

## Лекция 8. Философские проблемы современной химии

Вопросы:

1. Специфика химии как науки и её современные особенности
2. Методологические и мировоззренческие проблемы химии
3. Философия химии и предмет химии
4. Предмет химии в истории химии
5. Концептуальные системы химии
  - 5.1 Понятие о химическом элементе
  - 5.2 Современная картина химических знаний

### 1. Специфика химии как науки и её современные особенности

Для человека одной из важнейших естественных наук является химия — наука о составе, внутреннем строении и превращении вещества, а также о механизмах этих превращений.

«Химия — наука, изучающая свойства и превращения веществ, сопровождающиеся изменением их состава и строения». Она изучает природу и свойства различных химических связей, энергетику химических реакций, реакционную способность веществ, свойства катализаторов и т.д.

Химия всегда была нужна человечеству для того, чтобы получать из природных веществ материалы со свойствами, необходимыми для повседневной жизни и производства. Получение таких веществ — производственная задача, и, чтобы ее реализовать, надо уметь осуществлять качественные превращения вещества, т. е. из одних веществ получать другие. Чтобы этого добиться, химия должна справиться с теоретической проблемой генезиса (происхождения) свойств вещества.

Таким образом, основанием химии выступает двуединая проблема — получение веществ с заданными свойствами (на достижение ее направлена производственная деятельность человека) и выявление способов управления свойствами вещества (на реализацию этой задачи направлена научно-исследовательская работа ученых).

Эта же проблема является одновременно и системообразующим началом химии.

Важнейшими особенностями современной химии являются:

1. В химии, прежде всего в физической химии, появляются многочисленные самостоятельные научные дисциплины (химическая термодинамика, химическая кинетика, электрохимия, термохимия, радиационная химия, фотохимия, плазмохимия, лазерная химия).

2. Химия активно интегрируется с остальными науками, результатом чего было появление биохимии, молекулярной биологии, космохимии, геохимии, биогеохимии. Первые изучают химические процессы в живых организмах, геохимия — закономерности поведения химических элементов в земной коре.

Биогеохимия — это наука о процессах перемещения, распределения, рассеяния и концентрации химических элементов в биосфере при участии организмов. Основоположителем биогеохимии является В. И. Вернадский.

Космохимия изучает химический состав вещества во Вселенной, его распространенность и распределение по отдельным космическим телам.

3. В химии появляются принципиально новые методы исследования (рентгеновский структурный анализ, масс-спектрометрия, радиоспектрометрия и др.)?

Химия способствовала интенсивному развитию некоторых направлений человеческой деятельности. Например, хирургии химия дала три главных средства, благодаря которым современные операции стали безболезненными и вообще возможными:

- 1) введение в практику эфирного наркоза, а затем и других наркотических веществ;
- 2) использование антисептических средств для предупреждения инфекции;
- 3) получение новых, не имеющих в природе аллопластических материалов-полимеров.

В химии весьма отчетливо проявляется неравноценность отдельных химических элементов. Подавляющее большинство химических соединений (96% из более 8,5 тыс. известных в настоящее время) — это органические соединения. В их основе лежат 18 элементов (наибольшее распространение имеют всего 6 из них).

Это происходит в силу того, что, во-первых, химические связи прочны (энергоемки) и, во-вторых, они еще и лабильны. Углерод как никакой другой элемент отвечает всем этим требованиям энергоемкости и лабильности связей. Он совмещает в себе химические противоположности, реализуя их единство.

Однако подчеркнем, что материальная основа жизни не сводится ни к каким, даже самым сложным, химическим образованиям. Она не просто агрегат определенного химического состава, но одновременно и структура, имеющая функции и осуществляющая процессы. Поэтому невозможно дать жизни только функциональное определение.

В последнее время химия все чаще предпринимает штурм соседних с нею уровней структурной организации природы. Например, химия все более и более вторгается в биологию, пытаясь объяснить основы жизни.

В развитии химии происходит не смена, а строго закономерное, последовательное появление концептуальных систем. При этом вновь появляющаяся система опирается на предыдущую и включает ее в себя в преобразованном виде. Таким образом, появляется система химии — единая целостность всех химических знаний, которые появляются и существуют не отдельно друг от друга, а в тесной взаимосвязи, дополняют друг друга и объединяются в концептуальные системы знаний, которые находятся между собой в отношениях иерархии.

## **2. Методологические и мировоззренческие проблемы химии**

Совершенно очевидными методологическими проблемами любой науки являются такие, как определение предмета самой специальной науки, изменение предмета в ходе ее исторического развития, выяснение места конкретной науки в системе научных знаний, ее связей с другими науками, отношение к практике. Все это характерно и для химии.

Как было отмечено выше, у химии, как у любой науки, есть предмет, методы, специфические познавательные цели и идеалы, а также своеобразный язык, особая организация и жизнь сообщества химиков. Но, к сожалению, дать четкий однозначный ответ на вопрос что такое химия невозможно. Во-первых, любое определение, всегда остается неполным, оставляя за своими границами многие важные стороны существа определяемого понятия. Во-вторых, с течением времени содержание понятия «химия» изменяется. И если в свое время Д.И. Менделеев определял химию как учение об элементах и их соединениях, т.е. о готовых предметах, то сегодня это определение не отражает главного в современной химии — учения о процессах качественного преобразования веществ.

Наиболее кратко химию можно определить как науку о веществах и превращениях их друг в друга. Согласно более корректному определению, химия — наука, изучающая превращения веществ, сопровождающиеся изменением их состава и (или) строения. Данное определение также не является полностью адекватным содержанию сложившейся системы химических знаний и направлениям перспективных исследований в различных областях химии. Традиция закрепляет за химией в качестве основной задачу получения веществ с заранее заданными свойствами. Но чтобы реализовать эту задачу, надо уметь осуществлять качественные превращения. А поскольку качество — это совокупность свойств вещества, надо знать, как управлять его свойствами, знать, от чего зависят его свойства. Однако здесь возникает другая проблема, связанная с тем, что познать до конца, полностью свойства

какого-либо химического соединения невозможно, т.к. любое вещество обладает бесконечным разнообразием свойств. Например, даже в отношении такого хорошо известного вещества, как вода, есть нерешенные вопросы, касающиеся его структуры и свойств. Предмет современной химии веществ вбирает в себя различные способы решения этих задач, тем самым становясь чем-то неопределенным, многозначным.

Более существенную роль в определении понятия «химия» могло бы сыграть изучение структуры химии (ее классификации). Деление химии на неорганическую и органическую происходит по одному принципу – по различию их предметов. Аналитическая химия выделена уже на основе другого принципа – метода исследования. Появление физической химии и биохимии обусловлено третьим принципом – близостью со смежными науками. Однако классификация химии не исчерпывается этими пятью областями. Процессы дифференциации и интеграции науки привели к тому, что деление химии на ее классические ветви – органическую, неорганическую, аналитическую, физическую и биологическую – в значительной степени утратило былое значение. Открытие все новых так называемых элементоорганических соединений вызвало необходимость в интегративной науке – химии элементоорганических соединений, предметом которой стали сотни тысяч соединений, изучаемых как неорганической, так и органической химией. Аналогичная ситуация произошла с химией комплексных соединений. Попытки сохранить в качестве основы классификации старый принцип деления науки на разделы по предмету исследования создали такие разделы, как химия алициклических соединений, химия твердого тела, нефтехимия, химия растворов, химия полимеров и т.д. Таким образом, в одном случае под предметом исследования подразумевается состав соединений, в другом – его агрегатное состояние, в третьем – генетическая линия (из нефти, из растительных и животных организмов), в четвертом – величина молекулярной массы. В результате само понятие предмета науки становится расплывчатым, неясным.

Еще одной из важнейших философских проблем химии является проблема сведения химического знания к физическому: «Имеет ли химия некоторое собственное понятие бытия или же она по своим основам является всего лишь частной областью физики?». Многие физики XX века (В. Гейзенберг, П. Иордан, Дж. Франк и др.) поддерживали тезис о возможности сведения закономерностей любых химических процессов к фундаментальным физическим законам и выражали уверенность в том, что непременно наступит момент, «когда биология также полностью сольется с физикой и химией, как нынешняя квантовая механика слила воедино физику и химию».

Однако у сторонников этой позиции всегда были противники. Несомненно, вещество столь же изучает физика, сколь и химия. Однако, химия и физика, познавая вещество, ставят разные акценты. Физику в основном интересуют общие свойства вещества, химию – индивидуальные и особенные. Физику интересует вещество с точки зрения его внутреннего строения, но также она рассматривает и свойства макроскопического вещества – теплоемкость, магнетизм. Эти свойства интересуют и химию. Но ее интересуют не эти свойства сами по себе, а скорее комплексы свойств (физических, химических, физико-химических, экологических), характеризующие некий химический индивид – химический элемент или химическое соединение.

Помимо этого, объектами химии могут быть вещества, не существующие в природе. Химики синтезируют химические элементы, которые не найдены в природе, создают миллионы химических соединений, которые также отсутствуют в природе. Такие материальные объекты сразу приобретают статус предмета изучения химии. Одновременно многие из них становятся предметом исследования со стороны биологии, медицины, материаловедения и других наук.

Еще одним важным философским вопросом является вопрос о химической картине мира. Жизнь, ее возникновение, развитие, функционирование, сама среда обитания непосредственно связаны и с химической формой материи, ее движением. Мы живем в мире химических процессов. Они весьма обширны и многообразны. Поэтому можно согласиться

с точкой зрения о существовании химической картины мира как общего отражения этой части объективной реальности.

Пожалуй, наиболее важным вопросом, заключающим в себе все описанные выше философские проблемы, является вопрос о единстве химии как науки. Можно ли говорить о химии как единой целостной, фундаментальной науке и, если да, то, что является основанием этого единства? Важный шаг в выяснении общих закономерностей развития химических наук был сделан Д.И. Менделеевым. Он нашел путь к обнаружению «единого неизменного и общего» всей химии, обратив внимание на то, что химия, как и всякая наука, есть в одно и то же время и теория и практика. Стержнем химии, таким образом, выступает двуединая проблема химии – получение веществ с заданными свойствами, на достижение чего направлена производственная деятельность человека, и выявление способов управления свойствами вещества, на реализацию чего направлена его познавательная теоретическая деятельность. Уже отсюда со всей очевидностью следует вывод о том, что химия представляет собой единую науку, несмотря на ее ветвление и множество относительно самостоятельных разделов. Соответственно, история химии, также является единым процессом, а не суммой историй разных химических наук.

### 3. Философия химии и предмет химии

Можно выделить три основные группы философских вопросов химии.

1. Первая из них связана с обобщением того нового, что достигла химия в познании вещества, с выявлением того, как она обогащает общую научную картину вещества, природы, каково мировоззренческое значение сделанных открытий. Это **онтологический аспект достижений химии**. Разработка этих вопросов позволяет выяснить, глубже понять сущность тех или иных открытых химией явлений, увидеть их связи с другими - физическими, биологическими и прочими - явлениями, осмыслить их место в общей системе природы. Разработка этих вопросов необходима не только для выработки общего научного мировоззрения, соответствующего достигнутому уровню знаний о природе, но и для корректировки дальнейших направлений химического исследования.

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

3. Третья группа философских вопросов химии - это вопросы, относящиеся к раскрытию **социального аспекта развития химии и химической практики**. Это вопросы, связанные с превращением химии в производительную силу, связанные с тем, что вырабатываемые наукой понятия становятся орудиями практической деятельности людей по преобразованию объективной действительности. Это вопросы, связанные и с тем, что изучаемые химией вещества - не только загадочный предмет упорных научных исследований, но и то, жизненно нужно человечеству. Наличие или отсутствие тех или иных видов вещества, доставляемое химией умением перерабатывать вещество, управлять его свойствами и превращениями, все это является существенным фактором общественного развития и заметно отражается на различных сторонах жизни общества.

Стоит отметить, философия химии и ее проблематика в философии науки, как ни странно, занимает достаточно скромное место, ввиду того, что изначально сама наука химия опирается на физику и математику. Однако, не стоит забывать, что любая наука фактически

не существует сама по себе (и не может существовать), а является относительно самостоятельной структурной единицей в череде научных дисциплин, с которыми находится в некоторых связях. Философия химии, как самостоятельная дисциплина, является в итоге осознанием существа самой химии. Химия, конечно же, неоднородна, и состоит из целого комплекса научных теорий, каждая из которых имеет свою собственную историю. Мы должны различать продукты дифференциации химии, её ветви, такие как неорганическая, органическая, аналитическая, биологическая, физическая, квантовая, компьютерная химия. Любое исследование в химии, в конечном счете, использует опытные данные.

Также *химия имеет трансдисциплинарный характер*, и эти междисциплинарные связи имеют свою специфику. К примеру, сродство химии и математики обуславливается в основном тем, что математика как наука нужна для выяснения устройства самой химии. Следовательно, относительно химии математика есть парадигмальный образец формальной строгости, как впрочем, и новые компьютерные науки. Следующей можно рассмотреть супервенциальную связь химии с геологией. Изменение в одной сфере сопровождается обязательными изменениями в другой. При всей своей специфике, геологические процессы следуют за химическими. Такая же супервенциальная связь есть у химии с биологией. Каждый этап биологического процесса описывается химической структурной формулой. Следование биологических параметров за химическими - это естественная связь. Однако, использование медицинских препаратов делает эту связь искусственной. Также искусственная связь существует между химией и техническими науками. Химическим признакам вменяются ценности технических наук. Отношения ценностного вменения имеет химия к искусствоведческим и социальным наукам, причем химические процессы и признаки можно рассматривать как носитель социальных ценностей. Также у химии существуют и метанаучные связи, например, с химической этикой. Отношение же с другими формами этики имеют опосредованно метанаучный характер, так как не взаимодействуют напрямую.

Стоит отметить, что философия химии, как и другие философские науки, одновременно и решает поставленные задачи и создает новые проблемные вопросы.

Предметом философии химии, также может выступать и сама химия как наука, так и процесс её концептуального развития.

**Вопрос о предмете химии – актуальный вопрос.** Но как любой вопрос философии он имеет собственную ретроспекцию. В «Логике» Гегеля встречается такое определение как химизм, означающее некое единство, которое вытекает из природы частей, то есть имеет свою специфику, основные части которого есть «стихии» и «материи», проявляющие относительно других частей свою природу и сообщающие эту природу во вне. Первоначальное единство материи природы химически дифференцируется и сменяется разнообразием элементов. Начинается их взаимодействие, развитие внутренних согласий и противоречий, примирений, сродства, разъединений. *Хемизм* рассматривается как изменение внутренней сущности, а не внешне-поверхностная трансформация.

Обратимся к другой концепции. Концепция высказанная Энгельсом, базировалась на том, что обозначенное им химическое движение материи есть движение атомов, и занимает промежуточное положение между механическим (низшим) и биологическим (высшим). В результате тех изменений, которые произошли в естествознании примерно в первой трети двадцатого века, ортодоксальные философы-марксисты оказались в довольно трудном положении. С одной стороны, идеи Энгельса об иерархии форм движения материи были, как им казалось неоспоримы. С другой стороны, они не могли не признать того, что Энгельс называл химической формой движения, стало неотличимо от изучаемого физикой. Во всяком случае «материальный носитель» химического движения — атом — стал объектом исследования физики, более того, физика вплотную подошла к тому, чтобы объяснить строение молекул и процессы соединения атомов и разложения молекул. Действительно, разделение предметов физики и химии представляет некоторую сложность. Знание

распределения электронной плотности предполагает квантовомеханические расчеты. Вообще 20 век, породивший квантовую химию, подал надежды на редукцию химии к физике. С самого начала создания квантовой механики многие физики-теоретики, заявляли, что все химические явления можно описать на основе квантовой механики. Г.Рейхенбах писал, что «химия является частью физики, подобно термодинамике или учению об электричестве».

В философской литературе также существует и точка зрения, что вопрос о предмете химии лишен смысла. «Истина в том, что химия действительно не имеет места в строгой научной схеме. Роль, выполненная химией в росте науки, была прагматической, эвристической».

Однако различие всё-таки присутствует. Фактически различие в том, что химия изучает один из уровней организации материи, находящийся между двумя уровнями изучаемыми физикой. Физика исследует уровень макровещества и атомы, химия занимается молекулярным. Химия, в отличие от физики, интересуется не изолированными атомами, а системами взаимодействующих атомов. Вместо атомов, когда речь идет о химических соединениях, корректнее говорить о пропорции неестественных распределениях электронной плотности в молекулах, подразделяющихся на «бассейны».

Также, как предмет химии можно выделить вещество. Оно бывает живое и неживое. Это может быть продукт, полупродукт или промышленное сырье. Или окружающая среда, рассмотренная со стороны состава и свойств. Но выделяя вещество как предмет химии, помучается примерно тоже сто в случае рассмотрения «химической формы движения». В этом случае также присутствует сродство химии и физики. Однако не стоит забывать о том, что эти науки познают вещество, расставляя разные акценты. К примеру, физика интересуется веществом с точки зрения общих свойств, химию же напротив, интересуют индивидуальные и особенные. Со стороны физики рассматривается внутреннее строение вещества и его отдельные свойства. Химия же подходит в этом плане к веществу совсем с другого угла. Ее интересуют комплексы свойств, характерных для неких химических индивидов – элементов или соединений. Или в более глобальном смысле – осадков или газообразований конкретных реакций на конкретном оборудовании, различных руд, добытых в определенном месте. Также химию привлекают индивидуальные химические реакции, и индивидуальные факторы сопутствующие ей. Стоит принять во внимание, что физика и химия по-разному идеализируют и схематизируют вещество. Физику глубоко идеализирует и абстрагирует вещество, пренебрегая большинством свойств в пользу одного – двух наиболее существенных. Ярким примером может служить идеализация объекта до материальной точки, за этой моделью закрепляется только масса и положение в пространстве и времени. Также часто применяемая идеализация – твердое (абсолютно твердое) тело. Фиксируемые параметры - размер и форма тела. Черное (абсолютно черное) тело – это некое тело, при любой температуре полностью поглощающее падающее излучение. В реальности черное тело пока не получено, существуют лишь модели приближенные к данной абстрагированной идеализации.

Химия, в свою очередь стремится к не столь радикальным схематизациям и идеализациям. Химическая идеализация содержит в себе множество свойств, из которых выделяется одно, служащее базисом идеализации, ее идентификатором. Но так или иначе химические идеализации можно уточнять и корректировать, а также пересматривать свойство, являющееся базисом идеализации. Обязательным является сохранение преемственности – при пересмотре должны сохраняться большинство свойств в составе данной идеализации. Важной идеализацией химии, а вместе с тем и центральным ее понятием является химический элемент. Элемент в этой науке характеризуется в основном одним и тем же фиксированным зарядом ядра, а также множеством наблюдаемых свойств, главное из которых – способность образовывать ряды соединений. Он может характеризоваться свойствами вещества, состоящего исключительно из атомов заданного элемента, то есть соответствующего простого вещества. Не стоит забывать о том, что

простое вещество тоже идеализация. Существование абсолютно чистых веществ на данный момент технического развития не представляется реальным, вследствие этого различают несколько видов чистых веществ: химически чистые, аналитически чистые и технически чистые. Следовательно, набор свойств, относящихся к простому веществу или соответствующему химическому элементу, всегда несколько приближен.

Набор экспериментально полученных свойств задает направление поиска теоретической характеристики элемента. Стоит отметить существование изотопов – атомов, ядра которых различны по составу, но имеют одинаковый заряд ядра, и часто изотопы имеют разные химические свойства. Исходя из этого, можно судить о некоторой неточности данного выше определения вещества. Вещество такое, каким оно присутствует в химии, есть продукт схематизации и идеализации действительности.

В химии важное место занимает классификация. Физика занята этим в меньшей степени. У химии есть тенденция к составлению естественных классификаций, выражающих естественные виды. Естественные виды в химии это индивидуальные вещества, классы химических соединений. Естественные виды также понятия «простое вещество», «сложное вещество» и «химический элемент». В противовес этому идеализации, которые используются в физике, не относятся к естественным видам. Та же материальная точка – это уже искусственный вид, как, собственно и твердое тело, и физический маятник, и многие другие понятия.

По обыкновению химические примеры в философской литературе используются для пояснения понятия «естественный вид», столь важного для философов. Для химии же наоборот, данное понятие используется для пояснения специфики этой науки.

Стоит отметить, что физику и химию отличают, не столько части изучаемой природы, сколько способы познания и видения мира. Предмет химии формировался в ходе практической деятельности человека, включающей в себя и научную деятельность, как основную часть. Исходя из вышеперечисленных фактов, можно сделать вывод, что хотя физические концепции и химические теории обладают некоторым «семейным сходством», можно утверждать, что химия не сводима к физике, так как обе эти науки являются незаконченными и незамкнутыми системами, реализующимися неодинаковым образом.

#### **4. Предмет химии в истории химии**

##### **1. Преахимический период**

В течении преахимического периода знания о веществе развивались обособленно. Практический аспект знаний о веществе принадлежал ремесленной химии, теоретическое происхождение свойств вещества рассматривалось античной натурфилософией.

Древняя квазихимия позволяла получать краски и выплавлять металлы. Жители Египта, к примеру, могли изготавливать изделия парфюмерии, различные красители, сплавлять и получать стекло, готовить мыло, а также делать лекарства. Химия являлась феноменом культуры. Накопленные знания были достаточно эффективны, однако не имели никакого научного обоснования. Получение веществ происходило только в результате опытов и наблюдений, без каких-либо пояснений. Абсолютно все получаемые знания сохранялись в строгой секретности и передавались жрецами.

С течением времени знание начало отделяться от религии и постепенно переходить в самостоятельное восприятие окружающей среды, что повлекло за собой развитие натурфилософии как попытке объяснить фундаментальные закономерности природных явлений. Демокрит описывал мир как систему атомов, движущихся в «Великой Пустоте» (неком пустом пространстве). Эти атомы беспорядочно движутся, а сталкиваясь, либо сцепляются и образуют вещество, либо разлетаются. Таким образом, тела это совокупности различных комбинаций атомов. Он также предположил наличие сил притяжения и отталкивания, объясняя их наличием обязательной пустоты между атомами. Оппонентом атомистов был Аристотель, который предполагал, что все существующие вещества и предметы могут состоять только из четырёх фундаментальных элементов - вода, земля, огонь, воздух. Каждое из этих веществ характеризует особое собственное свойство: воду

характеризует влажность, землю - холод, огонь - тепло, а воздух - сухость. Помимо этого, он утверждал, что вода находится в жидком состоянии, огонь – в раскалённом, воздух – в газообразном, а земля - в твёрдом состоянии. В досократовской древнегреческой философии Аристотель использовал термин архэ для характеристики учений первых философов. Архэ это своего рода первоэлемент из которого состоит мир. У Фалеса архэ – вода, у Гераклита – огонь, у Анаксимена архэ — «неопределённый воздух» (апейрос). Анаксимандр считал архэ апейрон (бескачественная материя, всё возникло путём выделения из нее противоположностей). У Пифагора архэ — число. Эмпедокл считал первоосновой четыре элемента стихии, а движущей силой любовь и вражду. В общем-то, зачатки химического знания, обнаруживаются почти у всех античных натурфилософов.

Таким образом, можно сказать, что предметом химии в предалхимический период являлся поиск некоего первовещества, первоэлемента или первоосновы.

## **2. Теория пяти элементов**

В древнем Китае существовала «Теория пяти элементов». Считалось, что металл, дерево, вода, огонь и земля составляют всю материю во вселенной. В Книге Истории Шу Цзинь в некоторых отчетах описывались некоторые особенности различных материалов и взаимоотношения и взаимодвижения пяти элементов.

Эта категория китайской философии получила название У-син. Она показывает пять элементов не только как само первовещество, но и как функционально связанные первоэлементы-стихии. Стоит отметить, что в китайской натурфилософии, у-син не была изначальной составляющей всего. Сначала был Хаос, иначе называемый Беспредельное или Отсутствие Предела, за ним следовал Великий предел, то есть начало времён и всех начал, из которого потом выродились инь и ян, являющиеся первопричинами постоянной изменчивости природы. Борьба и взаимодействие этих начал, холодного тёмного женского и светлого теплого мужского, в конечном итоге порождает пять стихий. Они все время находятся во взаимном порождении и гармонии, постоянном движении и взаимном преодолении. Дун Чжуншу говорил, о том, что дерево начало пяти элементов, а вода их конец. Земля есть центр. Дерево порождает огонь, огонь порождает землю, земля порождает металл, металл порождает воду, вода соответственно порождает дерево. Дерево находится слева, металл — справа, огонь располагается спереди, вода — сзади, земля находится в центре. Бань Гу, будучи приближенным к императорскому дому династии Хань, предпочитал располагать элементы относительно частей света. Местонахождение воды — северная часть света, местоположение дерева — восточная часть света, местоположение огня — южная часть света, местонахождение металла — западная часть света, Центр — это и есть земля. Её предназначение в том, чтобы лелеять тьму вещей, извергнутую из себя. И не смотря на это она являлась самой почитаемой из стихий. Будучи рожденными из сил ин и янь, стихии сохранили на себе их отпечаток, как три стихии относились к силе инь, это вода, металл и земля, а две другие к силе ян – это огонь и дерево соответственно. Такой способ разделения появился исходя из свойств представленных стихий. Когда дерево растёт, то соответственно огонь питает его. Когда умирает металл, то хранит его вода. Радость дереву доставляет огонь, питая его с помощью светлого начала, металл побеждает вода, но соблюдает по нему траур с помощью темного начала. Небу служит Земля, исчерпывая этим всю свою верность. Каждый их элементов находится в движении. При движении каждый из пяти элементов обязательно строго следует указанному порядку, при действии каждый из пяти элементов раскрывает свои возможности и способности. Исходя из этого дерево, расположенное на востоке, производит дыхание весны, огонь, будучи расположенным на юге, создает дыхание лета, металл, расположенный на западе, образует дыхание осени, а вода, которая расположена соответственно на севере, зарождает дыхание зимы. Поэтому дерево главенствует над рождением, а металл господствует над смертью. Огонь властвует над теплом, а вода властвует над холодом.

## **3. Алхимический период**

Алхимический период – временной промежуток с III по XVII век. Его можно



разделить на 3 подпериода:

1. александрийскую или греко-египетскую алхимию,
2. алхимию европейскую и
3. арабскую.

В этот период происходит зарождение эмпирической химии как таковой, а также накопление знаний о веществе. В этот период была создана уникальная система мистической философии. Алхимическая теория основывалась на философских античных представлениях об элементах, а также связывалась с мистикой и астрологией. В основном теоретическую базу средневековой химии определяли воззрения Аристотеля, правда, его список из 4 элементов был расширен. Первенство заняли семь металлов соотносимые с семью небесными телами, так как считалось, что эти металлы рождаются в недрах земли под влиянием каждого из небесных тел соответственно. Существовала внешняя и внутренняя алхимия. Целью алхимии внешней как таковой являлось получение золота, зелий, снадобий и «пилюль бессмертия», изучением оккультной сущности веществ. Внутренняя алхимия рассматривала *трансмутацию духа*, достижение абсолютного здоровья или бессмертия. Отдельно стоит отметить поиски философского камня – начала всех начал, мистическое вещество, способное дать бессмертие, вечную молодость, великую мудрость и абсолютную свободу. Но для умов алчущих богатства, было важным его особое свойство превращать любой металл в золото. Изыскания философского камня породили ртутно-серную теорию и «принцип твёрдости» — философскую соль. Этот принцип был выдвинут арабским ученым Ар-Рази в конце девятого века. Арабские алхимики внесли существенный вклад в развитие алхимии, создав дистилляционный аппарат. После александрии и арабского востока алхимия проникла в Европу. Первым европейским алхимиком стал Роджер Бэкон. Важным этапом развития алхимии стоит отметить получение концентрированных минеральных кислот: серной и азотной. Использование этих кислот в алхимической практике привело к достаточно существенному росту знаний алхимиков о веществе. В тринадцатом веке стала возможной выделка пороха, что привело к появлению огнестрельного оружия. Таким образом алхимия частично выступала одним из двигателей прогресса и это способствовало её переплетению с ремесленной химией.

К четырнадцатому веку цели алхимии все теснее связывались с задачами медицины, металлургии и горного дела.

С пятнадцатого века начинается упадок алхимии, так начинают выделяться ее рациональные течения. Теперь задачей алхимии становится совершенствование химической технологии и медицины. В итоге можно утверждать, что предметом химии в алхимический период является вещество и его свойства.

#### **4. Период становления химии как науки**

Период становления или объединения длился с XVII по XVIII век. В этот период произошла полная рационализация химии. Она освободилась от алхимических и натурфилософских взглядов, расширились практические знания о веществе, и создался более единый взгляд на некоторые химические процессы и относительно полно стал использоваться эмпирический подход. Этот период завершает химическая революция, придавшая химии вид самостоятельной науки, пусть и тесно связанной с прочими отраслями естествознания. Теперь химия стала наукой, которая экспериментально занималась изучением состава объектов и тел. Роберт Бойль поставил перед химией задачу по поиску реальных химических элементов. Бойль считал элементы неразложимыми телами, состоящих из сходных однородных частиц, из которых состоят все тела и на которые все тела можно разложить. Главной задачей химии Бойль считал изучение состава веществ и зависимости от него свойств вещества. Также его можно считать основоположником качественной аналитической химии.

Окончательно химия оформилась в науку благодаря открытиям Антуана Лорана Лавуазье. Созданная им кислородная теория горения положила начало химической революции. Он издал учебник, который был основан на теории кислородного горения, а

также включал в себя новую химическую номенклатуру. Лавуазье также представил новый список химических элементов, или скорее список твердых тел. Классифицируя элементы он писал « Химия идет к своей цели и к своему совершенству, разделяя, подразделяя и вновь подразделяя и мы не знаем каков будет придел ее успехам»

Лавуазье создал рациональную классификацию химических соединений, основанную, на различии в элементном составе соединений и на характере их свойств соответственно, и сформулировал закон сохранения массы. Таким образом, химическая революция сделала химию самостоятельной наукой. Средство технической химии к прогрессу породило аналитическую химию, как науку о качественном и количественном анализе. Улучшение приемов анализа привело к открытию новых элементов. Были открыты такие элементы как церий, кобальт, никель, хром, уран, марганец, хлор и многие другие. Химики восемнадцатого века получили ценные и точные сведения об образовании кислот и оснований, изучили многие соли и соединения. Проведена граница между органической и неорганической химией.

### **5. Период количественных законов**

Период количественных законов иногда также называют периодом атомно-молекулярной теории. Данный период занимал небольшой временной промежуток, всего лишь с 1789 по 1860 гг., однако ознаменовался открытием главных количественных закономерностей в химии, а также окончательно превратил химию в точную науку, в которой присутствуют в равной мере, как наблюдение, так и измерение. Количественные законы способствовали проведению фундамента под атомно-молекулярную гипотезу, полностью лишая ее метафизической окраски. Закон эквивалентов, открытый Рихтером говорит о том, что число моль эквивалентов для всех веществ, участвующих в реакции, одинаково. Закон постоянных отношений был установлен Луи Жозефом Прустом. Закон кратных отношений открыт Джоном Дальтоном и скорее всего он пришел к такому выводу дедуктивным методом.

Опираясь на закон постоянства состава и закон кратных отношений Дальтон смог сформулировать атомную теорию. Окончательно дополнить эту теорию смог Станислао Канниццаро в 1858 году. Формулирование атомно-молекулярной теории стало триумфальным завершением периода количественных законов. В это время химии находится в поиске собственного языка, предмета и методологии.

### **6. Период классической химии**

Началом периода классической химии можно считать 1860 год, а завершение его наступает примерно в конце XIX века. Данный период характеризуется достаточно быстрым развитием химии. Вторая половина века важный и особый этап развития химических знаний. Формируются учение о химических элементах, создается периодический закон и периодическая система элементов. Формируются классические разделы химии, начинается дифференциация химии, возникают учение о химическом процессе и структурная химия как новые концептуальные системы химии. Создается стереохимия, теория валентности. В период классической химии можно окончательно определиться с предметом химии, и обозначить её обратную дифференциацию к естественным наукам.

Огромное значение имеет создание периодической системы, или периодической классификации, завершившей переход от эмпирической закономерности к закону. В создании такой системы Лотар Мейер и Дмитрий Менделеев основывались на выступлениях Канниццаро. В 1961 г. международные организации как химиков, так и физиков согласились принять за стандарт атомную массу углерода - 12, приняв ее равной точно 12.0000.

### **7. Современный период**

В начале XX века происходит революция в физике, и система знаний о материи, которая основывалась целиком на механике Ньютона, заменяется теорией относительности и квантовой теорией. Установленная делимость атома и созданная квантовая механика вкладывают новое в основные понятия в химии. Поняты причины периодичности свойств элементов, их соединений. Объяснена природа валентных сил, созданы теории химических

связей между атомами. Появились принципиально новые физические методы исследования, что как следствие позволило химикам реализовать доселе невиданные возможности изучения реакционной способности веществ, их структуры, состава и свойств. Величайшее открытие — познание механизмов функционирования клеток живого организма. Открыты возможности делимости атома и первые модели его строения, в связи с чем атом перестает быть предметом химии, а делится между химией и физикой.

Открытие [электрона Э. Вихертом](#) и [Дж. Дж. Томсоном \(1897 год\)](#) и [радиоактивности А. Беккерелем \(1896 год\)](#) стали доказательством делимости атома. Таким образом, в начале [двадцатого века](#) появились первые модели строения атома: «кексовая», планетарная и «динамидическая». В [1911 Э. Резерфорд](#), изучив опыты по рассеиванию  $\alpha$ -частиц, предлагает ядерную модель, которая в последствие стала основой для создания классической модели строения атома. И уже к 30-м годам двадцатого века была полностью установлена электронная структура всех известных на тот момент времени элементов.

После установления природы электрона и открытия делимости атома стали разрабатываться концепции теорий химической связи. Первой стала концепция электровалентности, основанная на идее о сродстве атомов к электрону.

В конце 20-х — начале 30-х годов [XX века](#) сформировались принципиально новые квантово-механические о природе химической связи и строении атома.

В 1926 году австрийский физик [Э. Шрёдингер](#) вывел основное [уравнение](#) волновой механики, содержащее [волновую функцию](#) и позволяющее определить возможные состояния квантовой системы и их изменение во времени.

Квантово-механический подход к строению атома привёл к созданию новых теорий, объясняющих образование связи между атомами.

В [1928 году](#) Лайнус Карл Полинг предложил теорию резонанса и идею [гибридизации атомных орбиталей](#), а в [1932 году](#) — новое количественное понятие [электроотрицательности](#).

Фридрих Хунд создал современную классификацию химических связей и он пришёл к выводу о существовании двух основных типов химических связей — простой ( $\sigma$ -связи) и  $\pi$ -связи.

Благодаря квантовой механике к 30-м годам [XX века](#) в основном был выяснен способ образования связи между атомами; кроме того, в рамках квантово-механического подхода получило корректную физическую интерпретацию менделеевское учение о периодичности. Создание надёжного теоретического фундамента привело к значительному росту возможностей прогнозирования свойств вещества. Особенностью химии в XX веке стало широкое использование физико-математического аппарата и разнообразных расчётных методов.

Подлинным переворотом в химии стало появление в XX веке большого числа новых аналитических методов, прежде всего физических и физико-химических ([рентгеноструктурный анализ](#), [электронная](#) и [колебательная спектроскопия](#), [магнетохимия](#) и [масс-спектрометрия](#), спектроскопия [ЭПР](#) и [ЯМР](#), [хроматография](#) и т. п.). Эти методы предоставили новые возможности для изучения состава, структуры и реакционной способности вещества.

Особенностью современной химии стало её усиленное взаимодействие с другими естественными науками, в результате чего на стыке наук появились такие науки как [биохимия](#), [геохимия](#) и многие другие. Одновременно с данным процессом интеграции также активно протекал и процесс дифференциации химии. Несмотря на весьма условные границы

между разделами химии, координационная и коллоидная химии, электрохимия и кристаллохимия, химия высокомолекулярных соединений, а также некоторые другие разделы приобрели черты самостоятельных наук.

Закономерным следствием совершенствования химической теории в [XX веке](#) стали новые успехи практической химии — каталитический синтез [аммиака](#), получение синтетических [антибиотиков](#), [полимерных](#) материалов. Успехи химиков в деле получения вещества с желаемыми свойствами в числе прочих достижений прикладной науки к концу [XX](#) столетия привели к коренным преобразованиям в жизни человечества.

Сейчас отличительной чертой современной химии является ее взаимодействие с другими естественными науками, и как следствие этого появление новых междисциплинарных наук, так же стоит отметить выделение некоторых дифференцированных областей химии как отдельных самостоятельных наук.

## 5. Концептуальные системы химии

### 5.1 Понятие о химическом элементе

Концепция химического элемента появилась в химии в результате стремления человека обнаружить первоэлемент природы. Р. Бойль положил начало современному представлению о химическом элементе как о простом теле, пределе химического разложения вещества, переходящем без изменения из состава одного сложного тела в другое. Но еще целый век после этого химики делали ошибки в выделении химических элементов: сформулировав понятие химического элемента, ученые еще не знали ни одного из них.

Химические знания до определенного времени накапливались эмпирически, пока не назрела необходимость в их классификации и систематизации, т.е. в теоретическом обобщении. Основоположником системного освоения химических знаний явился Д. И. Менделеев. Попытки объединения химических элементов в группы предпринимались и ранее, однако не были найдены определяющие причины изменений свойств химических веществ. Д. И. Менделеев исходил из принципа, что любое точное знание представляет систему. Такой подход позволил ему в 1869 г. открыть периодический закон и разработать Периодическую систему химических элементов. В его системе основной характеристикой элементов являются атомные веса. Периодический закон Д. И. Менделеева сформулирован в следующем виде:

«Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов».

Это обобщение давало новые представления об элементах, но в силу того, что еще не было известно строение атома, физический смысл его был недоступен. В современном представлении этот периодический закон выглядит следующим образом:

«Свойства простых веществ, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины заряда ядра атома (порядкового номера)».

Простейшим химическим элементом является водород ( ${}^1\text{H}$ ), состоящий из одного протона (ядра атома, имеющего положительный заряд) и одного электрона, имеющего отрицательный заряд.

Баланс взаимоотношений в атоме водорода, между протоном и электроном, можно описать тождеством

$$\frac{p}{1} = -\frac{1}{e^{-}}$$

Если учесть отношение масс

$$\frac{p}{e^{-}} = 1836,1;$$

то мы получим первое представление о балансе взаимоотношений между протонами и

электронами в химических элементах.

## 5.2 Современная картина химических знаний

Важнейшей особенностью основной проблемы химии является то, что она имеет всего четыре способа решения вопроса. Свойства вещества зависят от четырех факторов:

- 1) от элементного и молекулярного состава вещества;
- 2) от структуры молекул вещества;
- 3) от термодинамических и кинетических условий, в которых вещество находится в процессе химической реакции;
- 4) от уровня химической организации вещества.

Поскольку эти способы появлялись последовательно, мы можем в истории химии выделить четыре последовательно сменявших друг друга этапа ее развития. В то же время с каждым из названных способов решения основной проблемы химии связана своя концептуальная система знаний. Эти четыре концептуальных системы знания находятся в отношениях иерархии (субординации). В системе химии они являются подсистемами, так же как сама химия представляет собой подсистему всего естествознания в целом.

Современную картину химических знаний объясняют с позиций четырех концептуальных систем, которые схематично представлены на рис. 1.



Рис. 1

На рисунке показано последовательное появление новых, концепций в химической науке, которые опирались на предыдущие достижения, сохраняя в себе все необходимое для дальнейшего развития.

Даже невооруженным взглядом в этих этапах видна симметрия этапов.

$$\frac{\text{Учение о составе}}{\text{Структурная химия}} = \frac{\text{Учение о химических процессах}}{\text{Эволюционная химия}};$$

В левой части тождества отношение отражает структурный аспект эволюции химии, правая часть тождества, напротив, отражает уже функциональный (процессы) аспект эволюции химии.

### 5.2.1. Первый уровень химического знания. Учение о составе вещества

Учение о составе веществ является первым уровнем химических знаний. До 20-30-х гг. XIX в. вся химия не выходила за пределы этого подхода. Но постепенно рамки состава (свойств) — стали тесны химии, и во второй половине XIX в. главенствующую роль в химии

постепенно приобрело понятие «структура», ориентированное, что и отражено непосредственно в самом понятии, на структуру молекулы реагента.

Первый действенный способ решения проблемы происхождения свойств вещества появился в XVII в. в работах английского ученого Р. Бойля. Его исследования показали, что качества и свойства тел не имеют абсолютного характера и зависят от того, из каких химических элементов эти тела составлены. У Бойля наименьшими частичками вещества оказывались неосязаемые органами чувств мельчайшие частички (атомы), которые могли связываться друг с другом, образуя более крупные соединения — кластеры (по терминологии Бойля). В зависимости от объема и формы кластеров, от того, находились они в движении или покоились, зависели и свойства природных тел. Сегодня мы вместо термина «кластер» используем понятие «молекула».

В период с середины XVII в. до первой половины XIX в. учение о составе вещества представляло собой всю химию того времени. Оно существует и сегодня, представляя собой первую концептуальную систему химии. На этом уровне химического знания Ученые решали и решают три важнейшие проблемы: химического элемента, химического соединения и задачу создания новых материалов с вновь открытыми химическими элементами.

**Химическим элементом** называют все атомы, имеющие одинаковый заряд ядра. Особой разновидностью химических элементов являются изотопы, у которых ядра атомов отличаются числом нейтронов (поэтому у них разная атомная масса), но содержат одинаковое число протонов и поэтому занимают одно и то же место в периодической системе элементов. Термин «изотоп» был введен в 1910 г. английским радиохимиком Ф. Содди. Различают стабильные (устойчивые) и нестабильные (радиоактивные) изотопы.

С момента открытия изотопов наибольший интерес вызвали радиоактивные изотопы, которые стали широко использоваться в атомной энергетике, приборостроении, медицине и т. д.

Первое научное определение химического элемента, когда еще не было открыто ни одного из них, сформулировал английский химик и физик Р. Бойль. Первым был открыт химический элемент фосфор в 1669 г., потом кобальт, никель и другие. Открытие французским химиком А. Л. Лавуазье кислорода и установление его роли в образовании различных химических соединений позволило отказаться от прежних представлений об «огненной материи» (флогистоне).

В Периодической системе Д.И. Менделеева насчитывалось 62 элемента, в 1930-е гг. она заканчивалась ураном. В 1999 г. было сообщено, что путем физического синтеза атомных ядер открыт 114-й элемент.

**Концепция химических соединений.** Долгое время химики эмпирическим путем определяли, что относится к химическим соединениям, а что — к простым телам или смесям. В начале XIX в. Ж. Пруст сформулировал закон постоянства состава, в соответствии с которым любое индивидуальное химическое соединение обладает строго определенным, неизменным составом и тем самым отличается от смесей.

Теоретическое обоснование закона Пруста было дано Дж. Дальтоном в законе кратных отношений. Согласно этому закону состав любого вещества можно было представить как простую формулу, а эквивалентные составные части молекулы — атомы, обозначавшиеся соответствующими символами, — могли замещаться на другие атомы.

**Химическое соединение** — понятие более широкое, чем «сложное вещество», которое должно состоять из двух и более разных химических элементов. Химическое соединение может состоять и из одного элемента. Это  $O_2$ , графит, алмаз и другие кристаллы без посторонних включений в их решетку в идеальном случае».

Дальнейшее развитие химии и изучение все большего числа соединений приводили химиков к мысли, что наряду с веществами, имеющими определенный состав, существуют еще и соединения переменного состава — бертоллиды. В результате были переосмыслены представления о молекуле в целом. Молекулой, как и прежде, продолжали называть

наименьшую частичку вещества, способную определять его свойства и существовать самостоятельно. Но в XX в. была понята сущность химической связи, которая стала пониматься как вид взаимодействия между атомами и атомно-молекулярными частицами, обусловленный совместным использованием их электронов.

На этой концептуальной основе была разработана стройная атомно-молекулярная теория того времени, которая впоследствии оказалась не в состоянии объяснить многие экспериментальные факты конца XIX — начала XX вв. Картина прояснилась с открытием сложного строения атома, когда стали ясны причины связи атомов, взаимодействующих друг с другом. В частности, химические связи указывают на взаимодействие атомных электрических зарядов, носителями которых оказываются электроны и ядра атомов.

Существуют **ковалентные, полярные, ионные и ионно-ковалентные химические связи**, отличающиеся характером физического взаимодействия частиц между собой. Поэтому теперь под химическим соединением понимают определенное вещество, состоящее из одного или нескольких химических элементов, атомы которых за счет взаимодействия друг с другом объединены в частицу, обладающую устойчивой структурой: молекулу, комплекс, монокристалл или иной агрегат.

Осуществляют химические связи между атомами электроны, расположенные на внешней оболочке и связанные с ядром наименее прочно. Их назвали валентными электронами. В зависимости от характера взаимодействия между этими электронами различают ковалентную, ионную и металлическую химические связи.

**Ковалентная связь** осуществляется за счет образования электронных пар, в одинаковой мере принадлежащих обоим атомам.

**Ионная связь** представляет собой электростатическое притяжение между ионами, образованное за счет полного смещения электрической пары к одному из атомов.

**Металлическая связь** — это связь между положительными ионами в кристаллах атомов металлов, образующаяся за счет притяжения электронов, но перемещающаяся по кристаллу в свободном виде.

Химическая связь является таким взаимодействием, которое связывает отдельные атомы в более сложные образования, в молекулы, ионы, кристаллы, т.е. в те структурные уровни организации материи, которые изучает химическая наука. Химическую связь объясняют взаимодействием электрических полей, образующихся между электронами и ядрами атомов в процессе химических преобразований. Прочность химической связи зависит от энергии связи.

Основываясь на законах термодинамики, химия определяет возможность того или иного процесса, условия его осуществления, внутреннюю энергию. «Внутренняя энергия — это общий запас энергии системы, который складывается из энергии движения и взаимодействия молекул, энергии движения и взаимодействия ядер и электронов в атомах, в молекулах и т.п.»

#### 5.2.2. Второй уровень химического знания. Структурная химия

Многочисленные эксперименты по изучению свойств химических элементов в первой половине XIX в. привели ученых к убеждению, что свойства веществ и их качественное разнообразие обусловлены не только составом элементов, но и структурой их молекул. К этому времени в химическом производстве стала преобладать переработка огромных масс вещества растительного и животного происхождения. Их качественное разнообразие потрясюще велико — сотни тысяч химических соединений, состав которых крайне однообразен, так как они состоят из нескольких элементов-органогенов (углерода, водорода, кислорода, серы, азота, фосфора).

Наука считает, что только эти шесть элементов составляют основу живых систем, из-за чего они получили название органогенов. Весовая доля этих элементов в живом организме составляет 97,4%. Кроме того, в состав биологически важных компонентов живых систем входят еще 12 элементов: натрий, калий, кальций, магний, железо, цинк, кремний, алюминий, хлор, медь, кобальт, бор.

Особая роль отведена природой углероду. Этот элемент способен организовать связи с элементами, противостоящими друг другу, и удерживать их внутри себя. Атомы углерода образуют почти все типы химических связей. На основе шести органоенов и еще около 20 других элементов природа создала около 8 млн. различных химических соединений, обнаруженных к настоящему времени. 96% из них приходится на органические соединения.

Объяснение необычайно широкому разнообразию органических соединений при столь бедном элементном составе было найдено в явлениях изомерии и полимерии. Так было положено начало второму уровню развития химических знаний, который получил название структурной химии.

**Структура** — это устойчивая упорядоченность качественно неизменной системы (молекулы). Под данное определение подпадают все структуры, которые исследуются в химии: квантово-механические, основанные на понятиях валентности и химического сродства, и др.

Она стала более высоким уровнем по отношению к учению о составе вещества, включив его в себя. При этом химия из преимущественно аналитической науки превратилась в синтетическую. Главным достижением этого этапа развития химии стало установление связи между структурой молекул и реакционной способностью веществ.

Термин «структурная химия» условен. В нем подразумевается такой уровень химических знаний, при котором, комбинируя атомы различных химических элементов, можно создать структурные формулы любого химического соединения. Возникновение структурной химии означало, что появилась возможность для целенаправленного качественного преобразования веществ, для создания схемы синтеза любых химических соединений, в том числе и ранее неизвестных.

Основы структурной химии были заложены Дж. Дальтоном, который показал, что любое химическое вещество представляет собой совокупность молекул, состоящих из определенного количества атомов одного, двух или трех химических элементов. Затем И.-Я. Берцелиус выдвинул идею, что молекула представляет собой не простое нагромождение атомов, а определенную упорядоченную структуру атомов, связанных между собой электростатическими силами.

Важнейшим шагом в развитии структурной химии стало появление теории химического строения органических соединений русского химика А.М. Бутлерова, который считал, что образование молекул из атомов происходит за счет замыкания свободных единиц сродства, но при этом он указывал на то, с какой энергией (большей или меньшей) это сродство связывает вещества между собой. Иными словами, Бутлеров впервые в истории химии обратил внимание на энергетическую неравноценность разных химических связей. Эта теория позволила строить структурные формулы любого химического соединения, так как показывала взаимное влияние атомов в структуре молекулы, а через это объясняла химическую активность одних веществ и пассивность других.

В XX в. структурная химия получила дальнейшее развитие. В частности, было уточнено понятие структуры, под которой стали понимать устойчивую упорядоченность качественно неизменной системы. Также было введено понятие атомной структуры — устойчивой совокупности ядра и окружающих его электронов, находящихся в электромагнитном взаимодействии друг с другом, — и молекулярной структуры — сочетания ограниченного числа атомов, имеющих закономерное расположение в пространстве и связанных друг с другом химической связью с помощью валентных электронов.

Однако дальнейшее развитие химической науки и основанного на ее достижениях производства показали более точно возможности и пределы структурной химии.

Например, многие реакции органического синтеза на основе структурной химии давали очень низкие выходы необходимого продукта и большие отходы в виде побочных продуктов. Вследствие этого их нельзя было использовать в промышленном масштабе.

Структурная химия неорганических соединений ищет пути получения кристаллов для



производства высокопрочных материалов с заданными свойствами, обладающих термостойкостью, сопротивлением агрессивной среде и другими качествами, предъявляемыми современным уровнем развития науки и техники. Решение этих вопросов наталкивается на различные препятствия. Выращивание, например, некоторых кристаллов требует исключения условий гравитации. Поэтому такие кристаллы выращивают в космосе, на орбитальных станциях.

### 5.2.3. Третий уровень химического знания. Учение о химических процессах

Учение о химических процессах — область науки, в которой осуществлена наиболее глубокая интеграция физики, химии и биологии. В основе этого учения находятся химическая термодинамика и кинетика, поэтому оно в равной степени принадлежит физике и химии. Одним из основоположников этого научного направления стал русский химик Н.Н. Семенов, основатель химической физики.

Учение о химических процессах базируется на идее, что способность к взаимодействию различных химических реагентов определяется кроме всего прочего и условиями протекания химических реакций, которые могут оказывать воздействие на характер и результаты этих реакций.

Важнейшей задачей химиков становится умение управлять химическими процессами, добиваясь нужных результатов. В самом общем виде методы управления химическими процессами можно подразделить на термодинамические (влияют на смещение химического равновесия реакции) и кинетические (влияют на скорость протекания химической реакции).

Для управления химическими процессами разработаны термодинамический и кинетический методы.

Французский химик А. Ле Шателье в конце XIX в. сформулировал принцип подвижного равновесия, обеспечив химиков методами смещения равновесия в сторону образования целевых продуктов. Эти методы управления и получили название термодинамических. Каждая химическая реакция в принципе обратима, но на практике равновесие смещается в ту или иную сторону. Это зависит как от природы реагентов, так и от условий процесса.

Термодинамические методы преимущественно влияют на направление химических процессов, а не на их скорость.

Скоростью химических процессов управляет **химическая кинетика**, в которой изучается зависимость протекания химических процессов от строения исходных реагентов, их концентрации, наличия в реакторе катализаторов и других добавок, способов смешения реагентов, материала и конструкции реактора и т. п.

**Химическая кинетика.** Объясняет качественные и количественные изменения в химических процессах и выявляет механизм реакции. Реакции проходят, как правило, ряд последовательных стадий, которые составляют полную реакцию. Скорость реакции зависит от условий протекания и природы веществ, вступивших в нее. К ним относятся концентрация, температура и присутствие катализаторов. Описывая химическую реакцию, ученые скрупулезно отмечают все условия ее протекания, поскольку в других условиях и при иных физических состояниях веществ эффект будет разным.

Задача исследования химических реакций является очень сложной. Ведь практически все химические реакции представляют собой отнюдь не простое взаимодействие исходных реагентов, а сложные цепи последовательных стадий, где реагенты взаимодействуют не только друг с другом, но и со стенками реактора, могущими как катализировать (ускорять), так и ингибировать (замедлять) процесс.

**Катализ** — ускорение химической реакции в присутствии особых веществ — катализаторов, которые взаимодействуют с реагентами, но в реакции не расходуются и не входят в конечный состав продуктов. Он был открыт в 1812 г. российским химиком К. Г. С. Кирхгофом.

Сущность катализа сводится к следующему:

- 1) активная молекула реагента достигается за счет их неполновалентного взаимодействия с веществом катализатора и состоит в расслаблении химических связей реагента;
- 2) в общем случае любую каталитическую реакцию можно представить проходящей через промежуточный комплекс, в котором происходит перераспределение расслабленных (неполновалентных) химических связей.

Каталитические процессы различаются по своей физической и химической природе на следующие типы:

- **гетерогенный катализ** — химическая реакция взаимодействия жидких или газообразных реагентов на поверхности твердого катализатора;
- **гомогенный катализ** — химическая реакция в газовой смеси или в жидкости, где растворены катализатор и реагенты;
- **электрокатализ** — реакция на поверхности электрода в контакте с раствором и под действием электрического тока;
- **фотокатализ** — реакция на поверхности твердого тела или в жидком растворе, стимулируется энергией поглощенного излучения.

Применение катализаторов изменило всю химическую промышленность. Катализ необходим при производстве маргарина, многих пищевых продуктов, а также средств защиты растений. Почти вся промышленность основной химии (60-80 %) основаны на каталитических процессах. Химики не без основания говорят, что некаталитических процессов вообще не существует, поскольку все они протекают в реакторах, материал стенок которых служит своеобразным катализатором.

С участием катализаторов скорость некоторых реакций возрастает в 10 млрд. раз. Есть катализаторы, позволяющие не просто контролировать состав конечного продукта, но и способствующие образованию молекул определенной формы, что сильно влияет на физические свойства продукта (твердость, пластичность).

В современных условиях одно из важнейших направлений развития учения о химических процессах — создание методов управления этими процессами. Поэтому сегодня химическая наука занимается разработкой таких проблем, как химия плазмы, радиационная химия, химия высоких давлений и температур.

**Химия плазмы** изучает химические процессы в низкотемпературной плазме при 1000-10 000 °С. Такие процессы характеризуются возбужденным состоянием частиц, столкновением молекул с заряженными частицами и очень высокими скоростями химических реакций. В плазмохимических процессах скорость перераспределения химических связей очень высока, поэтому они очень производительны.

Одним из самых молодых направлений в исследовании химических процессов является **радиационная химия**, которая зародилась во второй половине XX в. Предметом ее разработок — стали превращения самых разнообразных веществ под воздействием ионизирующих излучений. Источниками ионизирующего излучения служат рентгеновские установки, ускорители заряженных частиц, ядерные реакторы, радиоактивные изотопы. В результате радиационно-химических реакций вещества получают повышенную термостойкость и твердость.

Еще одна область развития учения о химических процессах — химия высоких и сверхвысоких давлений. Химические превращения веществ при давлениях выше 100 атм. относятся к химии высоких давлений, а при давлениях выше 1000 атм. — к химии сверхвысоких давлений.

При высоком давлении сближаются и деформируются электронные оболочки атомов, что ведет к повышению реакционной способности веществ. При давлении 102-103 атм. исчезает различие между жидкой и газовой фазами, а при 103-105 атм. — между твердой и жидкой фазами. При высоком давлении сильно меняются физические и химические

свойства вещества. Например, при давлении 20 000 атм. металл становится эластичным, как каучук.

Химические процессы представляют собой сложнейшее явление как в неживой, так и в живой природе. Эти процессы изучают химия, физика и биология. Перед химической наукой стоит принципиальная задача — научиться управлять химическими процессами. Дело в том, что некоторые процессы не удастся осуществить, хотя в принципе они осуществимы, другие трудно остановить — реакции горения, взрывы, а часть из них трудноуправляема, поскольку они самопроизвольно создают массу побочных продуктов.

#### 5.4.4. Четвертый уровень химического знания.

Эволюционная химия зародилась в 1950 — 1960 гг. В основе эволюционной химии лежат процессы **биокатализа, ферментологии**; ориентирована она главным образом на исследование молекулярного уровня живого, что основой живого является **биокатализ**, т.е. присутствие различных природных веществ в химической реакции, способных управлять ею, замедляя или ускоряя ее протекание. Эти катализаторы в живых системах определены самой природой, что и служит идеалом для многих химиков.

Идея концептуального представления о ведущей роли ферментов, биорегуляторов в процессе жизнедеятельности, предложенная французским естествоиспытателем Луи Пастером в XIX веке, остается основополагающей и сегодня. Чрезвычайно плодотворным с этой точки зрения является исследование ферментов и раскрытие тонких механизмов их действия.

**Ферменты** — это белковые молекулы, синтезируемые живыми клетками. В каждой клетке имеются сотни различных ферментов. С их помощью осуществляются многочисленные химические реакции, которые благодаря каталитическому действию ферментов могут идти с большой скоростью при температурах, подходящих для данного организма, т.е. в пределах примерно от 5 до 40 градусов. Можно сказать, что *ферменты — это биологические катализаторы*.

В основе эволюционной химии принцип использования таких условий, которые приводят к самосовершенствованию катализаторов химических реакций, т. е. к самоорганизации химических систем.

В эволюционной химии существенное место отводится проблеме «самоорганизации» систем. Теория самоорганизации «отражает законы такого существования динамических систем, которое сопровождается их восхождением на все более высокие уровни сложности в системной упорядоченности, или материальной организации». В сущности, речь идет об использовании химического опыта живой природы. Это своеобразная биологизация химии. Химический реактор предстает как некое подобие живой системы, для которой характерны саморазвитие и определенные черты поведения. Так появилась эволюционная химия как высший уровень развития химического знания.

Под эволюционными проблемами понимают проблемы самопроизвольного синтеза новых химических соединений (без участия человека). Эти соединения являются более сложными и более высокоорганизованными продуктами по сравнению с исходными веществами. Поэтому эволюционную химию заслуженно считают предбиологией, наукой о самоорганизации и саморазвитии химических систем.

До последней трети XX в. об эволюционной химии ничего не было известно. В отличие от биологов, которые вынуждены были использовать эволюционную теорию Дарвина для объяснения происхождения многочисленных видов растений и животных, химики не интересовались вопросом происхождения вещества, потому что получение любого нового химического соединения всегда было делом рук и разума человека.

Постепенное развитие науки XIX в., приведшее к раскрытию структуры атома и детальному познанию строения и состава клетки, открыло перед химиками и биологами практические возможности совместной работы над химическими проблемами учения о клетке. Для освоения опыта живой природы и реализации полученных знания в промышленности химики наметили ряд перспективных путей.

Во-первых, ведутся исследования в области металлокомплексного катализа, который обогащается приемами, используемыми живыми организмами в реакциях с участием ферментов (биокатализаторов).

Во-вторых, ученые пытаются моделировать биокатализаторы. Уже удалось создать модели многих ферментов, которые извлекаются из живой клетки и используются в химических реакциях. Но проблема осложняется тем, что ферменты, устойчивые внутри клетки, вне нее быстро разрушаются.

В-третьих, развивается химия иммобилизованных систем, благодаря которой биокатализаторы стали стабильными, устойчивыми в химических реакциях, появилась возможность их многократного использования.

В-четвертых, химики пытаются освоить и использовать весь опыт живой природы. Это позволит ученым создать полные аналоги живых систем, в которых будут синтезироваться самые разнообразные вещества. Таким образом, будут созданы принципиально новые химические технологии.

Изучение процессов самоорганизации в химии привело к формированию двух подходов к анализу предбиологических систем: **субстратного** и **функционального**.

*Результатом субстратного подхода* стала информация об отборе химических элементов и структур.

Химикам важно понять, каким образом из минимума химических элементов (основу жизнедеятельности живых организмов составляют 38 химических элементов) и химических соединений (большинство образовано на основе 6—18 элементов) образовались сложнейшие биосистемы.

**Функциональный подход в эволюционной химии.** В рамках этого подхода также изучается роль катализа и выявляются законы, которым подчиняются процессы самоорганизации химических систем.

Роль каталитических процессов усиливалась по мере усложнения состава и структуры химических систем. Именно на этом основании некоторые ученые стали связывать химическую эволюцию с самоорганизацией и саморазвитием каталитических систем.

На основе этих наблюдений профессор МГУ А.П. Руденко выдвинул теорию саморазвития открытых каталитических систем. Очень скоро она была преобразована в общую теорию химической эволюции и биогенеза. В ней решены вопросы о движущих силах и механизмах эволюционного процесса, т. е. о законах химической эволюции, об отборе элементов и структур и их причинной обусловленности, о высоте химической организации и иерархии химических систем как следствии эволюции.

Сущность этой теории состоит в том, что эволюционирующим веществом являются катализаторы, а не молекулы. При катализе идет реакция химического взаимодействия катализатора с реагентами с образованием при этом промежуточных комплексов со свойствами переходного состояния. Именно такой комплекс Руденко назвал элементарной каталитической системой. Если в ходе реакции идет постоянный приток извне новых реактивов, отвод готовой продукции, а также выполняются некоторые дополнительные условия, реакция может идти неограниченно долго, находясь на одном и том же стационарном уровне. Такие многократно возобновляемые комплексы являются элементарными открытыми каталитическими системами.

Саморазвитие, самоорганизация и самоусложнение каталитических систем происходят за счет постоянного притока трансформируемой энергии. А так как основным источником энергии является базисная реакция, то максимальное эволюционное преимущество получают каталитические системы, развивающиеся на базе экзотермических реакций. Таким образом, реакция является не только источником энергии, но и орудием отбора наиболее прогрессивных эволюционных изменений катализаторов.

Тем самым Руденко сформулировал основной закон химической эволюции, согласно которому с наибольшей скоростью и вероятностью реализуются те пути эволюционных изменений катализаторов, которые связаны с ростом их абсолютной каталитической

активности. При этом по параметру абсолютной каталитической активности складываются механизмы конкуренции и естественного отбора.

Теория саморазвития каталитических систем дает следующие возможности: выявлять этапы химической эволюции и на этой основе классифицировать катализаторы по уровню их организации; использовать принципиально новый метод изучения катализа; дать конкретную характеристику пределов в химической эволюции и перехода от химогенеза (химического становления) к биогенезу, связанного с преодолением второго кинетического предела саморазвития каталитических систем.

Набирает теоретический и практический потенциал новейшее направление, расширяющее представление об эволюции химических систем, — нестационарная кинетика.

Развитие химических знаний позволяет надеяться на разрешение многих проблем, которые встали перед человечеством в результате его наукоемкой и энергоемкой практической деятельности.

Химическая наука на ее высшем эволюционном уровне углубляет представления о мире. Концепции эволюционной химии, в том числе о химической эволюции на Земле, о самоорганизации и самосовершенствовании химических процессов, о переходе от химической эволюции к биогенезу, являются убедительным аргументом, подтверждающим научное понимание происхождения жизни во Вселенной.

Химическая эволюция на Земле создала все предпосылки для появления живого из неживой природы.

Жизнь во всем ее многообразии возникла на Земле самопроизвольно из неживой материи, она сохранилась и функционирует уже миллиарды лет.

Жизнь полностью зависит от сохранения соответствующих условий ее функционирования. А это во многом зависит от самого человека.

### **Вопросы к лекции:**

1. Дайте определение материи.
2. Что такое редукционизм в интерпретации химической реальности?
3. Что такое антиредукционизм в интерпретации химической реальности?
4. В чем проявляется химическая форма движения материи?
5. Возможна ли химическая форма пространства и времени?
6. Каковы тенденции развития химии в XXI в. и их мировоззренческий смысл?
7. Какое влияние оказывает химия на глобальные проблемы современности?
8. Какой противоречивый характер имеют последствия применения в человеческой деятельности химических заменителей природных материалов?

### **Литература:**

1. История и философия науки : учебное пособие для вузов / Н. В. Бряник, О. Н. Томюк, Е. П. Стародубцева, Л. Д. Ламберов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 290 с.
2. *Ивин, А. А.* Философия науки в 2 ч. Часть 1 : учебник для вузов / А. А. Ивин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 287 с.
3. *Ивин, А. А.* Философия науки в 2 ч. Часть 2 : учебник для вузов / А. А. Ивин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 244 с.
4. История и философия науки : учебник для вузов / А. С. Мамзин [и др.] ; под общей редакцией А. С. Мамзина, Е. Ю. Сиверцева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 360 с.
5. Философия науки : учебник для вузов / А. И. Липкин [и др.] ; под редакцией А. И. Липкина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020.
6. *Ушаков, Е. В.* Философия и методология науки : учебник и практикум для вузов / Е. В. Ушаков. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 392 с.
7. Бессонов, Б. Н. История и философия науки : учебное пособие для вузов / Б. Н. Бессонов. — 2-е изд., доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 293 с.
8. *Лебедев, С. А.* Философия науки : учебное пособие для магистров / С. А. Лебедев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2015. — 296 с.