

Эржебет Крайко, Лайош Хакл

О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ ХИМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Научное исследование представляет собой такую целенаправленную деятельность, целью которой является раскрытие явлений действительности и познание их сущности, закономерностей и отношений. Общественная задача науки — как об этом пишет К. Маркс в первом томе "Капитала": "... заключается в раскрытии объективных законов природы, с целью их учитывания в развитии техники и её применении в производстве".

В процессе естественно-научного познания, — как и в случае любого научного познания — можно различить два уровня: эмпирический и абстрактно-теоретический уровни. Различение эмпирического и теоретического уровней естественнонаучного познания, является относительным, ибо в едином процессе научного познания реализуется диалектическое единство двух уровней.

Процесс научного познания включает в себя наблюдение явлений, экспериментирование, суждение, выводы, выдвижение гипотез и создание теорий, разработку научных понятий и категорий, установление закономерностей.

Среди методов научного исследования мы находим методы, применяемые в области той или иной специальной науки, а также и такие, которые применяются в области многих или всех специальных наук. Соответственно этому, принимая во внимание общий уровень, мы различаем три группы методов научного исследования:

— Общие, универсальные методы, которые могут быть применены при научном исследовании любой специальной науки. Общие методы познания разрабатываются философией. Общий, философский метод, с одной

сторони, содержит в себе общие черты методов специальных наук, а с другой стороны, благодаря сущности философии, она в состоянии разработать общий для всех наук метод, ибо философия наследует объективную действительность в целом, её общие для всех наук закономерности и взаимосвязи. Таким образом и её метод является универсальным и может быть применен в исследовании любой области действительности. В силу того, что научный метод в первую очередь определяется предметом данной науки, — а предметом философии является объективная действительность в целом, — единственным универсальным научным методом, принимающим во внимание диалектическую природу объективной действительности в целом, является диалектико-материалистический метод. Диалектико-материалистический метод, материалистическая диалектика указывает общее направление познавательных процессов и раскрывает общие методологические принципы научного познания.

Диалектико-материалистический метод в своеобразной форме конкретизируется в специальных науках, однако он сам не является специально научным методом. Любая конкретная вещь, последование любого уровня материального мира, любого вида материя кроме общих методов требует и специального подхода, специальных методов (например в исследовании радиоактивности применяется ряд методов, используемых и в исследовании других наук, однако в исследовании радиоактивности нельзя обойтись и без специальных, служащих только для этих целей методов, как например, исследование).

— Частичные научные методы, которые не ограничиваются областью той или иной формой движения материального мира, а могут быть использованы в области всех естественных наук. Частичные методы касаются лишь только определенных сторон предмета исследования или же определенного способа и отношений исследования данного предмета и таким образом, они не являются универсальными методами. Таковы, например, наблюдение, эксперимент, сравнение, описание, понимание, измерение, анализ и синтез и т.д.

— Специальные методы, которые могут быть применены в какой-либо определенной науке или в узкой области какой-либо определенной науки. (Таким специальным методом можно считать, например, применение каплющегося ртутного электрода в определенных областях химической аналитики).

Универсальный метод, частичные научные методы и специальные методы помимо вышеуказанных различий обладают и рядом общих

свойств. Общим для них свойством, например, можно считать то, что все три уровня научного познания по сравнению с обычными, эмпирическими методами выступают как общие методы. И универсальные, и частичные, и специфические научные методы определяются в первую очередь процессами, явлениями и свойствами изучаемой нами области объективной действительности. В силу этого все три метода, стоящие на уровне абстракции, постоянно обогащаются и развиваются. По мере того, как процесс познания человека распространяется на всё новые и новые области и уровни действительности, возникают более новые, детерминированные данной областью, наиболее подходящие для данной области методы.

Другим возможным путём развития научных методов является то, когда какой-нибудь определённый метод, применявшийся первоначально в области определённой науки, постепенно становится методом ряда дисциплин или методом всех естественных наук. Примером для этого могут служить определённые методы физики и химии, или математический метод, который всё шире и шире применяется почти во всех отраслях современных естественных наук, более того, даже в области определённых общественных наук.

Каждый из научных методов, стоящих на различных ступенях общего, применяется для достижения определённых "целей", главной из которых является применение научных знаний, раскрытых с помощью данных методов общественно-исторической практической деятельности.

Общие универсальные, частичные и специальные методы в процессе научного познания применяются не в отдельности. На всех уровнях и стадиях специальнонаучных исследований естественно, в первую очередь в зависимости от конкретного предмета исследования применяются методы, относящиеся ко всем трём группам и в процессе научного познания они выступают в диалектическом единстве. Абсолютизация того или иного метода является не только метафизической, но даже вредной для научных исследований. Естественно, что в определённых периодах, в некоторых специальных областях научных исследований тот или иной метод может иметь относительное преимущество перед другими методами, однако он не может быть исключительным, абсолютным.

Принимая во внимание вышеуказанное, в нашем докладе мы постараемся более подробно рассмотреть некоторые частичные и специальные методы, применяемые в химическом исследовании.

При первом подходе примером химического исследования является

химическая форма движения материи. Именно поэтому методологию химических наук определяют химической формой движения материи, основными, объективными закономерностями химических процессов, свойствами материи. Специальные химические методы и предмет химических исследований не исключают, а предполагают общую методологию, функция которой выполняется материалистической диалектикой и помимо специальных химических и универсальных методов применяются и частичные научные методы.

1. Описание и объяснение в химическом исследовании

Одним из необходимых элементов научного познания и изучения химической формы движения материи является описание и объяснение.

Описание основывается на непосредственном наблюдении и на эмпирическом материале, полученном в ходе исследования свойств различных материальных объектов и на систематизации полученных таким путём эмпирических знаний.

Описание, по сути дела, означает систематизацию эмпирических данных, а также данных наблюдений и опытов. Само описание может произойти с помощью специальных методов, вероятно самым простым из которых является статистический метод. По своей форме описание может иметь разную форму: форму графики, эмпирических формул, моделей и т.д.

Научное описание предполагает наличие определённых предварительных гипотез со стороны исследователя, определённую плановость. Таких предварительных гипотез, например, которые касаются целей наблюдения и описания, использованных приборов, применённых экспериментов и т.д.

Метод описания широко применяется в химии. Некоторые учёные различают два типа химического описания¹.

Один из типов представляет собой описание наблюдаемых явлений, а второй тип, т.е. "теоретическое описание", который основывается на знании определённых теорий и законов. В качестве примера для этого можно привести описание Менделеевым ещё не открытых химических элементов.

¹ Ю.Г. Пономаренко, Описание и объяснение в химическом исследовании, [В:] Гносеологические и социальные проблемы развития химии, Киев 1974, стр. 203.

Описание, — принимая во внимание структуру исследуемых материальных объектов, — даёт знания о сфере явлений. В общем оно даёт ответ на такие вопросы, как, например: что собой представляют данные объекты, каковы их важные свойства, как они ведут себя в определённых процессах? и т.д. Однако описание не даёт ответа на такие вопросы как, например, почему именно такова исследуемая нами вещь, почему именно так протекает исследуемый нами процесс, по какой причине вступают определённые материи в химическую реакцию, а почему другие материи не вступают, в чём заключается её сущность и т.д.? Если научное познание ищет ответа и на вышеуказанные и им подобные вопросы, оно должно идти дальше и с теоретического уровня перешагнуть на эмпирический уровень. На теоретическом уровне уже недостаточно описание исследуемого объекта, а познания необходимо объяснить.

Объяснение уже переступает границу восприятий органов чувств, переступает и сферу явлений и направлено на раскрытие более глубоких сущностных сторон.

Объяснение раскрывает сущность, причину и закономерности исследуемой вещи, исследуемого процесса и предвидит широкое применение различных специфических методов (как, например, моделирование, аналогия и т.д.).

Так же как и поверхностная сторона вещей — так называемая сфера явлений — неотделима от определяющей её сферы сущности, и объяснение не может быть реализовано без описания.

Описание и объяснение представляют собой два разных, но тесно взаимосвязанных друг с другом этапа единого процесса научного познания. Описание является первым, начальным этапом познавательного процесса, за которым следует объяснение. В истории развития специальных наук часто заметна первая, "описательная" стадия, однако, если и не так чётко, но на самом деле раскрытие любой области действительности начинается с описания.

Именно поэтому объяснение всегда предполагает, и в качестве основного элемента и содержит в себе, совокупность данных, служащих для описания процесса. Кроме того, в объяснении в качестве основного элемента можно найти также и систему, и совокупность объясняемых данных.

Описание и объяснение абсолютным образом нельзя отделить друг от друга. В определённый период или в данные периоды познавательного процесса можно говорить лишь только о доминанции того

или другого из них. Особенно чётко проявляется единство описания и объяснения в случае так называемого "теоретического описания". В случае "теоретического описания" диалектическое единство описания и объяснения проявляется и в том, что "теоретическое описание" в значительной степени зависит от уровня предыдущего объяснения и главным образом основывается на нём, а не только на накопленных эмпирических и опытных данных.

Объяснение уже даёт ответы на такие вопросы, как, например: почему именно так происходит данный процесс, или какова природа данной вещи, в чём заключается причина этого и т.д.

Химия для объяснения изучаемых ею объектов и процессов прибегает к научным понятиям, химическим законам. (В качестве примера можно привести объяснение сущности химических процессов при помощи теории атомов и молекул).

В химическом исследовании описание и объяснение применялось и применяется в своеобразном единстве. В историческом отношении исследования сначала сосредотачивались на изучении качественного преобразования химической материи, (например, в эпоху алхимии), а затем к этому прибавилось ещё и исследование количественных отношений. Применение количественных методов влекло за собой широкое распространение химических исчислений и измерений. Данные, накопленные в ходе исследования качественных и количественных свойств дали возможность для описания всё больше и больше химических материй и химических процессов, а затем при помощи совместного применения количественных и качественных анализов стала возможной разработка основных законов и основных понятий. В данном случае на основе разработки стехиометрических законов была разработана и принята атомная теория и её подтверждение на практике произошло на основе стехиометрических законов.

Таким образом развитие химии прошло путь от описания через разные теории к теоретическому описанию.

К теоретическому описанию химических явлений можно прийти также и исходя из физических теорий. В качестве примера можно привести подход с точки зрения квантовой механики к теории валентности современной химии. Однако с нашим примером заодно мы хотим указать и на то, что теоретический подход со стороны нижней формы движения, теоретическое описание не исчерпает специфическую сущность химической формы движения материи.

Описание и объяснение, — как мы на это уже указали вышестре-

бует применение дальнейших частичных научных методов. Наиболее часто употребляемые из них это анализ и синтез.

2. Анализ и синтез в химическом исследовании

Анализ является тем методом научного познания, в ходе которого предмет познания разделяется на составные части, или подчёркиваются его то или иное свойство и исследуется как отдельная часть целого.

Предметы материального мира имеют разносторонний характер и разные качества. Реализуется их бесконечное множество внешних и внутренних взаимодействий. Вследствие этого их познание может произойти только таким образом, если исследуемое взаимодействие, свойство, сторону во время исследования отделяем от других. Естественно, что метод анализа не означает просто разделение на составные части, а способствует получению знаний, исключительно необходимых для раскрытия сущности; кроме того через познание составных частей сделает возможным также и изучение взаимосвязей и взаимодействий составных частей.

Однако научный анализ составных частей, знание частиц недостаточно для познания целого, состоящего из данных составных частей. Для научного раскрытия целого, состоящего из данных составных частей кроме знания составных частей, необходимо изучать и имеющиеся между ними взаимосвязи и реализующиеся взаимодействия, которые уже свидетельствуют не только о том, что исследуемый объект из каких состоит основных частей, но и о том, что каким образом связаны эти составные части, какие взаимосвязи и взаимодействия реализуются между ними. Исследование этого последнего происходит противоположным анализу методом синтеза.

Синтез — это частичный научный метод, в ходе которого происходит анализ соединения составных частей и данного целого.

Синтез означает не просто создание целого из определённых составных частей, как бы механически совокупляя результаты данные анализом, а синтез означает и раскрытие функций и взаимодействий составных частей. Знание свойств, взаимодействий и функций составных частей ещё не означает знание сущности вещи, однако даёт возможность для раскрытия сущности.

Благодаря своей природе и анализ и синтез — хотя они и по-

—своему направлению противоположны друг другу — являются неразделимыми методами научного исследования. Их неразделимость, их диалектическое единство проявляется и в том, что в отдельности ни одного из них нельзя считать достаточным. Как выше уже было нами указано на это, знание составных частей ещё не означает целого, однако для знания целого необходимо знание составных частей. Именно поэтому за анализом всегда должен последовать синтез. А в свою очередь синтез опирается на анализ. Поэтому по-нашему мнению анализ и синтез правильнее считать не отдельными научными методами, а как две, неразделимые друг от друга стороны единого "аналитико-синтетического метода".

Аналитико-синтетический метод своеобразно конкретизируется в химическом анализе и синтезе. В химии — как об этом подробно пишет Паномаренко² в своей работе — образовались две формы аналитико-синтетического метода: аналитико-синтетический метод в химическом последовании применяется в качестве экспериментального и теоретического метода.

Аналитико-синтетический метод, в качестве экспериментального метода даёт возможность на раскрытие химического состава материи и механизма химических процессов. А в качестве теоретического метода служит для раскрытия сущности химических процессов, для создания научных теорий.

С помощью аналитико-синтетического метода происходит раскрытие химического состава материи (ионов, радикалов, молекул, макромолекул, коллоидных систем и т.д.), изучение их состава, а затем из составных частей происходит создание качественно нового, целого. Этот процесс также начинается с анализа. Естественно, что конкретный анализ зависит от количественных и качественных отношений исследуемого химического объекта и абстрагируется от того, что в ходе различных химических процессов состав химической материи также не является полностью постоянным. За анализом следует синтез, который предполагает то, что образующийся новый объект качественно отличается от механической совокупности составных частей.

Так например, при помощи анализа было установлено, что H_2O и H_2O_2 состоит из водорода и кислорода. При помощи анализа можно установить и количественные отношения, однако $2H_2 + O_2$ превра-

² Там же, стр. 215.

щается в воду или в перекись водорода, если между ними реализуются химические взаимодействия и H_2O и H_2O_2 отличаются как и от водорода и кислорода, так и от данного соотношения смеси водорода и кислорода. Мы считаем необходимым отметить здесь, что синтез является не только методом изучения химических веществ, но и методом их создания. Результаты, полученные путём экспериментального аналитико-синтетического метода наукой подвергаются дальнейшей обработке. Это уже способ, относящийся полностью к сфере теоретического познания однако и это не может обойтись без метода анализа и синтеза.

3. Моделирование в химии

Как и в описании и в объяснении, так и в анализе и в синтезе применяется и другие частичные методы. Одним из них можно считать моделирование, которое является одним из важнейших, но не исключительных методов и которое способствует познанию объективной действительности только совместно и в диалектическом единстве с другими методами познания.

Теория моделирования в философской литературе широко изучается, именно поэтому в нашем докладе мы ограничимся лишь упоминанием некоторых свойств моделирования.

Необходимой предпосылкой моделирования является аналогия, существующая между моделью и предметом познания. Аналогия, но не тождество — модель и моделируемое отличаются друг от друга. Модель как бы репродуцирует свойства, структуру и взаимодействия изучаемой вещи или процесса. Репродукция происходит в упрощенной форме и благодаря этому делается возможным изучение в обычных случаях трудно доступных или вообще недоступных объектов и процессов.

Применяемая в химии модель может описать поведение конкретной химической материи, однако может служить также и для описания меньшей или большей группы химических материй и ряда химических процессов. Именно поэтому широко применяются в химии механические и пространственные модели (модели молекул, кристаллические модели), а также и мыслительные модели, конструированные на основе научных принципов и результатов полученных (таковы, например, модель идеального газа, или например, электростатическая

модель химической связи атомов, модели монов, электронная модель квантовой химии и т.д.).

В химии главным образом применяются вышеуказанные два типа моделей: материально-физические похожие модели и мыслительные модели, материальной формой выражения которых является рисунок, чертёж, проект и т.д.

В химии часто применяется та разновидность материально-физических похожих моделей, когда одна из химических систем моделируется при помощи другой, известной химической моделью.

Метод моделирования имеет большое значение не только для химического исследования, но и для практической химии. В качестве метода исследования он имеет значение в таких случаях, когда необходимо изучение по какой-либо причине трудно доступных или вообще недоступных химических объектов, процессов. Такой областью в химии является, например, изучение структуры. Структурные модели дают возможность на изучение данного химического объекта на разных уровнях организации, а также и изучение реализации различных процессов. Такими структурными моделями являются, например, химические формулы, которые служат для выражения химических связей, — отношений существующих между атомами. Естественно, что химические модели довольно упрощают настоящие отношения и ни одна модель, в том числе и химическая формула не в состоянии отразить все свойства изучаемого объекта.

Химические модели имеют свою длительную историю развития и с развитием химии определенные изменения претерпевали и применявшиеся модели. Среди важнейших вопросов классической химии мы находим и проблемы структуры атомов и молекул. Изменялись и модели атомов и модели молекул. В результате изменения они всё более и более достоверно отражают моделируемые атомы или молекулы (например, такое изменение претерпевала модель атома начиная с модели атома Томсона, который своей моделью капли жидкости изображал как отрицательный заряд, плавающий в среде положительного заряда, через модели Радерфорда и Бора вплоть до атомных моделей квантовой механики).

Химические модели применяются не только исключительно в химическом исследовании, они применяются и другими науками (например, генетикой, микробиологией и т.д.).

В свою очередь и в химическом исследовании применяются методы исследования других наук (как, например, математики, физики, кван-

товой механики и т.д.). В нашем докладе мы говорили лишь о трёх частичных методах, применяемых в химическом исследовании. Естественно, что эти три метода в химическом исследовании наряду с другими частичными и специфическими методами, применяются совместно.

Из процесса развития химического исследования и химической науки ниже мы хотели бы ещё остановиться на одном своеобразном, на методологической функции т.н. "систематизирующих принципов" в химии.

4. Основные систематизирующие принципы в химии

Химия — как и все отрасли современных естественных наук — в начале своего развития занималась собиранием и изучением непосредственно проявляющихся свойств, имеющих в природе материй, описанием процессов изменения природы.

Когда химия стала эмпирически изучать и описывать взаимодействия исследуемых объектов и свойства новых веществ, полученных в результате этих взаимодействий, начался процесс отделения химии от других отраслей естественных наук — как, например, от биологии, физики и т.д. — и формирование её как самостоятельной науки. В ходе изучения свойств и взаимодействий изучаемых ею материй, было накоплено большое количество эмпирического материала и среди знаний, собранных на эмпирическом уровне, учёные находили всё больше и больше взаимосвязей. Исходя из этих взаимосвязей были сформулированы первые основные химические понятия (элемент, химическое соединение, реакция, окислация, металл и т.д.), с помощью которых стала возможной систематизация знаний химии того времени.

Первым систематизирующим принципом химии, основой группировки по сути дела являлось то: как ведут себя некоторые естественные вещества при взаимодействии с определёнными выделенными веществами — так, например, кислородом, ртутью, кислотой.

Таким образом на основе общих химических свойств были отдалены друг от друга определённые группы химических соединений: кислоты, основания, соли, окиси и т.д.

Таким образом, первым основным, научно-обоснованным систематизирующим принципом можно считать "принцип тождественного химического поведения". При помощи первого основного систематизирующего

принципа химикам удалось заранее определить поведение некоторых соединений в реакции с другими веществами и сознательно планировать производство различных химических соединений. Этот период развития химии означал переход от чисто эмпирического наблюдения и применения метода описания к сознательному теоретическому познанию, методической характеристикой которого являлись исследование и анализ количественных взаимосвязей и законов.

В ходе исследовательской работы, целью которой явилось выявление возможности перестройки химических веществ были получены первые органические соединения и таким образом химия превратилась в единое целое. Всё известное и неизвестное становилось и свойства химических элементов. В ходе систематизации этих свойств был обнаружен периодический закон, который впервые сознательно был сформулирован Менделеевым, и с помощью которого удалось заранее определить свойства некоторых, до того времени ещё неизвестных, химических элементов.

На основе закона, выражающего периодическое изменение свойств химических элементов стала возможной более основательная систематизация химических знаний, благодаря которой можно объяснить и основные свойства химических соединений. Таким образом химия из науки длительного описания химических свойств превратилась в науку, которая изучает существенные свойства и взаимосвязи между ними.

Периодический закон химических элементов стал вторым систематизирующим принципом химии и благодаря его использованию из периода описания химия переступила в период объяснения. Этот основной систематизирующий принцип оказал влияние на направление и методы дальнейших исследований. С этого времени химического исследования характерным стало стремление раскрытия существенных особенностей химических веществ.

В результате планомерной, целенаправленной научно-исследовательской работы, основанной на систематизирующих принципах были выявлены всё более существенные, всё более общие взаимосвязи и было установлено, что химическое поведение, периодичность химических элементов обусловлены электронной структурой химических элементов и соединений.

Таким образом основным систематизирующим принципом поведения химических элементов и объяснения их процессов преобразования стала электронная структура. Благодаря "электронной структуре",

как общему систематизирующему принципу стало возможным раскрытие и объяснение более глубоких взаимосвязей существующих между группами явлений, а также раскрытие новых основных закономерностей и более точную, адекватную формулировку уже ранее раскрытых законов.

На современном этапе развития химии центральной проблемой является изучение тонкой структуры химических материй. Вероятно, что научно исследовательская работа, производимая в этой области, ведёт к раскрытию ещё более глубоких взаимосвязей, позволит более точно раскрыть взаимосвязи последующих явлений и более глубоко понять основной систематизирующий принцип — структуру электрона.

В химии в период систематизирующего принципа тождественного химического поведения, и до принятия в качестве основного систематизирующего принципа структуру электрона, методы, применявшиеся в химическом исследовании, а также и сущность интерпретации химических знаний были определены основными систематизирующими принципами.

Так, например, принцип тождественного химического поведения повлёк за собой необходимость развития и применения методов служащих для определения количественных взаимосвязей. Периодичность, как основной систематизирующий принцип требовала от исследователей заимствование и применение методов, использованных в других, в первую очередь в физике. Принятие структуры электрона или систематизирующего принципа и исследование структуры электрона всё настоятельнее требовало комплексное применение методов, первоначально разработанных главным образом в других науках. Естественно, что методы, заимствованные у других специальных наук, в ходе их применения в химическом исследовании изменились и стали более пригодными для исследования химических материй.

Благодаря основным систематизирующим принципам и систематизации химических знаний стала возможной интерпретация знаний, накопленных в ходе химических исследований. Интерпретация, основанная на основных систематизирующих принципах делает лишним сообщение таких практического характера знаний, которые только увеличивают усваиваемые знания.

Таким образом и в химии станет возможным систематизация и селекционирование потоков информации.

Кафедра Философии
Университета им. Агости Экефа
Сегед Венгерская Народная Республика

Erzabet Krajko, Lajos Hakl

O metodologicznych problemach badania chemicznego

Wychodząc od podziału metod badawczych na: 1) uniwersalne = metody materializmu dialektycznego, 2) ogólne = stosowane do nauki w ogóle i 3) szczególne = stosowane do pewnej określonej dyscypliny, autorzy stawiają sobie za cel dyskusję metod (z grupy 2) ich zilustrowanie na przykładzie badań chemicznych. Dyskutowane są kolejno: opis i wyjaśnianie; analiza i synteza; modelowanie.