапласа, закон Гесса, или первый принцип термодинамики. Здесь каждый из последующих законов является обобщением предыдущего. Самый общий из них — закон сохранения и превращения энергии.

Велико значение закона сохранения и превращения как средства реализации взаимосвязи химии с физикой и биологией. Актуальность проблемы межпредметных связей обусловлена процессом интеграции — слиянием наук, происходящим наряду с их дифференциацией — возникновением пограничных наук, сыгравших немалую роль в осуществлении многих научных открытий и в создании новых эффективных методов научного познания. К этим наукам относится, например, физическая химия, которая исследует связи между химической и тепловой, электрической, световой и другими формами движения материи, изучаемыми физикой.

Внутри физической химии к настоящему времени выделились и вполне сложились в качестве самостоятельных разделов, обладающих своими особыми методами с присущими им особыми закономерностями, термохимия, электрохимия, фотохимия и др. Все эти разделы физической химии объединяются законом сохранения и превращения энергии.

Наиболее важные понятия и законы этих наук, имеющие общеобразовательное значение, вошли в школьные программы и учебники по химии, физике и частично биологии. Включение элементов химической энергетике (термохимии, электрохимии и фотохимии) в общую систему знаний учащихся, безусловно, сыграло положительную роль для повышения научного уровня. Вместе с

тем рассредоточение этого материала по различным разделам и темам курсов химии, физики и биологии создало определенные трудности в его усвоении. Это связано с тем, что каждый предмет, будь то физика, химия или биология, создает свойственную ему систему знаний, которая по отношению к другим предметам может оказаться замкнутой.

§ 2. Использование понятий химической энергетики для раскрытия межпредметных связей химии, физики и биологии

В группе термохимических понятий с учетом их взаимосвязи целесообразно формировать термохимические знания в такой последовательности: 1) термохимические факты, 2) химическая энергия и ее взаимопревращения, 3) понятие о тепловом эффекте, 4) термохимические уравнения, 5) закон Лавуазье — Лапласа и закон сохранения и превращения энергии, 6) элементарные термохимические расчеты на основе закона Лавуазье — Лапласа, 7) применение понятия о тепловом эффекте к изучению галогенов, 8) энергетика обратимых реакций, 9) энергетика производства серной кислоты, 10) энергетика электролитической диссоциации, 11) энергетика производства аммиака и азотной кислоты, 12) закон Гесса и газификация твердого топлива, 13) термохимические расчеты на основе закона Гесса, 14) основные виды топлива, его сжигание (превращение энергии топлива в другие виды энергии, устройство и действие бытовых и промышленных печей), энергетика производства чугуна и стали, 15) природный газ, нефтепродукты, уголь и продукты его переработки как энергосырье, 16) энергетика производства важнейших органических веществ.

При формировании и развитии у учащихся знаний, относящихся к перечисленной группе понятий, особое внимание уделяется тем физическим и биологическим понятиям, которые непосредственно связаны с элементами термохимии и способствуют более глубокому усвоению данных понятий. Используются следующие сведения термохимического характера: 1) теплота, количество теплоты, единицы количества теплоты, 2) энергия топлива, теплота сгорания топлива, 3) превращение энергии в двигателях внутреннего сгорания и паровой турбине, КПД теплового двигателя, 4) количество теплоты, уравнение теплового баланса, закон сохранения энергии, внутренняя энергия, первый закон термодинамики, принцип действия тепловых двигателей, КПД, 5) использование и производство энергии на тепловых электростанциях, успехи электрификации в СССР, связь между массой и энергией, 6) питание и дыхание растений, энергетика обмена веществ в организме человека, нормы питания, 7) энергетический обмен веществ, энергетика хемосинтеза, кругооборот веществ и превращение энергии в биосфере.

Привлекаются также понятия об электрохимических процессах: значение электролиза для получения щелочей, щелочнозе-

мельных металлов, алюминия, о получении особо чистых редких металлов зонной плавкой, о хромировании, никелировании, анодировании, о цинковании, о химических аккумуляторах, перспективных электрохимических топливных элементах, электрохимической коррозии и борьбе с ней. При этом используются знания учащихся из курса физики о гальванических элементах, аккумуляторах, химическом действии электрического тока, электрохимических законах М. Фарадея и элементарных электрохимических расчетах.

К группе понятий фотохимического характера, используемых в курсах физики и биологии, относятся фотохимические реакции, квантовая теория света, химическое действие света, фотохимические процессы при фотосинтезе, значение фотохимических процессов в кругообороте веществ и энергии в биосфере.

По мере накопления знаний по химии, физике и биологии у учащихся постепенно развиваются и обобщаются представления о химической энергетике, о системе энергетических понятий. Здесь можно выделить несколько этапов.

1. *Подготовительный этап* (VII—VIII классы) — *формирование первоначальных представлений об энергетике химических процессов*. Основной задачей его является овладение учащимися на основе фактического материала курсов химии, физики и биологии первоначальными представлениями химической энергетике. Уже при изучении темы «Первоначальные химические понятия» на основе знаний по физике о внутренней энергии веществ у учащихся формируются первые представления о превращении внутренней энергии в тепловую и наоборот. При этом очень важно подчеркнуть, что при экзотермическом превращении реагентов в продукты реакции внутренняя энергия веществ уменьшается, а при эндотермическом — увеличивается. Учащиеся должны усвоить, что в результате химических реакций все время осуществляется превращение одних веществ в другие, сопровождающееся взаимным переходом различных видов энергии.

В следующих темах на основе физико-химических опытов (демонстрация работы гальванических элементов, аккумуляторов и прибора для разложения воды) выясняется, что некоторые реакции сопровождаются возникновением электрического тока или вызываются им. Далее сообщают, что энергия света превращается при биологическом процессе фотосинтеза в энергию взаимодействия органических веществ и наоборот. Таким образом, на этой первоначальной ступени учащиеся подводятся к пониманию того, что энергия химических реакций не исчезает бесследно и не возникает из ничего. Вещества, подвергаясь изменениям, переходят из одной формы в другую. При этих переходах также происходит превращение одного вида энергии в другой.

При изучении классов неорганических соединений на основе накопленных учащимися сведений о химической энергетике и характере взаимодействия веществ отмечается, что самопроизвольно проходят те реакции, которые сопровождаются уменьшением

внутренней энергии веществ. Реакции, в результате которых должен увеличиться запас этой энергии, протекают только в условиях непрерывного поглощения энергии извне. В теме «Кислород» подчеркивается роль экзотермических реакций в практике.

На данном этапе на основе элементарных представлений о химической энергетике учащиеся приводятся к пониманию, что химическая активность молекул и атомов зависит от их энергии. Выводы из этого убеждают учащихся в возможности целенаправленного воздействия на химические процессы и управления химическими реакциями.

2. *Этап раскрытия ведущих понятий химической энергетике на основе изучения закона сохранения и превращения энергии* (VIII—IX классы). Главной задачей на этом этапе является последовательное рассмотрение основных термо-, электро- и фотохимических понятий и законов. Сюда входит следующий учебный материал:

1. Термохимические, электрохимические и фотохимические реакции.

2. Термо-, электро- и фотохимические уравнения.

3. Энергетический эффект химической реакции (тепловой, электрический, фотоэффект).

4. Основные законы химической энергетике. Закон сохранения и превращения энергии в термо-, электро- и фотохимических процессах.

5. Расчеты в химической энергетике (термохимические и электрохимические расчеты).

Усвоение химического содержания закона сохранения и превращения энергии приобретает доказательный и убедительный характер лишь в том случае, если будут изучены основные законы термохимии, электрохимические законы М. Фарадея и фотохимический закон А. Эйнштейна. Именно с их помощью в первую очередь подтверждается сохраняемость и превращаемость энергии в химии. При этом учащимся нужно показать, что закон сохранения и превращения энергии является одним из фундаментальных законов естествознания, правильно отображающим все энергетические закономерности природы. Он вскрывает связь между химией, физикой и биологией: энергия является общей мерой различных форм движения материи, которые способны превращаться друг в друга в строго определенных количественных отношениях.

Закон сохранения и превращения энергии подтверждает, что внутренняя энергия превращается в тепловую, электрическую и обратно. Это наглядно выявляется при изучении элементов термохимии, электрохимии и фотохимии. Данный материал дает возможность подкрепить убедительными фактическими доказательствами и другую не менее важную сторону закона — сохраняемость энергии при химическом превращении. На материале изучения этого закона можно иллюстрировать многочисленные взаимосвязи химии с физикой и биологией. Так, рассматривая тему

«Углерод и кремний», учащиеся рассказывают, что на основе закона Гесса рассчитывают калорийность топлива, пищевых продуктов, определяют энергетические балансы организмов и энергоустановок.

Формирование основных электрохимических понятий невозможно без обращения к физике, в частности к законам электролиза и электрохимическим расчетам. Изучение этих вопросов в курсе физики не охватывает сразу все стороны электрохимических процессов, поэтому при изучении электролиза в курсе химии X класса необходимо выдвинуть в качестве центральной проблемы химическую теорию действия некоторых источников тока и электролизеров, показать роль данной теории в решении основных теоретических и практических задач, тем самым раскрыть связь теории с практикой.

При обобщении и систематизации знаний об элементах фотохимии используют фактические сведения, подчеркнутые учащимися при изучении различных тем из курсов физики и биологии (например: теория света, фотография, фотосинтез и т. д.). В связи с этим целесообразно рассмотреть закон фотохимической эквивалентности А. Эйнштейна, который по существу является экспериментальным обоснованием закона сохранения энергии в фотохимических процессах.

3. *Этап конкретизации вопросов химической энергетики на основе закона сохранения и превращения энергии (IX—X классы).* Основная его задача — применение тех понятий и выводов химической энергетики, которые были усвоены на предыдущем этапе, подготовка к обобщению материала по энергетике при завершении обучения химии в средней школе, а также установление роли закона сохранения и превращения энергии в познании химических основ современной энергетики. Учебный материал по этой теме условно можно разделить на три части:

1. Изучение химических основ теплоэнергетики (источники энергии).

2. Параллельное изучение химии и физики, позволяющее рассмотреть фактический материал, связанный с химическими основами электроэнергетики (проводники электрического тока, изоляторы и т. п.).

3. Изучение химических основ гелиоэнергетики (малое количество теплоты).

Материал о химических основах энергетики и энергетике химических производств позволяет более полно, чем на предыдущем этапе, раскрыть политехнический аспект обучения. Здесь задачей обучения учащихся является вооружение их политехническими знаниями о химических основах современного энергопроизводства, ознакомление с новыми методами получения и преобразования энергии и возможности ее экономии и более рационального использования топлива, с мероприятиями и мерами партии и правительства, направленными на решение энергетической проблемы. Кроме того, это способствует успешному обучению всей химии.

В связи с этим при изучении темы «Природные источники углеводородов» обращают внимание на то, что основу энергетики любой страны представляют тепловые электростанции, сжигающие уголь и газ. В настоящее время во всем мире на тепловых электростанциях сжигают более 1 млрд. т нефти и около 3 млрд. т угля, а миллиарды тонн нефтепродуктов — в транспортных машинах. Так как горение есть химический процесс, энергетика и транспорт наиболее широко используют химические превращения. При раскрытии этого вопроса учащимся следует остановиться на том, что сжигание далеко не всегда рациональный вид природопользования, ибо безвозвратно растрачиваются запасы горючего. Рассказав, что в большинстве случаев происходит неполное сгорание угля и нефти, с выбросом горючего в виде дыма, подчеркивают необходимость совершенствования топочных устройств, обеспечивающих лучшую подачу кислорода воздуха. Здесь же уместно подчеркнуть, что химия выступает не только за то, чтобы расширить топливные ресурсы нефти, газа и угля, но и за то, чтобы их сберечь, поскольку они могут быть использованы в качестве сырья для производства многих веществ и материалов. Но пока нет возможности обеспечить производство и быт другими источниками энергии (гидроэнергией, солнечной энергией, ветровой энергией, атомной энергией и т. д.), химия ставит перед собой задачу более рационального использования энергии любых экзотермических реакций и прежде всего реакций горения. Это отмечается в материалах XXVI съезда КПСС и постановлениях ЦК КПСС и Советского правительства.

В целях решения энергетической проблемы химия ведет неустанный поиск. Большую роль сыграла химия в разработке способов подземной газификации углей, которую В. И. Ленин рассматривал как дело огромной важности. Но задача химизации производства энергии не ограничивается рационализацией сжигания топлива. Разрабатываются более эффективные пути использования ядерной энергии, что связано с поисками новых сверхпроводящих материалов и, может быть, даже новых расщепляющихся материалов или новых изотопов термоядерного синтеза. Большие надежды возлагаются на использование солнечной энергии.

Таким образом, показывая успехи, достижения и перспективы развития химизации энергопроизводства, воспитывают у каждого выпускника школы чувство хозяина страны, бережно относящегося к расходованию всех ресурсов, в том числе и таких дефицитных, как топливо и энергия.

После изучения важнейших вопросов, связанных с преобразованием энергии, а также после изучения электрохимических и фотохимических процессов необходимо выделить специальные уроки, предусматривающие обобщение и систематизацию указанного материала, на которых более обстоятельно раскрыть важнейшие проблемы современной химической энергетики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На первой сессии Верховного Совета СССР одиннадцатого созыва было сказано: диалектика намеченного партией развития школы выражается в том, что вся трудовая, профессиональная подготовка учащихся должна строиться на базе дальнейшего существенного улучшения общеобразовательной подготовки, что углубленное изучение того или иного предмета предполагает основательное изучение всех дисциплин. Только такой *системный подход* к пониманию реформы и ее осуществлению поможет нашей школе выполнить свою задачу. Решению намеченной задачи должен способствовать такой подход к содержанию учебного предмета, который позволяет целостность науки воплотить в системность ее изучения как учебного предмета, а актуализацию материала связать, с одной стороны, с формированием научного мировоззрения учащихся, а с другой — с коммунистическим воспитанием¹.

Принципиальное требование реформы — необходимость обеспечения органического сочетания профессионального образования с дальнейшим повышением уровня общеобразовательной подготовки учащихся. Важное место здесь необходимо отвести принципу политехнизма. Его роль определяется следующими обстоятельствами. Еще недавно базовыми знаниями считались основы наук: факты и понятия, формирующие основные концептуальные системы теории естествознания и некоторых сторон практики. Межпредметные связи и принцип политехнизма были и остаются краеугольными камнями, на которых формируются научные мировоззрения учащихся. Указанный подход характерен для того положения, которое занимала наука в развитии общества. Ведь в течение длительного времени развитие науки определялось, главным образом, запросами и потребностями техники и промышленности. Это выражается формулой: $O \leftarrow N \leftarrow T \leftarrow P$. Формула отчасти сохранила свое значение и теперь: научное знание возникает в первую очередь для реализации материальных и духовных потребностей человека. Потребность в творчестве, созидании и преобразовании природы отличает, как известно, человечество от животного мира, определяя исторически сложившуюся логику развития научного знания, в которой линия «открытие впрок» никогда не замирала. В появлении формулы «наука стала непосредственной производительной силой развития общества» решающая роль принадлежит научно-техническому прогрессу, научно-технической революции.

¹ См.: О реформе общеобразовательной и профессиональной школы. Сборник документов и материалов. М., 1984, с. 19—20.

Механическая переработка сырья вызвала к жизни промышленную революцию, опирающуюся на достижения науки (учение о теплоте, атомно-молекулярная теория, гидро- и аэродинамика). Технологии нового времени опираются на более глубокое проникновение в вещество и пути создания источников энергии (электричество, магнетизм, фотохимия, радиоактивность, ядро, плазма — вот штрихи этого уровня). Темпы их появления резко возрастают, вместе с тем возникает необходимость в экономии трудовых ресурсов, сырья, энергии и отсюда — в унификации ряда составных частей, разработанных технологией, в увеличении единичных мощностей и т. п. Это заставляет искать инвариантное ядро многих технологий, автоматизировать проектные, графические, расчетные работы, создавать автоматизированные системы управления. Так формируются базовые политехнические знания — фундаментальные основы техники, технологии, науки об управлении. Кроме того, возрастает потребность в большом числе всесторонне образованных рабочих, техников, инженеров, обслуживающих автоматизированное производство.

Формированию коммунистического мировоззрения в условиях трудового обучения способствует личный трудовой опыт учащихся, а принцип политехнизма, выступая регулятором между содержательной и процессуальной сторонами обучения, приводит к сбалансированному взаимодействию между общеобразовательными базовыми знаниями и профессиональными знаниями: умениями, навыками. Таким образом, принцип политехнизма находится в центре системы образования.

Важным для понимания методологических основ преподавания химии является рассмотрение специфики химии как науки и ее отражения в методике преподавания химии.

Сохраняемость органического вещества, круговорот минеральных веществ в природе, самоочищаемость в природных системах нарушаются возросшей технической деятельностью людей, что является причиной экологического изменения, включая исчезновение некоторых видов животных и растений, уничтожение лесов, обмеление водоемов, изменение климата Земли и т. п.

Экологический кризис сопровождается продовольственным, топливным и сырьевым кризисами, что заставляет человечество на рубеже XXI в. разрабатывать новые комплексные научные программы, в которых физике, химии, биологии и технике отводится решающая роль в решении важнейших проблем человеческой цивилизации.

Специфика химических явлений отражается и в особенностях их познания: открытие законов химической статики и динамики осуществлялось неравномерно; изучение свойств веществ опережало раскрытие состава и строения; неравномерно складывалось и изучение форм организации вещества; первой химической наукой была аналитическая химия (анализ — исходный пункт познания); практические потребности общества создали химический

снitez; одним из методов познания химических явлений является сравнительный метод.

В развитии химии изучение качественной стороны явлений всегда шло впереди количественной, а эксперимент опережал теорию. Более того, химические свойства оказывались относительными, зависящими и от условий, и от партнера. На этом основании и сейчас предлагают термином «свойство» называть те физические характеристики (температуры плавления и кипения), которые являются постоянными для данного индивидуального вещества, а химические характеристики выражать термином «активность», которые оказываются избирательными, динамическими и зависят от условий.

Развитие науки отмечается преемственностью, единством и минимизацией знания. Это основные черты научного метода. В методологии науки рассматриваются также критерии научности знания, как доказательства и опровержения правильности высказанных гипотез, теорий; объяснения фактов и предсказания новых фактов. Здесь большую роль играет понимание принципа интервальности, т. е. границ распространности сформулированных теорий и положений. Например, закон постоянства состава справедлив только для молекулярных соединений. Критерием истинности знаний выступает практика. С логической точки зрения теория есть система утверждений, связанных логическими зависимостями, а истинность теории определяется требованиями непротиворечивости и полноты.

В процессе создания более общих теорий происходит свертывание информации, устанавливаются связи между различными концептуальными системами, причем отдельные понятия в течение длительного времени выполняют функцию посредника между ними, например понятие «валентность». Единство концептуальных систем химии обеспечивается рассмотрением их ядра (узловые понятия) на электронно-ядерном уровне. Переход от абстрактных понятий к конкретным сопровождается применением принципа дополненности и увязывается с системой моделей и эмпирических объектов, т. е. происходит развертывание информации.

Химические теории, как и другие теории, обладают объяснительной, предсказательной, интегративной, системообразующей, мировоззренческой и аксиологической функциями. Это в особенности относится к таким фундаментальным теориям, как учение о периодичности и учение о химическом процессе.

Указанные особенности химии, методов ее познания, взаимосвязи теории и практики дают возможность сформулировать следующие методологические основы методики обучения химии в средней школе:

1. Определение содержания и объема химических знаний должно быть осуществлено на основе принципа соответствия исторического и логического в познании, который дает возможность, с одной стороны, использовать внутреннюю логику химической

науки, а с другой — выступать регулятором между содержательной и процессуальной сторонами обучения.

2. Химический эксперимент является важнейшим средством обучения, доказательности теорий, обобщения знаний, а также способствует выработке умений и навыков при выполнении простейших химических операций.

3. Особую роль играют межпредметные связи с физикой, поскольку атомно-молекулярная теория и учение о теплоте явились теоретической основой для раскрытия таких важнейших концептуальных систем химии, как учение о составе и учение о химическом процессе, а учение об электричестве, магнетизме, свете и электронная теория строения материи позволили сформировать учение об электронном и пространственном строении атомов, молекул и кристаллов, а также раскрыть механизм химических реакций. Кроме того, все количественные изменения в химии осуществляются на физических приборах и физическими методами.

4. Поскольку химические явления сложны и многостадийны, а их объяснения могут быть даны на разных уровнях познания вещества, при обучении химии приходится использовать комплекс методов и средств, позволяющих сформировать химическое мышление у учащихся. К ним относятся проблемный подход, исследовательский метод, сочетание эксперимента с количественными задачами, мысленный и химический эксперимент. Особую роль играют технические средства обучения. Они призваны помочь раскрыть динамику химических явлений, их многоуровневый характер, компенсировать ограниченные возможности школьного химического кабинета (отсутствие дорогостоящих и токсических реактивов). Специально подготовленные экскурсии на производство, в природу, в музеи способствуют актуализации материала и облегчают его восприятие.

5. Межпредметные связи, использование принципа политехнизма, обобщение знаний способствуют формированию у учащихся химической и естественнонаучной картины природы. Они выступают как средство и итог системного овладения основами наук.

6. Учитывая, что не менее половины специалистов народного хозяйства должны владеть химическими знаниями, большое место в деятельности учителя химии и всего педагогического коллектива отводится профорientационной работе по химическим профессиям, которая должна быть проведена в соответствии с принципом региональности и индивидуализации обучения.

- Богораз В. Н., Солопов Е. Ф. Философские вопросы химии. Л., 1976.
- Буслова М. К. Системно-структурный подход в химии. Минск, 1984.
- Васильева Т. С., Орлов В. В. Химическая форма материи. Пермь, 1983.
- Готт В. С., Урсул В. Д. Общенаучные понятия и их роль в познании. М., 1975.
- Диалектика в науках о природе и человеке: Диалектика — мировоззрение и методология современного естествознания. М., 1983.
- Добротин Н. М. Диалектика и проблема развития химической формы движения материи. — В кн.: Материалистическая диалектика. М., 1983, т. 3.
- Жданов Ю. А. Материалистическая диалектика и проблема химической эволюции. — В кн.: Материалистическая диалектика как общая теория развития: Проблема развития в современных науках. М., 1983.
- Зорина Л. Я. Дидактические основы формирования системности знания старшеклассников. М., 1978.
- Кедров Б. М. О методе изложения диалектики. М., 1983.
- Кузнецов В. И., Печенкин А. А. О предмете науки и логике ее развития. — В кн.: Философия и естествознание. М., 1974.
- Макареня А. А., Д. И. Менделеев и физико-химические науки. М., 1982.
- Макареня А. А., Проскураков В. А. Непрерывное химическое образование. — Журнал ВХО им. Д. И. Менделеева, 1981, № 2.
- Николаев Л. А. Теоретическая химия. М., 1984.
- Ожерельев Д. И. Формирование научного мировоззрения в преподавании химии. М., 1982.
- Развитие учения о валентности. История и теория/Под ред. В. И. Кузнецова. М., 1977.
- Основы методики преподавания физики/Под ред. А. В. Перышкина, В. Г. Разумовского, В. А. Фабриканта. М., 1984.
- Педагогика/Под ред. Ю. К. Бабанского. М., 1983.
- Тыльдсепп А. А. Методы исследования в методике обучения химии. Рига, 1975.
- Чертков И. Н. Об освещении химических понятий в школьных учебниках. — В сб.: Проблемы методического построения учебников химии для средней школы. М., 1974.
- Шелинский Г. И. Химическая связь и изучение ее в средней школе. М., 1976.
- Шептулин А. П. Диалектический метод познания. М., 1983.
- Штофф В. А. Проблемы методологии научного познания. М., 1978.

Диалектика — учение о том, как становятся тождественными противоположности, при каких условиях они переходят друг в друга.

Объективная диалектика — диалектика самого мира, а также объективно верное ее отражение в познании. В объективной диалектике выделяется учение о предметах (материализм) и учение о процессах (диалектика).

Онтология, или теория объективной диалектики, — та часть объективной диалектики, которая стала предметом исследования.

Субъективная диалектика — совокупность специфических законов и приемов отражения в мышлении диалектических закономерностей объективного мира и наука о применении этих законов.

Гносеология, или теория субъективной диалектики, — та часть субъективной диалектики, которая стала предметом исследования. Основными ее разделами являются: теория познания, методология научного познания, диалектическая логика.

Теория познания — учение, исследующее диалектику взаимоотношений между познающим субъектом и объектом познания. Основные проблемы теории познания: познаваемость мира (принцип отражения), ступени познания (чувственная и рациональная), познание и истина, формы истинного знания, соотношение теоретического знания объекта с самим объектом.

Знание — прошедшие логическую и общественно-практическую проверку результаты процесса познания, адекватно отражающие действительность в виде представлений, суждений, теорий.

Знания по своему происхождению подразделяются: а) на эмпирическое (получаемое в ходе опыта, эксперимента), б) на умозрительное (получаемое на абстрактно-логической ступени познания), в) на теоретическое (как то умозрительное знание, которое прошло проверку опытом, практикой, т. е. объективно верное знание).

Знания по своему качеству подразделяются: а) на новое (получаемое в результате открытия новых, еще не исследованных областей, или применения новых методов и методик), б) на «приращенное» (дополнительное новое знание, получаемое при применении уже известных, испытанных методов и методик), в) на функционирующее (как накопленное знание, служащее интересам сегодняшнего дня).

Знания по решаемым задачам делятся: а) на учебное (как правило, устоявшееся знание, приведенное в логическую связь и в соответствие с уровнем обучающихся), б) на прикладное (как находящее применение на практике; значение этого вида знания особо возрастает в эпоху научно-технической революции), в) на

¹ Из существующих различных определений предлагаемых терминов авторы выбрали наиболее соответствующие целям пособия. Термины приведены в порядке раскрытия их взаимосвязи.

мировоззренческое (как направленное на формирование научного, марксистско-ленинского мировоззрения).

Истина — адекватное отражение объекта познания субъектом, внутренне противоречивый процесс движения от ограниченного, приблизительного знания ко все более полному и глубокому.

Относительная истина — неполное отражение мышления бытия, связанное с постоянно изменяющимися условиями и отношениями.

Абсолютная истина — знание, которое полностью исчерпывает предмет и которое не может быть опровергнуто дальнейшим развитием познания. Нет предела в достижении человеком абсолютной истины, и в то же время абсолютная истина в полном объеме достижима лишь в потенции.

Идея — единство теоретического и практического, синтез объективного знания и практических целей человека, направленный на преобразование мира.

Методология — наука о путях и средствах рационализации научной деятельности, приращения нового знания.

Метод — путь исследования, ведущий к истине, основной теоретический инструмент познания и упорядочения научного знания.

Методика — соответствующая организация опыта, эксперимента, дающая наиболее оптимальные результаты.

Диалектический метод — основной метод философской науки, а также всеобщая форма, которую принимают конкретно-научные методы, когда их применение доводится диалектически до конца. Двумя основными частями этого метода являются восхождение от абстрактного знания к конкретному и единство исторического и логического.

Восхождение от абстрактного к конкретному — метод проникновения в сущность предмета, вскрытия основных противоречий, его составляющих.

Единство исторического и логического — метод, вскрывающий единство и различие объективной логики развития предмета и субъективной логики отражения этого развития в познании.

Формальная логика — учение об общезначимых формах мышления, необходимых для рационального познания в любой науке.

Диалектическая логика — наука о творческом мышлении, развивающемся через преодоление вскрываемых противоречий. Основная функция диалектической логики — дать итог, вывод всей истории познания, т. е. снять специфические различия между составными частями марксистско-ленинской философии, представить ее как целостное, системное образование.

Система — целое, состоящее из элементов и отношений между ними (структуры). Разработка естественной, органической системности изучаемого явления предполагает выявление в нем основного противоречия, вскрытия затем противоречивой природы образующих его сторон и т. д. до неделимого в рамках данной системы элемента, который принято называть исходным элементом или ячейкой системы.

Концептуальная система — часть, раздел науки, представляющий относительно самостоятельную систему в рамках общей системы науки.

Элементы диалектики — фундаментальные характеристики диалектики, концентрированные носители ее основного содержания. Основными элементами объективной диалектики являются категории, законы и принципы. В конкретных науках к указанным элементам добавляются и другие качественные образования, характеризующие специфику ее эмпирического уровня.

Категории — исходные узловые научные понятия, отражающие наиболее общие стороны и связи внешнего мира.

Категориальный класс — исторически сложившаяся исходная группа категорий материалистической диалектики, в своей совокупности целостно отражающая определенное диалектическое противоречие.

Закон — существенное, необходимое, повторяющееся отношение между явлениями. В диалектике закон — развернутый, развитой категориальный класс, т. е. установление необходимого характера отношения между полярными противоположностями.

Принцип — такое положение, лежащее в основе данного учения, которое обозначает: а) обобщение законов в форме, предполагающей возможность выведения других законов данной системы, б) существенную связь между фундаментальными положениями теории и самими теориями.

Праксеология — философское учение о человеческой деятельности как единстве теории и практики.

Мировоззрение — идейно-философское обоснование основных проблем человеческого бытия, человеческой деятельности, суть, угол зрения, классовая позиция форм общественного сознания.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ми
ма
вну
при
тия
ния
вае
раз
люч
обт
ект
на
учн
рет
та,
а т
мет
Дву
от
и л
нов
его
еди
суб
лен
вив
Осн
истс
стат
вити
ним
стем
осн
обр
стем
или

Введение	3
Часть I. Формирование логики и методологии научного познания в химии	6
Глава I. История и методология химии	—
§ 1. Формирование химии как науки	7
§ 2. Основные черты становления современной химии	12
§ 3. Методологические уроки исторического развития химии	22
Глава II. Марксистско-ленинская философия как всеобщая методология научного познания	26
§ 1. Методология как наука о путях приращения и упорядочения знания	—
§ 2. Место методологии в системе науки	35
§ 3. Взаимосвязь философской методологии и методологии химии	45
Часть II. Системность химии	51
Глава I. Химические формы организации вещества	52
§ 1. Основные формы химической организации вещества: атом, молекула, кристалл (или макромолекула)	53
§ 2. Производные формы химической организации вещества: ион, радикал, растворы, коллоидные системы	57
Глава II. Структура элементарного уровня химии	67
§ 1. Основные понятия химии: элемент, соединение, реакция	—
§ 2. Основные понятия химии: категория, закон, принцип	69
Глава III. Структура концептуального уровня химии	72
§ 1. Химическая статика и динамика	—
§ 2. Методы химической науки	75
Часть III. Взаимосвязь систем научного и учебного знания	80
Глава I. Место фактического материала в структуре химии, в ее истории и методике преподавания	81
§ 1. Научный факт и его роль в познании	83
§ 2. Исторический факт и его реконструкция	84
§ 3. Учебный факт и его роль в конструировании учебного материала	86
§ 4. Информация и терминология в системе научного и учебного знания	87
Глава II. Принципы системного построения научного и учебного знания	92
§ 1. Принцип историзма в научном познании и принцип соответствия исторического и логического в системе учебного знания	—
§ 2. Общая химия как наука и учебный предмет	101
§ 3. Принципы образования и обучения в системе общеобразовательной и политехнической подготовки учащихся	108
Глава III. Эдукология и система химического образования	114
§ 1. Самосознание науки и эдукология	115
§ 2. Взаимодействующие системы образования с другими сферами человеческой деятельности	118
§ 3. Мировоззрение — наука — образование	121
Часть IV. Методология обобщения знаний	128
Глава I. Методологические основы систематизации знаний	—
§ 1. Процедура определения понятий	—
§ 2. Систематизация, классификация и обобщение знаний учащихся	131
Глава II. Учение о периодичности и его роль в обобщении знаний по неорганической химии	132
§ 1. Методологическая и системная функции учения о периодичности	133
§ 2. Прогностическая функция учения о периодичности	137
§ 3. Интегративная функция учения о периодичности	140
Глава III. Обобщение знаний в учении о химическом процессе	143
§ 1. Дидактические функции закона сохранения и превращения энергии в процессе обучения химии	—
§ 2. Использование понятий химической энергетики для раскрытия межпредметных связей химии, физики и биологии	147
Заключение	152
Список рекомендуемой литературы	156
Основные философские и общенаучные термины и их значение	157