

Капин Артем Витальевич

**Общая и неорганическая
химия**

**Москва
Издательство Нобель Пресс**

УДК 54
ББК 24
К20

К20 **Капин Артем Витальевич**
Общая и неорганическая химия / Капин Артем Витальевич – М.: Lennex Corp,
— Подготовка макета: Издательство Нобель Пресс, 2013. – 680 с.

ISBN 978-5-518-56051-2

ISBN 978-5-518-56051-2

© Издательство Нобель Пресс, 2013
© Капин Артем Витальевич, 2013

Глава I. Химия как наука

§ 1. Предмет химии

Химия – это наука о веществах, их превращениях друг в друга, о методах и способах управления этими превращениями.

Человек всегда, так или иначе, имел дело с химическими веществами, поскольку они окружают нас везде. Но первые химические эксперименты человека были примитивными. Это в первую очередь добыча огня и приготовление пищи. В те времена человеку разумному и в дальнейшем более развитым формам древних людей было важно лишь практическое применение химии, а именно только для жизни, питания, создания примитивной одежды.

В самом начале развития цивилизации множество практических знаний из области химии уже было накоплено. Было много знаний о лекарствах и ядах, люди научились готовить и использовать краски и эмали. В дальнейшем появилась парфюмерия. Большой вклад в развитие химии внесло появление различных ремесел: гончарство, стеклоделие, металлургия. Однако химические знания скрывались жрецами и лишь немногие знали на чем основаны техники производства многих ремесел. Постепенно знания о химической природе веществ проникали во многие страны мира. В Египте научились получать серебро, железо, свинец, бронзу. Но самое главное для этого времени то, что в мире начали появляться теоретические находки в области химии. В Месопотамии появилась теория о противоположностях, из которых состоит весь наш мир: холод - тепло, вода - огонь, свет – тьма. В Китае была теория об основных элементах, из которых состоит все: Земля, Огонь, Вода, Золото и Дерево. В Греции известные ученые Демокрит и Левкипп вывели теорию о строении вещества из атомов.

С раннего Средневековья появляется алхимия, объектами изучения которой были в основном металлы. К каждому из семи известных в то время металлов алхимики отнесли планеты и другие космические объекты: Юпитер – олово, Венера – медь, Марс – железо,

Меркурий – ртуть, Солнце – золото, Луна – серебро, Сатурн – свинец. Для людей греческий бог Гермес стал покровителем химии, а в Египте – бог Тот. Центром алхимии в те времена считали Александрию. Базировалась алхимия на учении Аристотеля о четырех элементах, из которых появилось все, что нас окружает. Его теория о превращении одних веществ в другие побудила алхимиков на различные эксперименты в первую очередь для получения драгоценных и в то время металлов, а именно серебра и золота. Но из-за необразованности и незнания людей о сути алхимии стали говорить о мистической природе занятий алхимиков. Народ стал думать, что они занимаются магией и чародейством. И уже в начале XIV века папа римский положил начало «охоте на ведьм», направленной на алхимиков. В Италии официально запретили алхимию, а различную литературу по получению металлов сжигали. А на Арабском Востоке появляется новая теория о философском камне, который мог, по словам алхимиков, превратить любой металл в золото, дать бессмертие и исцелить любую болезнь.

В эпоху Возрождения алхимия все больше акцентируется на медицине и металлургии. Значительный вклад в это время вносит Парацельс, который изучает свойства человеческого тела и изучает физические и химические свойства многих веществ. Однако многие короли тех времен начали заводить своих придворных алхимиков с целью получения золота. Упадок алхимии начинается с XVI века, хотя многие идеи алхимии оставались во внимании еще три века. Благодаря развитию алхимии были известны ртуть, фосфор, сера, азотная кислота HNO_3 , щелочь $NaOH$ и многие соли. Алхимия дала толчок к развитию современной химии, поэтому значение ее неоспоримо.

В XVI-XVII веках химия определилась как самостоятельная наука. В 1741 году Михаил Васильевич Ломоносов дает одно из первых определений химии:

«Химия — наука об изменениях, происходящих в смешанном теле, поскольку оно смешанное. ...Не сомневаюсь, что найдутся многие, которым это определение покажется неполным, будут сетовать на отсутствие начал разделения, соединения, очищения и других выражений, которыми наполнены почти все химические книги; но те, кто проницательнее, легко усмотрят, что упомянутые выражения, которыми

весьма многие писатели по химии имеют обыкновение обременять без надобности свои исследования, могут быть охвачены одним словом: смешанное тело. В самом деле, обладающий знанием смешанного тела может объяснить все возможные изменения его, и в том числе разделение, соединение и т. д.»

В первую очередь начала формироваться неорганическая химия, которую в те времена называли минеральной. Основой неорганической химии стал Периодический закон Дмитрия Ивановича Менделеева, который очень сильно продвинул химию и сделал множество важных открытий. Одним из самых важных вкладов стало создание Периодической таблицы химических элементов. Тем самым он показал зависимость химических элементов от их атомных масс. Несмотря на то, что этому закону уже более 100 лет, он по-прежнему является самым важнейшим инструментом для объяснения свойств и реакций химических элементов и веществ. Периодическая система химических элементов изображена во всех учебниках химии и знакома практически каждому человеку. Предпринималось много попыток создать новую, более совершенную форму таблицы. Многие ученые годами бились над этим вопросом, пытаясь создать новые варианты. В научной литературе описано около 700 различных вариаций периодической системы. Были найдены круговые, треугольные и спиральные варианты, а также трехмерные модификации в виде этажерки, цилиндра, платформы с двумя башнями, объемной спирали, взаимопересекающихся плоскостей и т. д. Но самый распространенный на сегодня вариант близок к тому, который в свое время предложил Д. И. Менделеев.

Отдельной областью химии стал раздел, который называли органическая химия, которая занималась изучением разнообразных соединений углерода. На стыке неорганической и органической химии появляются различные науки.

Важную роль в развитии химии сыграли открытия XIX века. Исследование тонкой структуры эмиссионных спектров и спектров поглощения натолкнуло учёных на мысль о их связи со строением атомов веществ, которые до этого считались неделимыми. В 1911 году Резерфорд доказал существование атомных ядер, благодаря чему появились новые представления об электрической природе химических

сил. Также были открыты рентгеновские лучи, электрон, явление радиоактивности. Накапливаются данные о химической эволюции вещества, что дает информацию об общей картине эволюции природы.

В середине XX века химия делает огромный скачок благодаря взаимодействию с математикой и физикой. Развитие технологий позволило применять новейшую вычислительную быстродействующую технику для расчетов и обработки данных. Появляется большое число различных химических методов и анализов. Международной организацией, осуществляющей связи между научными химическими центрами различных стран, является Международный союз теоретической и прикладной химии. Научная работа в области химии проводится в институтах и лабораториях академий наук, в отраслевых институтах, а также в лабораториях университетов, технических вузов, промышленных объединений, фирм. В СССР химиков объединяло Всесоюзное химическое общество им. Д. И. Менделеева. Усиление роли химии как науки сопровождается интенсивным развитием фундаментальных, комплексных и прикладных исследований, ускоренной разработкой новых материалов с заранее заданными свойствами, новых технологических процессов. Одной из важнейших черт современного развития производительных сил является химизация народного хозяйства.

Для химии XXI века характерен процесс интеграции с другими науками. Широкое распространение получили рентгеновская, электронная и инфракрасная спектроскопия, магнетохимия и масс-спектрометрия, спектроскопия ЭПР (электронного парамагнитного резонанса) и ЯМР (ядерного магнитного резонанса), рентгеноструктурный анализ и т.п. Сегодня ни одно химическое исследование не обходится без привлечения физических методов, которые позволяют определять состав исследуемых объектов, устанавливать мельчайшие детали строения молекул, отслеживать протекание сложнейших химических процессов. В 2001 году Уильям Ноулз, Риоджи Нойори и Барри Шарплесс получили Нобелевскую премию «За исследования, используемые в фармацевтической промышленности - создание хиральных катализаторов окислительно-восстановительных реакций». В 2002 году Нобелевскую премию по химии получили Джон Фенн и Койчи Танака «За разработку методов идентификации и структурного анализа биологических макромолекул, и, в частности, за разра-

ботку методов масс-спектрометрического анализа биологических макромолекул», а также Курт Вютрих «За разработку применения ЯМР - спектроскопии для определения трехмерной структуры биологических макромолекул в растворе». 2004 год стал плодотворным и Нобелевскую премию получили Аарон Цехановер, Аврам Гершко и Ирвин Роуз «За открытие убиквитин опосредованного разложения белка», а в 2005 году Роберт Граббс, Ричард Шрок и Ив Шовен «За вклад в развитие метода метатезиса в органическом синтезе» также получили Нобелевскую премию.

В 2006 Нобелевская премия по химии присуждена за передачу генетической информации американцу Роджеру Корнбергу, профессору кафедры структурной биологии Стэнфордского университета. Роджер Корнберг удостоился премии "за исследования молекулярных основ транскрипции у эукариот" - первого этапа процесса синтеза белка у животных, растений и грибов. Открытие Роджера Корнберга заключается в описании передачи данных от хранящей наследственную информацию молекулы ДНК молекуле-посреднику, так называемой информационной РНК. Благодаря исследованиям Корнберга стало понятно, как, с химической точки зрения, происходит передача генетической информации из генов к соответствующим структурам клетки, ответственным за синтез белков. Хотя полученные ученым результаты относятся к процессам, происходящим в живых организмах, в пресс-релизе Нобелевского комитета особо подчеркивается, что исследования Корнберга являются достижением в области химии.

Нобелевская премия 2007 года присуждена профессору Института Ф. Габера (Берлин) Герхарду Эртлу «за новаторские исследования в области химии поверхности». Химические реакции на поверхности катализаторов играют определяющую роль во многих промышленных производствах. Химия поверхности объясняет суть многих процессов — от коррозии металла до разрушения озонового слоя (в последнем случае ключевые стадии реакций могут протекать на поверхности маленьких кристаллов льда в стратосфере). Производство полупроводников — другая область, зависящая от информации по особенностям химии поверхности. Эртл был одним из первых исследователей, оценивших потенциал химии поверхности.

В 2008 году Нобелевской премией награждены Осаму Симомура, Мартин Чалфи и Роджер Цянь за открытие и разработку методов использования зеленого флуоресцентного белка. Этот белок широко применяется во всём мире для изучения физиологических процессов на клеточном и организменном уровне, а также экспрессии генов. Ученые нашли и научились использовать вещество, позволяющее наблюдать многие тонкие структуры и сложные процессы в живых клетках и организмах. Премия присуждена «за открытие и разработку методов использования зеленого флуоресцентного белка». Зеленый флуоресцентный белок был выделен из морских медуз. В настоящее время ген этого белка и полученных на его основе других похожих белков, светящихся другими цветами, используют в тысячах исследований — в качестве маркера для веществ и клеток, а также маркера экспрессии определенных генов.

Нобелевская премия по химии 2009 года присуждена троим ученым из Великобритании, США и Израиля «за исследования структуры и функции рибосомы», считывающей информацию с ДНК и синтезирующей белки. Премию разделили между собой Векатраман Рамакришнан из Лаборатории молекулярной биологии в британском Кембридже, Томас Стайц из Йельского университета (США) и Ада Йонат из Института Вейцмана (Израиль). Премия присуждена за исследования, которые являются важными для основных процессов жизнедеятельности. Рибосома считывает информацию, записанную в ДНК, она производит белки, которые, в свою очередь, контролируют химические процессы во всех живых организмах. Так как рибосома имеет решающее значение для жизни, они также являются мишенью для новых антибиотиков.

В 2010 году премия присуждена японцам Акире Сузуки и Эй-ичи Негиши и американскому учёному Ричарду Хеку, занимавшимся реакциями кросс-сочетания, катализируемыми палладием. Они — авторы трех «именных» реакций кросс-сочетания в органическом синтезе, проводимых с помощью палладиевых катализаторов. Продукты этих реакций — сложные органические молекулы — можно найти в самых разных местах, от аптечки до космических аппаратов. Реакции кросс-сочетания — это реакции образования химической связи между двумя атомами углерода, находящимися изначально в разных органических молекулах. В случае простых молекул химии могут ис-

пользовать широкий набор синтетических методик, однако чем сложнее молекула (конечный продукт), тем больше побочных продуктов образуется при ее синтезе, делая его крайне неэффективным. Реакции кросс-сочетания используются чрезвычайно широко не только в лабораторных исследованиях, но и в синтезе коммерческих продуктов — главным образом, сложных химических компонентов фармацевтических препаратов, а также веществ, используемых в микроэлектронике.

Нобелевскую премию «за открытие квазикристаллов» в 2011 году получил Дан Шехтман, израильский химик и физик. В настоящее время известны сотни видов квазикристаллов, имеющих точечную симметрию икосаэдра, а также десяти-, восьми- и двенадцатиугольника. Получение квазикристаллов затрудняется тем, что все они либо метастабильны, либо образуются из расплава, состав которого отличается от состава твердой фазы. В 2012 году Роберт Лефковиц и Брайан Кобилка получили Нобелевскую премию по химии «за исследования рецепторов, сопряженных с G-белками».

Пока единственным российским химиком, который стал лауреатом Нобелевской премии, был академик Николай Семенов, получивший награду в далеком 1956 году за создание теории цепных химических реакций. А вот наш великий ученый Дмитрий Иванович Менделеев так и не удостоился престижной награды.

Современная химия – это фундаментальная система знаний, основанная на богатом экспериментальном материале и теоретических положениях. Химия занимает особое место среди естественных наук. Современная химия способна изучать химические реакции с участием отдельных молекул, обладающих строго определенной энергией. Пользуясь этим, можно управлять течением химических реакций, подавая энергию в определенные участки молекулы. Управление химическими процессами на молекулярном уровне - одна из основных особенностей современной химии. На сегодняшний день известно более 20 миллионов химических веществ. Часть из них встречается в природе. Однако большинство химических веществ ранее вообще не существовало. Они были получены человеком в химических лабораториях. В этом состоит уникальность химии: она не довольствуется тем, что дано природой, а постоянно создает для себя все новые и новые объекты исследований.

Современная химия настолько разнообразна как по объектам, так и по методам их исследования, что многие ее разделы представляют собой самостоятельные науки. Взаимодействие химии и физики дало сразу две науки: физическую химию и химическую физику, причем эти науки, несмотря на сходство названий, изучают совершенно разные объекты. Физическая химия исследует вещества, состоящие из большого числа атомов и молекул, с помощью физических методов и на основе законов физики. Химическая физика основной упор делает на физическом исследовании элементарных химических процессов и строения молекул, ее предметом являются отдельные частицы вещества.

Дальнейшее развитие химии предусматривает помимо всего прочего разработку экологически безопасных аналогов для применяемых сегодня технологий, которые негативно влияют на окружающую среду.

▣ Контрольные вопросы:

1. Что такое химия?
2. Какие зачатки химии проявлялись в древние времена?
3. Чем характерно для развития химии Средневековье?
4. Как развивалась химия в эпоху Возрождения?
5. Что такое алхимия?
6. В чем разница между химией и алхимией?
7. Как католическая церковь реагировала на алхимиков?
8. Какие изменения в развитии химии произошли в XVI-XVII веках?
9. Какие изменения в развитии химии произошли в XVIII-XIX веках?
10. Какие изменения в развитии химии произошли в XX веке?
11. Какие изменения в развитии химии произошли в XXI веке?
12. Какой вклад в развитие химии внес Д.И. Менделеев?
13. Каких ученых можно выделить, рассматривая историческое развитие химии?
14. Чем отличается современная химия?

§ 2. Структура химии

В первую очередь выделяют два основных направления химии: органическую и неорганическую.

Неорганическая химия – это раздел химии, изучающий строение, свойства и реакционные особенности всех химических элементов и их неорганических соединений. Неорганическая химия изучает химические элементы и образуемые ими простые и сложные вещества (кроме органических соединений). Обеспечивает создание материалов новейшей техники. Число известных на 2013 год неорганических веществ приближается к 400 тысячам. Теоретическим фундаментом неорганической химии является периодический закон и основанная на нём периодическая система Д. И. Менделеева. Основные задачи современной неорганической химии: изучение строения, свойств и химических реакций простых веществ и соединений, взаимосвязи строения со свойствами и реакционной способностью веществ, разработка методов синтеза и глубокой очистки веществ, общих методов получения неорганических материалов. Важнейшая задача неорганической химии состоит в разработке и научном обосновании способов создания новых материалов с нужными для современной техники свойствами. Важнейшие разделы неорганической химии - теоретическая, синтетическая и прикладная неорганическая химия. По изучаемым объектам ее подразделяют на химию отдельных элементов, химию групп элементов в составе периодической системы (химия щелочных металлов, щелочноземельных элементов, галогенов, халькогенов), химию определенных соединений тех или иных элементов (химия силикатов, пероксидных соединений), химию элементов, объединенных в группы по исторически сложившимся признакам (например, химия редких элементов), химию близких по свойствам и применению веществ (химия тугоплавких веществ, интерметаллидов, полупроводников, энергонасыщенных соединений, благородных металлов, неорганических полимеров). Самостоятельный раздел неорганической химии - координационная химия, или химия координационных соединений. Нередко обособляют химию переходных элементов. Как и многие другие химические науки, неорганическая химия неразрывно связана с физической химией.

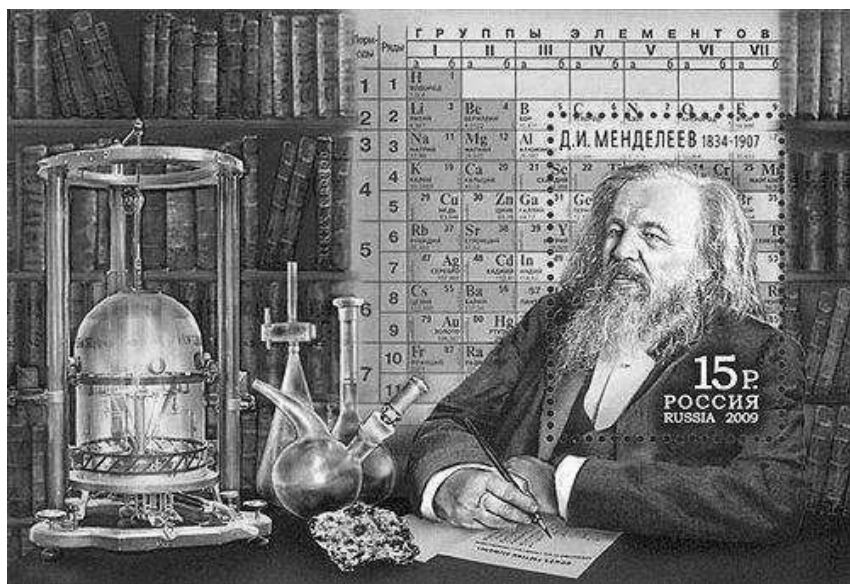


Рис. 1. Почтовая марка России, 2009: Периодическая система Д. И. Менделеева, 1871 год.

Возрастает роль неорганической химии в решении проблем охраны окружающей среды и рационального природопользования. Все более глубоко и полно исследуется поведение различных веществ в природе, природные круговороты веществ, влияние хозяйственной деятельности человека на эти процессы. Разрабатываются новые технологические процессы, позволяющие снизить уровень нарушения экологического равновесия в природе, сохранить природные ландшафты при добыче и переработке полезных ископаемых (например, в результате применения подземного выщелачивания). Решаются задачи резкого уменьшения потребления воды в промышленности, снижения количества отходов, повышения комплексности использования минерального сырья, более полного использования вторичных ресурсов.

Методы неорганической химии и химической технологии применяются для ликвидации вредных выбросов в различных отраслях производства (например, в энергетике при сжигании угля), для превращения отходов других отраслей в полезные продукты. Примерами