

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра культурологии

А.В. ЗАХАРОВА-СОЛОВЬЕВА

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ ХИМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2006

УДК 50:54(07)
ББК 24я7
3 38

Рецензент
Кандидат философских наук, доцент В.А. Любичанковский

Захарова-Соловьева, А.В.
3 38 **Концепции современного естествознания. Химические системы: методические указания / А.В. Захарова-Соловьева. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2006.-45 с.**

Методические указания предназначены для студентов гуманитарных и экономических специальностей очного, очно-заочного и заочного отделений. Оно включает разработку темы «Химические системы» по предмету «Концепции современного естествознания», предусматривает знакомство студентов с содержанием программного курса «Концепции современного естествознания».

ББК 24 я 7

3 _____

©Захарова-Соловьева, 2007

©ГОУ ОГУ, 2007

Содержание

Введение.....	6
1 Учение о составе вещества.....	7
1.1 Химический элемент.....	7
1.2 Химическое соединение.....	9
1.3 Химические связи.....	10
2 Химические процессы.....	19
3 Структурная химия.....	32
4 Эволюционные проблемы в химии.....	35
5 Химическая экология.....	40
6 Контрольные вопросы.....	41
7 Тестовые задания.....	42
8 Список использованных источников.....	47

Введение

Химия – наука о веществах, их свойствах, строении и взаимных превращениях.

Исторически химия возникла для получения человеком веществ, необходимых для его жизнедеятельности. Для решения этой задачи необходимо было научиться производить из одних веществ другие, т.е. осуществить качественное их превращение. А поскольку качество - есть совокупность свойств веществ, то следовало узнать, от чего зависят эти свойства. Это послужило причиной появления теоретической химии.

Предмет химии – химические элементы и их соединения, а также закономерности, которым подчиняются различные химические реакции.

Химические реакции – это процессы образования из простых по составу веществ более сложных, переход одних сложных веществ в другие и разложение сложных веществ на более простые по составу веществ.

Современная химия занимается получением веществ с заданным свойством и выявлением способов управления свойствами вещества. В этом заключается основная проблема химии и системообразующее начало ее как науки.

Химию принято подразделять на пять разделов: неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, аналитическая химия и химия высокомолекулярных соединений. Важнейшие особенности современной химии.

1. Дифференциация главных разделов химии на самостоятельные научные дисциплины, основанная на различии объектов и методов исследования.
2. Интеграция химии с другими науками. В результате этого процесса возникли биохимия, биоорганическая химия и молекулярная биология, изучающие химические процессы в живых организмах.
3. Появление новых, главным образом физико-химических и физических методов исследования.

Неотъемлемая черта теоретической и экспериментальной химии - применение новейшей быстродействующей вычислительной техники для квантово-химических расчетов, выявления кинетических закономерностей, расчета структуры и свойств сложных молекул.

Современную картину химических знаний объясняют с позиций четырех концептуальных систем, которые схематично можно представить следующим образом.

1. Учение о составе вещества
2. Структурная химия
3. Учение о химических процессах
4. Эволюционная химия.

1 Учение о составе вещества

Учение о составе вещества охватывает три основные направления:

- анализ состава химического элемента;
- определение состава химического соединения;
- применение все большего числа химических элементов для производства новых материалов.

1.1 Химический элемент

Понятие "химический элемент" является одним из основных понятий химии. Понятие "элемент" в качестве научного термина впервые использовано Р. Бойлем в 1661г. Со времен Бойля элементом считали всякое простое вещество, которое можно получить в результате разложения сложных веществ, но которое не способно к дальнейшему разложению на еще более простые вещества.

Начало XIX в. ознаменовалось открытием новых количественных закономерностей. Разработка атомно-молекулярной теории позволила Дальтону высказать атомную гипотезу и ввести в химию понятие об относительном атомном весе элементов и определить атомные веса некоторых элементов. Таким образом, качественное своеобразие химических элементов начинают связывать с количественными - относительной атомной массой.

Атомистическая гипотеза в том виде, как она была дана Дальтоном, не могла внести ничего нового в первое определение элемента. По Дальтону, элемент можно определить как вид атомов, характеризующихся определенным значением атомного веса. По представлению Дальтона, простые вещества всегда состоят из определенного вида атомов, следовательно, простые вещества суть элементы.

Путаница была устранена позже, когда было установлено, что многие простые вещества образованы из молекул, а не из атомов. Впервые Менделеев в связи с этим указал на необходимость ясно различать два понятия: элемент и простое вещество, или простое тело. «Простое тело - это вещество, металл или металлоид, с рядом физических признаков и химических реакций. Ему свойствен частичный вес, содержащий один (как Hg или Cd, а вероятно, и многие другие простые тела) или несколько (S₆, S₂, O₂, Hg, Cl₂ и т. д.) атомов. Оно способно являться в изомерных и полимерных формах (O₂ и O₃, S₂ и S₈) и отличается от сложных тел только тем, что в простом теле все атомы однородны. Под именем элементов должно подразумевать те материальные составные части простых и сложных тел, которые придают им известную совокупность физических и химических свойств. Если простому телу соответствует понятие о частице, то элементу отвечает понятие об атоме. Углерод есть элемент, а уголь, графит и алмаз суть тела простые».

Следовательно, *по Менделееву, химический элемент есть вид атомов, входящих в состав простых и сложных тел, характеризующийся*

определенным значением атомной массы.

Наряду с качественными характеристиками свойств были накоплены сведения о свойствах, которые в отличие от первых подлежат точному измерению, и среди них **атомная масса** элементов и их **валентность**, т. е. способность образовывать различные формы соединений.

Итак, открытие новых элементов и изучение свойств элементов и их соединений, с одной стороны, позволили накопить большой фактический материал, с другой - выявили необходимость его систематизации. Прежде всего, нужно было решить основной вопрос: являются ли химические элементы разрозненными, независимыми или они закономерно связаны между собой в единую систему.

На языке диалектики естественная систематика должна означать раскрытие взаимосвязи между единичным (элемент) и всеобщим (система) через особенное (группа). Решение этой задачи оказалось под силу только такому гению, каким был Менделеев. Оно состояло в открытии периодического закона и разработке периодической системы элементов.

Периодический закон был открыт при поисках классификации химических элементов. Менделеев избирает за основу систематики элементов двойной критерий: атомная масса и химические свойства. Атомная масса - основной решающий признак элемента, средство систематизации, давшее ему возможность превратить хаос накопленных химией фактов и понятий в стройную систему - фундамент современной химии.

Д. И. Менделеев раскрывает содержание периодического закона следующим образом.

- 1.«Элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную периодичность свойств».
- 2.«Величина атомного веса определяет характер элемента, как величина частицы определяет свойства сложного тела». «Оттого, например, соединения S и Te, Cl и Br и т. п. при сходстве представляют и различия весьма ясные».
- 3.«Должно ожидать открытия еще многих неизвестных простых тел».
- 4.«Величина атомного веса элемента иногда может быть исправлена, зная его аналоги».
- 5.«Некоторые аналоги элементов открываются по величине веса их атома».
- 6.«Распространенные в природе простые тела имеют малый атомный вес, а все элементы с малым атомным весом характеризуются разностью свойств. Они поэтому суть типические элементы».

Эти шесть пунктов не только характеризуют содержание закона, но раскрывают его методологическое значение как метода познания и предвидения.

Периодический закон и периодическая система получили свое полное подтверждение и дальнейшее развитие при установлении строения атомов элементов.

Мозли в результате исследования рентгеновских спектров элементов по-

казал, что положительный заряд атома элемента численно равен порядковому номеру в периодической системе. Следовательно, химическая природа элемента определяется не массой (атомным весом), а новой величиной - зарядом ядра или порядковым номером.

Периодически изменяющиеся свойства элементов стали связывать не с величиной атомного веса, а с величиной заряда ядра или порядкового номера.

Периодический закон претерпел некоторую эволюцию. Теперь его формулируют так: свойства элементов являются периодической функцией положительного заряда ядра атомов элементов. В связи с этим претерпели эволюцию и некоторые основные понятия химии, например понятие элемента.

Элемент - это вид атомов с положительным одинаковым зарядом ядра (или занимающих одно и то же место в таблице Менделеева).

К настоящему времени сложилось определенное представление о структуре атома и ядра и о квантово-механических свойствах составляющих их частиц. Раскрыт физический смысл периодического закона и дано квантово-механическое объяснение строения атомов химических элементов периодической системы Менделеева.

Все известные химические элементы в периодической системе образуют 8 вертикальных столбцов- групп, которые состоят из двух подгрупп. Горизонтальные ряды называются периодами, внутри каждого периода наблюдается более или менее равномерный переход от активных металлов через менее активные металлы и слабоактивные неметаллы к очень активным неметаллам, и, наконец, инертным. В некоторых периодах имеются ряды переходных элементов-металлов со сходными химическими свойствами. Структура периодической системы элементов отвечает порядку заполнения электронных оболочек и слоев в атомах, свойствах атомов элементов определяются числом электронов во внешней электронной оболочке.

1.2 Химическое соединение

До недавнего времени химики считали ясным, что следует относить к химическим соединениям, а что - к смесям. Еще в 1800-1808 гг. французский ученый Ж. Пруст (1754-1826) установил закон постоянства состава: *любое индивидуальное химическое соединение обладает строго определенным, неизменным составом, прочным притяжением составных частей (атомов) и тем отличается от смесей.* На основе идеи об атомическом строении вещества этот закон теоретически обосновал в 1800-1810 гг. английский ученый Дж. Дальтон. Он показал, что соединения состоят из атомов двух или нескольких элементов, образующих определенные сочетания друг с другом (закон кратных отношений). В смесях отсутствуют тесные взаимодействия между атомами, которые характерны для соединений.

С конца XIX в. возобновились исследования, подвергавшие сомнению абсолютизацию закона постоянства состава. Результаты исследований показали, что суть проблемы химических соединений состоит не столько в постоянстве или непостоянстве химического состава, сколько в физической природе химических

связей, объединяющих атомы в единую квантово-механическую систему - молекулу. **Химические связи - это обменное взаимодействие электронов, обобщение валентных электронов, «перекрывание электронных шелков».** Молекулой по-прежнему можно называть наименьшую частицу вещества, способную определять его свойства и сосуществовать самостоятельно. Но в число молекул вошли и такие необычные квантово-механические системы, как ионные, атомные и металлические монокристаллы, а также полимеры, образованные за счет водородных связей. Это, конечно, макромолекулы.

Число химических соединений огромно. Они отличаются как составом, так и химическими и физическими свойствами. Но все же **химическое соединение** - качественно определенное вещество то, состоящее из одного или нескольких химических элементов, атомы которых за счет обменного взаимодействия (химической связи) объединены в частицы-молекулы, комплексы, монокристаллы или иные системы. Химические соединения могут состоять как из многих, так и из одного элемента.

Итак, химические соединения образуются за счет химических связей.

1.3 Химические связи

Некоторые взаимодействия атомов друг с другом приводят к образованию молекул или молекулярных соединений (химическая связь). Способность атомов соединяться с другими атомами в определенных соотношениях называется валентностью.

Валентность — это способность атомов образовывать химические связи.

Валентность можно рассматривать, как способность атома отдавать или присоединять определенное число электронов. Номер группы в периодической системе элементов соответствует положительной высшей валентности элемента.

Химическая связь осуществляется путем перехода одного или нескольких электронов одного атома к другому, либо обобществлением электронов группой атомов. Химическая связь обусловлена электромагнитным взаимодействием атомов и подчиняется законам квантовой механики. Устойчивость связи объясняется тем, что энергия образующейся системы (молекулы) становится меньше суммарной энергии свободных атомов. Разность этих энергий представляет собой энергию химической связи. Основы теории химического строения были заложены А.М. Бутлеровым, из которых следовало, что свойства веществ зависят не только от состава, но и от порядка соединения атомов в молекулы.

Существует три основных вида химической связи: ионная, ковалентная и металлическая.

Ковалентная химическая связь возникает при соединении в молекулу нейтральных атомов, валентные электроны которых обобществляются атомами, участвующими во взаимодействии. Этот тип связи получил объясне-

ние только на основе закона квантовой механики. Ковалентная связь является причиной существования молекул простых газов — водорода, хлора, кислорода, азота, а также многих соединений — воды, аммиака и пр. При объединении одинаковых атомов в молекулу электронное облако, осуществляющее ковалентную связь, будет симметрично распределено в пространстве. Такая ковалентная связь называется неполярной. Если же двухатомная молекула состоит из различных атомов, то общее электронное облако будет смещено в сторону одного из атомов. Эта ковалентная связь называется полярной. **Способность атома оттягивать к себе общую пару электронов называется электроотрицательностью.** Наибольшая электроотрицательность характерна для фтора, далее идут кислород, азот, хлор и др.

Итак, ковалентная связь - это связь, возникающая за счет образования общих электронных пар, возникающих при объединении валентных электронов разных атомов. Количество электронов, которое атом может использовать для образования химических связей, определяет валентность элемента. Элементы, имеющие одинаковое максимальное число валентных электронов, образуют группу элементов в периодической системе. При этом номер группы совпадает с максимальным количеством валентных электронов (исключение - азот, кислород, фтор, гелий, неон).

Элементы, имеющие все валентные электроны на внешнем энергетическом уровне, как элементы II и III периода, составляют главную подгруппу. Элементы, у которых валентные электроны расположены на внешнем и частично на предвнешнем энергетическом уровнях, образуют побочную подгруппу.

Есть два механизма образования ковалентной связи. Первый механизм образования ковалентной связи заключается в том, что два не спаренных электрона двух разных атомов образуют общее электронное облако, которое окружает ядра обоих атомов. Графически то можно представить по-разному:

1. С помощью записи внешних электронов в виде точек, окружающих знак элемента.

Например, $H \cdot + \cdot H - H : H$

2. С помощью черточки, которая символизирует общую электронную пару:
 $H - H$

3. С помощью обозначения орбиталей, в которых находятся электроны, идущие на образование химической связи:

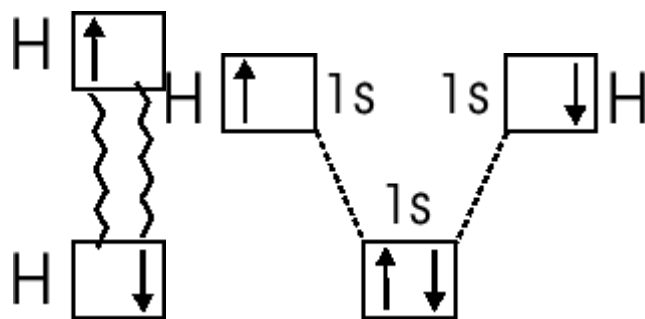


Рисунок 1

Более низкое расположение орбитали с двумя электронами указывает на то, что общее электронное облако имеет меньшую потенциальную энергию. Волнистая линия изображает спаривание электронов.

4. С помощью рисунка, показывающего перекрывание электронных облаков валентных электронов реагирующих атомов:

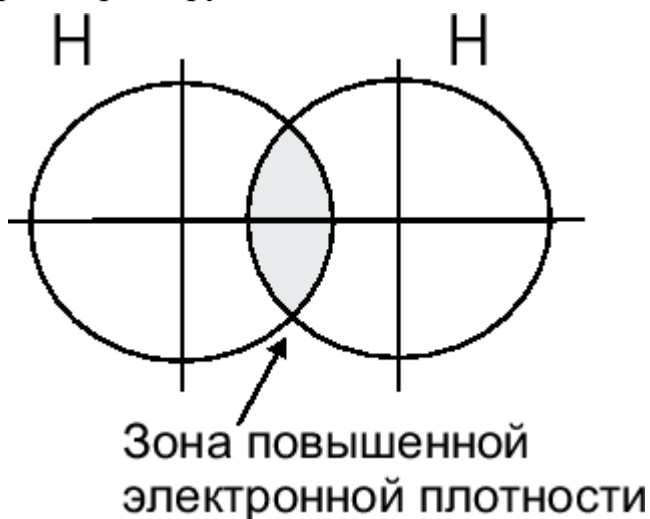


Рисунок 2

Связь между атомами может быть образована и несколькими электронными парами, и при увеличении числа общих электронных пар прочность ее увеличивается.

Так, атом азота имеет 3 не спаренных электрона. Тогда в молекуле N_2 между двумя атомами будет три общих электронных облака:

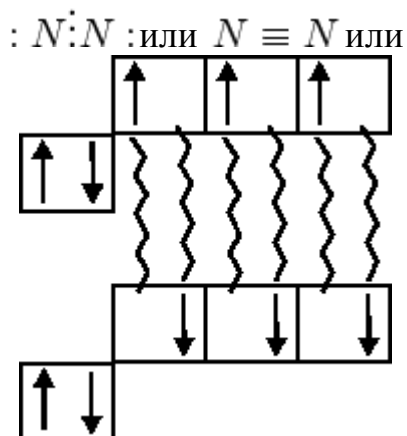


Рисунок 3

При образовании ковалентной связи по 2 механизму один атом предоставляет в общее пользование пару электронов, а другой ``втягивает'' ее в свое электронное облако, если в нем есть свободная орбиталь:



Рисунок 4

Атом, предоставляющий электронную пару, называется донором, а принимающий ее на свою орбиталь - акцептором. Такой механизм образования ковалентной связи называется донорно-акцепторным. Примером возникновения ковалентной связи по донорно-акцепторному механизму является образование иона аммония:



В молекуле аммиака 3 не спаренных электрона азота пошли на образование трех валентных связей с тремя атомами водорода, непоселенная электронная пара 2s явилась донором, а ион водорода (например, из кислоты *HCl*) - акцептором:

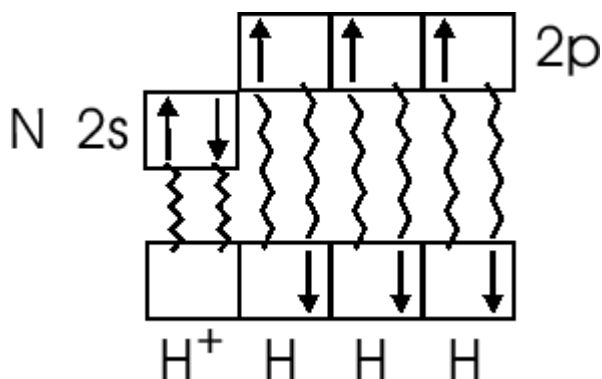


Рисунок 5

Таким образом, в ионе аммония у азота 4 общие электронные пары с 4 атомами водорода, все 4 связи ковалентные, но одна возникла по донорно-акцепторному механизму.

По характеру распределения общего электронного облака относительно ядер двух атомов ковалентную связь делят на неполярную и полярную.

Ковалентной неполярной называется связь, образуемая электронным облаком, симметрично расположенным относительно обоих ядер.

Очевидно, что такие атомы должны иметь одинаковую электроотрицательность, т.е. способность оттягивать на себя электронную плотность. В первую очередь это молекулы типа: A_2 , H_2 , O_2 , Cl_2 и т.д.

При образовании ковалентной полярной связи общее электронное облако смещено и более электроотрицательному атому. Характер изменения электроотрицательности по периодической системе показан в таблице 1.

Таблица 1 Периодичность изменения химических и физических свойств элементов главных подгрупп

Свойство	Изменение	
	в главных подгруппах	в периодах
Металлические свойства	Возрастают ↓	Возрастают ←
Неметаллические свойства	Возрастают ↑	Возрастают →
Высшая валентность по отношению к кислороду	Постоянна	Возрастает I → VII
Валентность по отношению к водороду	Постоянна	Возрастает I → IV ← I
Заряд ядра	Возрастает ↓	Возрастает →
Электроотрицательность	В основном возрастает ↑	Возрастает →
Плотность	В основном возрастает ↓	Возрастает I ← IV → VII
Температура плавления и кипения металлов	В основном возрастает ↑	—
Температура плавления и кипения неметаллов	В основном возрастает ↓	—

Примерами могут служить молекулы водородсодержащих соединений

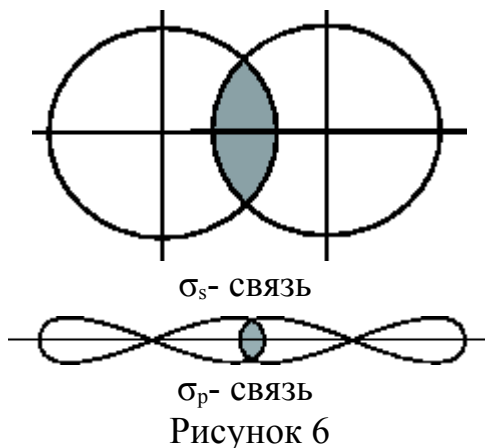
HCl , H_2O , H_2S , NH_3 и молекулы веществ, образуемых атомами элементов, стоящих в соседних главных подгруппах периодической системы Менделеева : CO_2 , NO , PCl_3 и т.д.

Ковалентная связь характеризуется насыщенностью и направленностью.

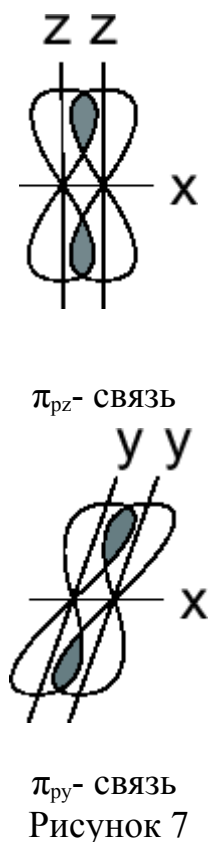
Насыщенность ковалентной связи проявляется в том, что одна орбиталь атома с не спаренным электроном может принимать участие в образовании только одной ковалентной химической связи.

Направленность ковалентной связи обусловлена направленностью в пространстве перекрывающихся атомных орбиталей. При этом перекрывание электронных облаков может осуществляться двумя путями.

1. Если электронные облака перекрываются по линии, соединяющей центры этих облаков, то образующаяся при этом связь называется σ (сигма) - связью. Чем больше перекрывание облаков, тем прочнее связь:



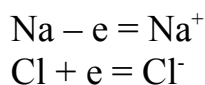
2. Если электронные облака перекрываются по обе стороны от линии, соединяющей центры облаков, то такая связь называется π (пи) связью.



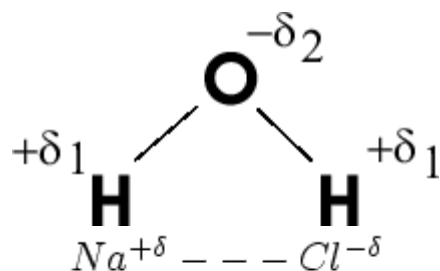
Ионная связь характерна для соединений, молекулы которых представляют собой совокупность положительного и отрицательного ионов. Такие ионы связаны силами электростатического притяжения. Атомы металлов имеют во внешней оболочке, как правило, один, два или три электрона, они легко могут отдать их атому неметалла, у которого для заполнения внешней электронной оболочки не хватает одного, двух или трех электронов. Два атома с заполненными оболочками будут представлять собой довольно устойчивую систему.

Ионная связь - это связь, образованная в результате электростатического взаимодействия разноименно заряженных ионов. Ион - это атом элемента, который из-за своих ярко выраженных металлических или неметаллических свойств имеет иное количество электронов на внешней оболочке, чем нейтральный атом. Например, кристалл хлорида натрия (поваренной соли) содержит ионы натрия и хлора. Свободный атом натрия имеет один электрон на внешней оболочке, у свободного атома хлора на такой оболочке семь электронов, до заполненной оболочки ему не хватает как раз одного электрона. Поэтому при сближении атомов хлора и натрия, обладающих не слишком большой кинетической энергией, они легко объединяются в ионный кристалл.

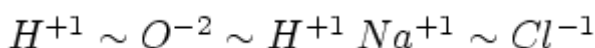
При взаимодействии металла натрия и неметалла хлора электрон с внешней оболочки атома натрия переходит к атому хлора:



Между ионами натрия и хлора возникают электростатические силы притяжения, образуется молекула NaCl, в которой между ионами натрия и хлора связь ионная. Ионные соединения образуются атомами элементов, имеющими большую разность в электроотрицательностях, т.е. это, как правило, связь между атомами элементов главных подгрупп I, II и VI, VII групп периодической системы. Так как образование связи между атомами в молекуле происходит за счет возникновения общих электронных пар, то при этом атомы, обладающие большей способностью притягивать электроны на свою внешнюю оболочку (более электроотрицательные), будут приобретать избыточный отрицательный заряд, а менее электроотрицательные - положительный заряд:



Полного отрыва общего электронного облака от менее электроотрицательного атома нет даже при образовании ионной связи. Однако для простоты характеристики состояния атома в молекуле введено понятие «степень окисления» - это тот заряд, который получил бы атом, если электроны при образовании ковалентной полярной или ионной связи полностью перешли бы к более электроотрицательному атому:

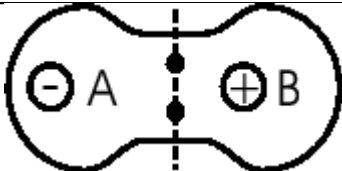
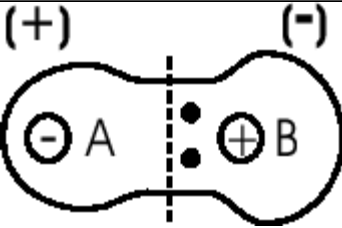



Современная теория связи рассматривает ковалентную неполярную, ковалентную полярную и ионную связи как связи одной природы, которые отличаются друг от друга только степенью смещения общего электронного облака, т.е.

поляризацией. Было доказано, что практически даже при образовании связи между такими сильно противоположными по свойствам элементами, как натрий и хлор, нет полного отрыва электронного облака, оно только в большей степени смещено к атому хлора. Связь между ионами - электростатическая, положительно заряженный ион Na^+ равномерно притягивается всеми ионами Cl^- , окружающими его в пространстве, поэтому ионная связь менее прочная, чем ковалентная.

Для приблизительной оценки типа связи можно использовать данные о количестве электронов на внешней оболочке атома, особенно, если молекула образована элементами, находящимися в одном или соседних периодах, что показано в таблице 2.

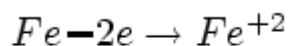
Таблица 2

Схемы	Тип связи	Δe на внешнем электронном уровне	Примеры
	Ковалентная неполярная	0	$\text{H}_2, \text{Cl}_2, \text{O}_2$
	Ковалентная полярная	1-3	$\text{CO}, \text{Cl}_2\text{O}, \text{NO}, \text{PCl}_3$
	Ионная	4-6	$\text{NaCl}, \text{CaS}, \text{MgO}$

Исключение. Все водородсодержащие соединения имеют ковалентную полярную связь между водородом и другим атомом. Это объясняется большей силой притяжения единственного электрона водорода к ядру, т.е. его большей электроотрицательностью.

Металлическая связь характерна для чистых металлов и их соединений. Она связана с наличием электронов проводимости, свободно движущихся в кристаллической решетке металла. Эти электроны электрически взаимодействуют с положительно заряженными ионами металла, скрепляя их между собой.

Металлическая связь - это связь между атомами и ионами металла в кристаллической решетке металла. Металл легко отдает свои внешние электроны:



Поэтому в узлах металлической кристаллической решетки находятся либо атомы, либо ионы металла, а внутри решетки - обобществленные электроны, так называемый «электронный газ». Он и определяет электропроводность металла. В любой момент времени существует динамическое равновесие между атомами, катионами металла и электронами. То есть электроны отрываются от какого-нибудь атома, превращая его в катион, но в то же время другой катион, притягивая электроны, становится опять нейтральным.

Водородная связь возникает при взаимодействии молекул, в которых атом водорода соединен с атомом электроотрицательного элемента полярной ковалентной связью. В этом случае общее электронное облако так сильно смещается в сторону электроотрицательного элемента, что атом водорода почти лишается отрицательного заряда. Поэтому ядро атома водорода (протон) получает возможность взаимодействовать с электронными оболочками атомов других молекул. Энергия водородной связи значительно меньше, чем ковалентной, но ее достаточно для образования ассоциации молекул и их объединения в полимеры.

2 Химические процессы

Мы знаем, что материя существует в двух физических формах - вещество и поле.

Вещества - это различные виды движущейся материи, масса покоя которых не равна нулю.

Все вещества корпускулярные.

В химии различают простые и сложные вещества. Простые вещества состоят из атомов одного вида элемента, т.е. они одноэлементны. Сложные вещества (смеси) состоят из атомов разных элементов, т.е. они многоэлементны. Сложные вещества иначе еще называют химическими соединениями.

Часть вещества, однородная во всем объеме называется гомогенной (например, смесь поваренной смеси). Неоднородные смеси называются гетерогенными (например, смесь воды и глины).

Свойства вещества определяются:

- его элементным и молекулярным составом;
- структурой его молекул;
- термодинамическими и кинетическими условиями, в которых вещество находится в процессе химической реакции;
- уровнем химической организации вещества.

Глубокие изменения физико-химических свойств веществ происходят в результате химических реакций.

Когда происходит химическая реакция, то одни вещества-субстраты реакции превращаются в другие-продукты реакции. Соответственно этому, с течением времени после начала процесса концентрация субстратов уменьшается, а концентрация продуктов - возрастает. Изучение химических реакций включает в себя выяснение строения продуктов реакции и изучения скорости реакции, а также зависимости скорости от условий протекания реакции.

Уравнение реакции показывает, какие вещества, и в каком количестве вступают и получаются в реакции.

Химическим уравнением называют условную запись химической реакции с помощью химических формул и математических знаков.

При протекании химических реакций всегда образуются новые вещества.

Химические реакции всегда сопровождаются физическими эффектами: поглощением и выделением энергии, например, в виде теплопередачи, изменением агрегатного состояния реагентов, изменением окраски реакционной смеси и др. Именно по этим физическим эффектам часто судят о протекании химических реакций.

В химических процессах (химических реакциях) получают новые вещества с отличными от реагентов свойствами, но никогда не образуются атомы

новых элементов.

К условиям протекания химических процессов относятся, прежде всего, термодинамические факторы, характеризующие зависимость реакций от температуры, давления и некоторых других условий. В еще большей степени характер и особенно скорость реакций зависят от кинетических условий, которые определяются наличием катализаторов и других добавок к реакциям, а также влиянием растворителей и иных условий. Влияние такого типа факторов на ход химических реакций может быть сведено и к катализу, т.е. к положительному воздействию на химический процесс, и к ингибированию, сдерживающему процесс.

Катализ- это процесс изменения скорости или возбуждения химической реакции веществами катализаторами, которые участвуют в реакции, но не входят в состав конечных продуктов.

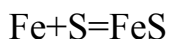
Вещества, замедляющие химическую реакцию, называются ингибиторами. Катализ играет решающую роль в процессе перехода от химических систем к биологическим системам.

Химические процессы подчиняются всеобщим законам природы. Прежде всего, к ним относятся закон сохранения массы вещества и закон сохранения энергии. Существуют различные системы классификации химических реакций.

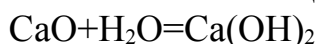
Все реакции в зависимости от исходных веществ и продуктов можно разделить на четыре типа.

1. Реакция соединения.

К такому типу относятся реакции, в результате которых при взаимодействии двух или более веществ образуется одно новое вещество. Примером может быть реакция серы с железом, в результате которой образуется сульфид железа:



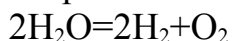
При гашении негашеной извести водой из двух сложных веществ образуется более сложное вещество -гидроксид кальция:



Реакция образования одного сложного вещества при присоединении двух или несколько веществ, называется реакцией соединения.

2. Реакция разложения

К такому типу реакции относится разложение сложных веществ с образованием нескольких новых веществ. Сложные вещества могут разлагаться на простые и сложные. например при разложении молекулы воды образуются два новых простых вещества: водород и кислород.



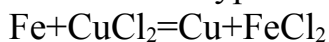
Реакция разложения одного сложного вещества с образованием нескольких новых веществ, называется реакцией разложения.

3. Реакция замещения

К такому типу реакций относится взаимодействие простого и сложного веществ с образованием новых, простого и сложного веществ. В качестве примера рассмотрим реакцию, протекающую при опускании железного гвоздя в

раствор хлорида меди. Под действием железа, медь вытесняется из хлорида. Гвоздь покрывается налетом меди, а раствор из голубого превратится в зеленоватый, т.к. вместо хлорида меди образуется хлорид железа, раствор которого имеет зеленый цвет. Рассмотренное явление можно выразить

химическим уравнением:

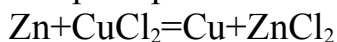


В этой реакции атомы железа замещают атомы меди.

Реакция, протекающая между простыми и сложными веществами, при которой атомы простого вещества замещают атомы одного из элементов в сложном веществе, называется реакцией замещения.

Простыми веществами, участвующими в реакциях замещения, в основном, являются активные свободные металлы. Они вытесняют менее активные металлы из состава сложных веществ.

Например:



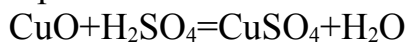
Медь менее активна, чем цинк, поэтому цинк вытесняет медь из сложного соединения, занимая ее положение.

В результате реакции замещения, атомы простого вещества, замещая атомы элементов в составе сложного вещества, образуют новые простые и сложные вещества.

4. Реакция обмена

Примером такого типа реакции может быть взаимодействие двух сложных веществ, которые, обмениваясь составными частями, образуют два новых сложных вещества.

Например, если в пробирку поместить черный порошок оксида меди и залить раствором серной кислоты, образуется однородный раствор медного купороса. При необходимости можно выделить медный купорос выпариванием раствора.

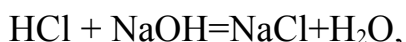


Реакция обмена протекает с участием двух сложных веществ. Число атомов исходных веществ и продуктов реакции одинаковое. При взаимодействии двух этих веществ, произошел обмен атомов в исходных реагентах. В результате образовались новые вещества. Так, атомы водорода и меди обменялись составными частями.

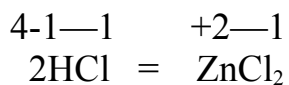
Реакция, протекающая между двумя сложными веществами, при которой атомы или группы атомов одного вещества замещают атомы или группы атомов другого вещества, называется реакцией обмена.

Также все химические реакции можно разбить на два типа: реакции, протекающие без изменения степеней окисления атомов, входящих в состав реагирующих молекул, и реакции, протекающие с изменением степеней окисления атомов реагирующих веществ.

В качестве примера реакций первого типа можно привести реакции:



Реакции второго типа:

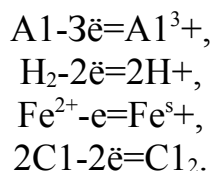


Реакции, протекающие с изменением степени окисления атомов, входящих в состав реагирующих молекул, называются окислительно-восстановительными.

Окислительно-восстановительные реакции принадлежат к числу наиболее распространенных химических реакций. Дыхание, фотосинтез, обмен веществ и ряд биологических процессов в основе своей являются окислительно-восстановительными реакциями. В технике значение окислительно-восстановительных реакций также велико. Так, вся металлургическая промышленность основана на окислительно-восстановительных процессах, в ходе которых металлы выделяются из природных соединений.

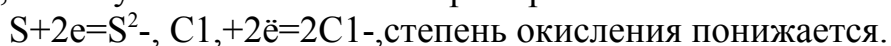
Рассмотрим основные положения, относящиеся к теории окислительно-восстановительных реакций.

1. **Окислением** называется процесс отдачи атомом, молекулой или ионом электронов. Например:



При окислении степень окисления повышается.

2. **Восстановлением** называется процесс присоединения электронов атомом, молекулой или ионом. Например:



3. Атомы, молекулы или ионы, отдающие электроны, **называются восстановителями**. Во время реакции они окисляются. Атомы, молекулы или ионы, присоединяющие электроны, называются **окислителями**. Во время реакции они восстанавливаются. Так как атомы, молекулы и ионы представляют определенные вещества, то и эти вещества соответственно называют окислителями или восстановителями.

4. Окисление всегда сопровождается восстановлением, и, наоборот, восстановление всегда связано с окислением. Поэтому окислительно-восстановительные реакции представляют собой единство двух противоположных процессов — окисления и восстановления. В этих реакциях число электронов, отдаваемых восстановителем, равно числу электронов, присоединяемых окислителем. При этом независимо от того, переходят ли электроны с одного атома на другой полностью или частично оттягиваются к одному из атомов, условно говорят только об отдаче и при соединении электронов. С современной точки зрения изменение степени окисления связано с перераспределением электронной плотности между атомами реагирующих веществ.

5. Металлы чаще всего обладают восстановительными свойствами. В периодах с повышением порядкового номера элемента восстановительные свойства простых веществ понижаются, а окислительные возрастают и становятся максимальными у галогенов. Например, в третьем периоде натрия — самый активный восстановитель, а хлор — самый активный окислитель. У элементов главных подгрупп с повышением порядкового номера усиливаются восстановительные свойства и ослабевают окислительные. Наиболее сильные восстановители — щелочные металлы, наиболее активные из них Fr и Cs. Лучшие окислители — галогены.

Для неметаллов более характерно присоединение электронов. Самым, сильным окислителем является фтор, но в практике чаще пользуются в качестве окислителей кислородом, хлором и бромом. Неметаллы проявляют как положительную, так и отрицательную степени окисления. Соединения, содержащие неметаллы в положительных высших степенях окисления, могут быть окислителями, а соединения, в которых неметалл проявляет отрицательную степень окисления, — восстановителями. Соединения же, содержащие неметаллы в промежуточных степенях окисления, могут быть и восстановителями и окислителями в зависимости от условий протекания реакции.

Важнейшие восстановители — металлы, водород, уголь, CO, SO₂, H₂SO₃, HI, HBr, HCl, SnCl₂, FeSO₄, MnSO₄, гидразин N₂H₄, NO, H₃PO₃, альдегиды, спирты, муравьиная щавелевая кислоты, глюкоза, электрический ток на катоде. Важнейшие окислители — галогены, KMnO₄, K₂MnO₄, O₇, O₂, O₃, O₂, H₂SO₄ (конц.), HNO₃, Ag₂O, PbO₂, ионы Au⁺, Ag⁺, (NH₄)₂S₂O₈, гипохлориты, хлораты, электрический ток на аноде.

Все химические процессы можно разбить на две группы: необратимые и обратимые реакции. Необратимые реакции протекают до конца, т.е. до полного расходования одного из реагирующих веществ. Обратимые реакции идут не до конца - ни одно из реагирующих веществ не будет израсходовано полностью. Примером обратимой реакции может служить синтез аммиака:



Соотношение компонентов в смеси характеризуется так называемой константой химического равновесия, которая определяется условиями реакции (температурой, давлением и др.). Важно отметить, что химическое равновесие является динамическим: скорости прямой и обратной реакции становятся одинаковыми.

Важнейшая особенность химических реакций связана с тем, что их протекание сопровождается изменениями энергии. Большая часть энергии, производимая в современном обществе, получается в результате химических реакций, главным образом при сгорании угля, нефтепродуктов и природного газа.

Резкий скачок в потреблении энергии произошел во времена промышленной революции, которая, в сущности, явилась энергетической революцией: ее первым достижением было изобретение паровой машины. Были созданы машины, потребляющие энергию угля затем нефти и природного газа. Открытие химических источников энергии позволило перейти от пешего перемещения и

гужевого транспорта к автомобильному транспорту и ракетам.

Деятельность современного общества невозможна без надежных источников достаточно дешевой энергии. Где взять энергию, если мы уже исчерпали существенную часть имеющихся запасов ископаемых (угля, нефти, газа)? Кроме того, становится все очевиднее, что сжигание горючих ископаемых может привести к опасным изменениям климата Земли.

С тех пор как стало ясно, что существующих источников энергии хватит ненадолго, возник повышенный интерес к сохранению энергии, стали уделять большое внимание возможности более эффективного использования угля, запасы которого относительно велики, превращая его в более удобные виды горючего, например, в синтетический бензин, синтетический газ или жидкие горючие масла.

По-видимому, будет уделяться больше внимания и превращению растительного сырья в ценные сорта горючего, например, в спирты. Подобные меры должны сыграть важную роль в потреблении энергии в предстоящие десятилетия, пока не будет достигнуто долгосрочное решение проблем использования ядерной энергии, в частности проблемы управляемого термоядерного синтеза. Поэтому ключевую роль в эффективной эксплуатации источников энергии, от которых мы будем сильнее всего зависеть в обозримом будущем, должна сыграть химия.

С целью оптимального осуществления хода химического процесса необходимо знать общие законы, определяющие превращения энергии при химическом взаимодействии веществ. Для установления взаимных связей между явлениями и обобщения экспериментального материала в практике химии широкое распространение нашел термодинамический метод. Прежде чем перейти к изложению основ химической термодинамики, постараемся дать определение исходных понятий и объекта приложения термодинамического метода - термодинамической системы.

Под системой понимают тело или группу тел, мысленно выделенных из окружающей среды. Представим себе, что требуется определить теплоту сгорания жидкого бензола. Опыт осуществляют в калориметрической бомбе, которую можно рассматривать как систему.

В зависимости от рассматриваемого явления система может быть сложной и различного размера, но всегда она должна состоять из большого числа частиц, т.е. быть макроскопической. Только для макроскопических систем можно оперировать такими понятиями, как температура, давление, теплота, и некоторыми другими. Исходя из характера взаимодействия различных систем с окружающей средой, их подразделяют на открытые, закрытые и изолированные системы.

Открытой системой называется система, которая может обмениваться с окружающей средой энергией и веществом. К открытой системе, например, можно отнести стакан с водным раствором сахара. В результате постепенного испарения воды из раствора в окружающую среду и теплообмена, будет изменяться как масса системы, так и ее энергия.

Закрытой системой называют систему, в которой отсутствует обмен

веществом с окружающей средой, но возможен обмен энергией с ней. Примером такой системы может служить раствор сахара, помещенный в стакан, закрытый пробкой. Когда стакан закрыт пробкой, процесс в растворе будет осуществляться при постоянном объеме. Если температура раствора T_1 будет отличаться от температуры T_2 окружающей среды, то при T_1 больше T_2 часть энергии от раствора будет передаваться в окружающую среду, и наоборот, при T_1 меньше T_2 энергия системы будет увеличиваться за счет перехода какой-то части энергии из окружающей среды в раствор. Масса системы при этом изменяться не будет.

Изолированной системой называют такую систему, объем которой остается постоянным, и которая не обменивается энергией и веществом с окружающей средой. К этому типу систем можно будет отнести водный раствор сахара, помещенный в закрытый сосуд, стенки которого изготовлены из идеального теплоизоляционного материала. Понятие «изолированная система» является понятием идеальным (абстрактным), так как на практике не существует материала, который абсолютно не проводил бы теплоту.

Система может быть гомогенной (однородной) или гетерогенной (неоднородной).

Система называется гомогенной, если она состоит из одной фазы. Гетерогенная система обязательно содержит несколько фаз.

Совокупность всех химических и физических свойств системы называется состоянием системы. Обычно рассматривают те свойства, которые могут быть однозначно выражены через функции температуры, давления и концентрации веществ системы. Такие свойства называются термодинамическими (теплоемкость, внутренняя энергия, энтальпия и т. п.), они являются частью общих свойств (физических и химических) системы. Для полного описания состояния системы достаточно знать наименьшее число термодинамических свойств, которые наиболее легко определяются экспериментальным путем (давление P , объем V , температура T и концентрации (C_i) компонентов). Параметры состояния системы связаны между собой соотношением, которое называется уравнением состояния. Если система состоит из одного вещества и в качестве параметров выбраны давление, объем и температура, то уравнение состояния в общем виде можно записать так:

$$f(P, V, T) = 0$$

Для n моделей идеального газа уравнением состояния является уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$PV = nRT$$

Применяя основные понятия, рассмотрим энергетику химических процессов.

Любая система состоит из материальных частиц (атомов, молекул, ионов), находящихся в непрерывном движении. Количественной характеристикой движения является их энергия. В соответствии с формой движения частиц в системе различают поступательную и вращательную энергию молекул, колебательную энергию атомов и групп атомов в молекуле, энергию движения электронов, внутриядерную и другие виды энергии. Совокупность всех видов энергии

частиц в системе называется внутренней энергией системы. Внутренняя энергия является частью полной энергии системы.

В величину полной энергии входят внутренняя, кинетическая и потенциальная энергии системы в целом.

Внутренняя энергия системы зависит от природы вещества, его массы и от параметров состояния системы. Внутренняя энергия, как и любое термодинамическое свойство системы, является функцией состояния, т.е. изменение ее не будет зависеть от того через какие промежуточные стадии идет процесс, а будет определяться только исходным и конечным состоянием системы. Это положение вытекает непосредственно из закона сохранения энергии, согласно которому энергия не исчезает и не возникает вновь ни из чего при протекании процесса, она лишь может переходить из одной формы в другую в строго эквивалентных соотношениях.

Абсолютное значение внутренней энергии не может быть определено. При расчетах всегда оперируют ее изменением

$$U_1 - U_2 = \Delta U,$$

где U_1 и U_2 - значения внутренней энергии в начальном и конечном состояниях системы соответственно;

ΔU - конечное изменение свойства системы.

Большинство химических реакций, в частности реакции, протекающие в живых организмах, осуществляются при практически постоянном атмосферном давлении. Кроме того, реагирующая система нередко поглощает теплоту или отдает ее окружающей среде, так что температура системы остается постоянной. Например, сгорание сахара, представляющее собой экзотермический процесс, происходит в человеческом организме при постоянной температуре, приблизительно равной 37°C .

При обсуждении химических превращений, происходящих при постоянном давлении, удобно пользоваться термодинамическим понятием теплосодержания, или энтальпии, обозначаемым латинской буквой H .

$$H = U + PV,$$

где U - внутренняя энергия, P - давление системы, V - объем системы.

Так как второе слагаемое PV можно отождествить с потенциальной энергией системы, то энтальпию иногда называют «энергией расширенной системы». Так как в правой части уравнения внутренняя энергия, давление и объем являются термодинамическими свойствами системы, то энтальпия системы будет функцией состояния.

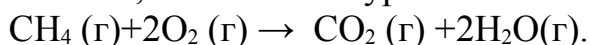
Изменение энтальпии системы в ходе процесса, протекающего при постоянном давлении, обозначаемое символом ΔH (читается "дельта-аш"), равно теплоте, выделяемой или поглощаемой системой в ходе этого процесса.

При протекании химической реакции изменение энтальпии представляет собой разность между суммарной энтальпией продуктов и суммарной энтальпией реагентов:

$$\Delta H_{\text{реакции}} = \Delta H (\text{продукты}) - \Delta H (\text{реагенты}).$$

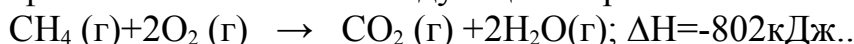
Изменение энтальпии в результате химического или физического процесса

проявляется различными способами. Например, ее можно обнаружить по выделению теплоты или света либо по поглощению теплоты; энергия, соответствующая изменению энтальпии может использоваться для получения электрической энергии, как, например, в электрических батареях; при выделении энергии в мышечных тканях может выполняться механическая работа. Изменение энтальпии не зависит от того, как проводится процесс - с выделением только теплоты или с частичным выделением теплоты и частичным совершением механической работы. Например, сгорание 1 моля метана, основного компонента природного газа, описывается уравнением:



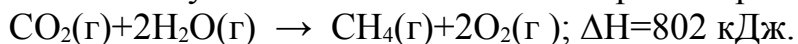
Это количество метана можно сжечь в сопле горелки, в результате чего выделяется только теплота, или использовать как горючее для турбины, в которой сгорание метана приводит к одновременному выделению теплоты и совершению механической работы. Однако в любом случае изменение энтальпии системы, состоящей из 1 моля $\text{CH}_4(\text{г})$ и 2 молей $\text{O}_2(\text{г})$ оказывается одинаковым, если одинаково конечное состояние продуктов.

Экспериментально установлено, что при сгорании 1 моля метана CH_4 выделяется 802 кДж теплоты, если процесс протекает при постоянном давлении. Этот факт можно записать следующим образом:



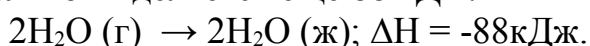
Отрицательное значение ΔH указывает на то, что процесс является экзотермическим. Из закона сохранения энергии следует, что количество теплоты, выделяемой или поглощаемой в реакции, прямо пропорционально количеству участвующих в ней веществ. Следовательно, сгорание 1 моля CH_4 приводит к выделению 802 кДж, а сгорание 2 молей CH_4 приводит к выделению 1604 кДж теплоты.

Нетрудно понять, что изменение энтальпии реакции равно по величине, но обратно по знаку изменению энтальпии обратной реакции. Например:

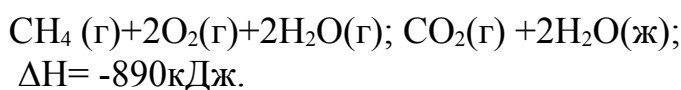
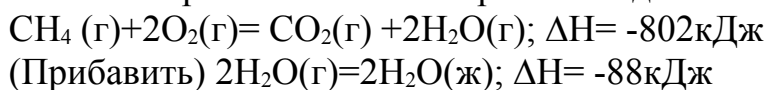


Если бы при сгорании CH_4 выделилось больше теплоты, чем в обратной реакции, этими процессами можно было бы воспользоваться для получения неограниченного количества энергии. Сжигая некоторое количество CH_4 , достаточно было бы лишь сохранить ту часть полученной энергии, которая необходима для восстановления CH_4 , а остальную часть использовать для получения полезной работы. После восстановления CH_4 его можно было бы снова сжечь и повторять этот процесс до бесконечности, постоянно извлекая энергию. Разумеется, это противоречит всему нашему опыту - такой процесс не подчиняется закону сохранения энергии.

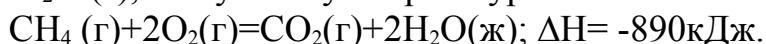
Изменение энтальпии реакции зависит также от состояния реагентов и продуктов. Если бы в реакции сгорания метана вода была бы жидким, а не газообразным продуктом, то ΔH оказалось бы равным -890 кДж вместо -802 кДж. В этом случае во внешнюю среду передается большее количество теплоты, потому что при конденсации 2 молей газообразной воды в жидкое состояние дополнительно выделяется еще 88 кДж:



Большое значение для химии имеет одно из следствий первого закона термодинамики, известное под названием закон Гесса. Согласно закону Гесса, если реакция проходит в несколько последовательных стадий, то ΔH реакции должно быть равно сумме изменений энтальпии каждой стадии; другими словами, изменения энтальпии аддитивны. Например изменение энтальпии реакции сгорания метана с образованием диоксида углерода и жидкой воды можно вычислить по значениям ΔH стадии конденсации водяного пара и ΔH стадии сгорания метана с образованием газообразной воды:

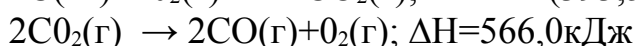


Исключая из левой и правой частей последнего уравнения одинаковые члены $2\text{H}_2\text{O}(\text{г})$, получим суммарное уравнение:



Закон Гесса дает удобный способ вычисления энергетических изменений, которые трудно поддаются непосредственному измерению. Например, прямое измерение теплоты сгорания с превращением в монооксид углерода невозможно. При сгорании 1 моля углерода в присутствии 1/2 моля O_2 образуется не только CO , но также и CO_2 , так что часть углерода остается неиспользованной.

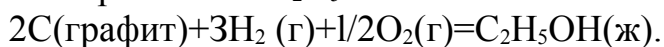
Теплота сгорания углерода (С) с образованием CO_2 равна -393 кДж/моль , а теплота сгорания CO с образованием CO_2 равна -283 кДж/моль . Вычислим теплоту сгорания (С) с образованием CO . Для этого составим термохимические уравнения обеих реакций сгорания, затем обратим реакцию сгорания CO так, чтобы CO можно было рассматривать как продукт. После этого просуммируем оба уравнения, предварительно умножив первое уравнение на два, чтобы можно было исключить из обеих частей суммарного уравнения одинаковые члены. Поэтому пришлось соответственно удвоить величину ΔH первой реакции. При обращении реакции знак ΔH тоже изменится на противоположный.



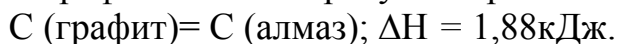
Итак, теплота сгорания $\text{C}(\text{тв})$ с образованием $\text{CO}(\text{г})$ равна $1/2 (-221,0 \text{ кДж}) = -110,5 \text{ кДж}$ на моль образующегося CO .

Первый закон термодинамики, выраженный в форме закона Гесса, учит, что энергия химической реакции не зависит от способа проведения этой реакции. Например, вместо прямой реакции горения метана CH_4 в кислороде O_2 с образованием CO_2 и H_2O можно представить себе двухстадийную реакцию, в которой сначала образуется CO , а затем происходит его сгорание до CO_2 . Но поскольку ΔH - функция состояния, реакция по любому пути приводит к одинаковому изменению содержания энтальпии в системе. Это означает, что $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$. Заметим, что в противном случае открывалась бы возможность непрерывного получения энергии, что противоречит закону сохранения энергии - первому закону термодинамики.

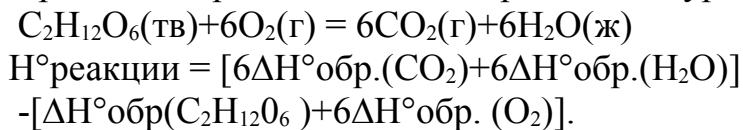
Пользуясь первым законом термодинамики, можно вычислить изменения энтальпии реакции по табулированным значениям теплот образования. Теплота образования соединения $\Delta H_{обр}$ - это изменение энтальпии, происходящее при образовании одного моля данного соединения из составляющих его элементов. Изменение энтальпии называется стандартным ΔH° , когда все реагенты и продукты находятся в их стандартных состояниях. Другими словами, все вещества находятся при этом в наиболее устойчивой форме при заданной температуре и нормальном атмосферном давлении. Например, стандартная теплота образования $\Delta H^\circ_{обр}$ этанола C_2H_5OH есть изменение энтальпии следующей реакции:



Элемент кислород представляет собой O_2 , а не O или O_3 , поскольку O_2 является устойчивой формой кислорода при 25°C и нормальном атмосферном давлении. Аналогично в качестве элемента углерода указан графит, а не алмаз, поскольку первый из них является наиболее устойчивой формой (обладает минимальной энергией) при 25°C и нормальном атмосферном давлении. Превращение графита в алмаз требует затраты энергии:



По стандартным теплотам образования можно вычислять стандартные изменения энтальпии любых реакций. С этой целью следует просуммировать теплоты образования всех продуктов реакции, умножив каждую молярную теплоту образования на коэффициент, который стоит перед данным веществом в полном уравнении реакции, а затем вычесть из полученной суммы аналогичную сумму теплот образования всех реагентов. Например, стандартное изменение энтальпии ΔH° для реакции горения глюкозы определяется уравнением:



Пользуясь данными о теплотах образования, получим для рассматриваемого процесса $\Delta H^\circ_{\text{реакции}} = -2816 \text{ кДж}$.

Однако возможность самопроизвольного течения химической реакции зависит как от ее теплового эффекта (стандартного изменения энтальпии реакции), так и от изменения энтропии и соответствующего изменения концентрации реагирующих веществ.

Чтобы убедиться в этом рассмотрим какую-нибудь химическую систему, например, смесь CO и H_2 в определенных соотношениях. В этой системе могут протекать различные химические реакции. Встает ряд вопросов: В каком направлении преимущественно будет идти химический процесс при заданных температуре и давлении? Какие условия надо создать, чтобы в результате процесса получить, например, метиловый спирт? Какие свойства системы определяют ее реакционную способность? Говоря о реакционной способности системы, будем понимать под этим реакционную способность в направлении определенной реакции. Для характеристики способности данных веществ к химическому взаимодействию между собой или для характеристики степени устойчивости получающегося при этом соединения в отношении разложения на исходные вещества применяли термин «химическое сродство». В разное время хи-

мическое сродство пытались оценивать по разным параметрам реакций. В середине 19 в. в качестве меры химического сродства начали использовать количество тепла, выделяющегося при реакции (принцип Бертло-Томсена). Однако существование самопроизвольно протекающих эндотермических реакций показало ограниченную применимость этого положения.

Вант-Гофф, применив второй закон термодинамики, доказал (1883г.), что направление самопроизвольного течения реакции определяется не тепловым эффектом реакции, а максимальной работой ее. При этом он вывел уравнение, количественно выражающее зависимость этой величины от концентрации веществ, участвующих в реакции (уравнение изотермы реакции), и зависимость направления самопроизвольного течения реакции от соотношения между этими концентрациями. В настоящее время вместо максимальной работы в качестве меры химического сродства реакции принимается значение нормального (стандартного) сродства $\Delta_r G^\circ$ (298). Нормальное сродство может быть меньше и больше нуля. Термодинамически наиболее вероятны реакции, у которых значения нормального сродства наиболее отрицательны. По значению $\Delta_r G^\circ$ можно судить о вероятности той или иной реакции. Однако, не следует делать вывод, что реакция вообще неосуществима, если $\Delta_r G^\circ(T) > 0$. Изменив парциальные давления начальных или конечных продуктов, можно создать условия, когда $\Delta_r G^\circ(T)$ будет меньше нуля, и реакция пойдет слева направо. Однако химическое сродство определяет только возможную глубину процесса, но не характеризует полностью реакционную способность системы. Примером этого является смесь H_2 и O_2 , для которой

$$\Delta_r G(298) \approx \Delta_r G^\circ(298) = -228,61 \text{ кДж},$$

следовательно, реакция должна идти практически до конца. Опыт же показывает, что смесь H_2 и O_2 при нормальных условиях может существовать практически неограниченно долгое время без заметного образования воды.

Таким образом, реакционную способность химической системы нельзя характеризовать только значением $\Delta_r G(T)$. Термодинамическое условие протекания реакции $\Delta_r G < 0$ при постоянных P и T можно принять как термодинамический критерий реакционной способности химической системы. Это условие является обязательным, но не достаточным. Если в смесь H_2 и O_2 ввести катализатор в виде платиновой черни, то реакция заканчивается в течение долей секунды. Это указывает на то, что есть еще какие-то факторы, которые ускоряют химический процесс и тем самым дают возможность за короткий отрезок времени проявиться химическому сродству, или наоборот, затрудняют реакцию, и термодинамические возможности не реализуются.

Что же можно выбрать в качестве характеристики кинетического критерия реакционной способности химической системы? Наиболее общим кинетическим критерием реакционной способности химической системы является скорость реакции. Пусть в системе протекает реакция

$$\sum_1 n_1 A_1 = \sum_j n_j B_j.$$

где A_1 - реагирующие вещества,

B_j - продукты, n_1 и n_j - их стехиометрические коэффициенты. Обозначим

скорость химической реакции через V . Номенклатурными правилами IUPAC (ИЮПАК) рекомендуется определять скорость V как скорость возрастания степени завершенности реакции V :

$$V = dV / dt \quad (1)$$

где dV/dt определяется скоростью образования или превращения 1-го реагента в системе, равной dn_1/dt ,

$$dV/dt = n_1^{-1} dn_1/dt, \quad (2)$$

где n_1 - количество 1-го вещества.

Соотношение (2) получают так: обозначим количество (моль) 1-го реагента в системе в момент $t = 0$ через n_{01} и в момент $t > 0$ через n_1 . Из условий стехиометрии вытекают следующие соотношения:

$$n_1^{-1} (n_1 - n_{01}) = n_2^{-2} (n_2 - n_{02}) = \dots = n_1^{-1} (n_1 - n_{01}) = V. \quad (3)$$

Степень завершенности реакции V в закрытой системе равна величине изменения 1-го реагента (моль) в системе, деленной на стехиометрический коэффициент реагента. Продифференцировав (3) по t получим:

$$dV/dt = n_1^{-1} dn_1 / dt, \quad (4)$$

что совпадает с (2). Из (1) и (4) найдем

$$V = dV/dt = n_1^{-1} dn_1 / dt. \quad (5)$$

Выразив n_1 через концентрацию c_1 и объем системы V , уравнение (5) можно записать в форме:

$$V = n_1^{-1} d(c_1 V)/dt = n_1^{-1} c_1 dV/dt + n_1^{-1} V dc_1/dt \quad (6)$$

При постоянном объеме (6) принимает вид:

$$V = n_1^{-1} dc_1/dt.$$

Химическое сродство (A) определяется как взятая с обратным знаком частная производная энергии Гиббса (G) по величине V , т.е. $A = -(dG/dV)$, откуда $dG = -AdV$.

В термодинамике величина A/T рассматривается как обобщенная сила, вызывающая химическую реакцию. Скорость реакции $V = dV/dt$ связана с химическим сродством соотношением:

$$V = L_{\text{хим}} A/T$$

Коэффициент $L_{\text{хим}}$ иногда называют химической проводимостью: он определяется экспериментально.

3 Структурная химия

В основе структурной химии лежит химическая атомистика Дж. Дальтона, согласно которой *любой химический индивид состоит из совокупности молекул, обладающих строго определенным качественным и количественным составом*. Более конкретные представления о структуре молекул содержатся в теории Берцелиуса, который пытался ответить на вопрос: существует какая-либо упорядоченность в объединении атомов в молекуле или они объединяются произвольно. И. Берцелиус выдвинул гипотезу, согласно которой все атомы химических эле обладают различной электроотрицательностью в зависимости от места, которое они занимают в ряду элементов с убывающей электроотрицательностью. Атом каждого элемента несет два заряда: положительный и отрицательный, но в зависимости от места в ряду один из зарядов больше. Объединение атомов в молекулу приводит к частичной нейтрализации зарядов.

Полная нейтрализация невозможна из-за неравенства зарядов. Поэтому молекулы каждого соединения обладают также избыточным зарядом и склонны к образованию более сложных молекул в виде комплексов.

Таким образом, по Берцелиусу, молекула представляет собой объединение двух разноименно заряженных атомов или атомных групп-радикалов. В этом заключается содержание понятия «структура» по Берцелиусу.

Французский химик Ш. Жерар (1816—1856) показал, что структурные представления Берцелиуса соответствуют действительности только в ряде случаев. Молекула является единой неделимой и унитарной системой, в которой все атомы всех элементов взаимодействуют и взаимно преобразуются, в этом сущность «структуры» по Жерару. Хотя данная идея и получила дальнейшее развитие, но она не указывала конкретные пути для синтеза новых веществ. Такие пути наметились в работах немецкого химика Ф. Кекуле. Он сформулировал основные положения теории валентности, обосновав наличие для углерода четырех единиц сродства, а для азота, кислорода и водорода соответственно трех, двух и одной.

Число единиц сродства, присущее атому того или иного химического элемента, он назвал валентностью. Объединение атомов в молекулу происходит путем замыкания свободных единиц сродства.

Например, элемент углерода за счет замыкания единиц сродства его атомов способен образовать углерод углеродные цепи.

Комбинируя атомы разных химических элементов, можно создать структурные формулы любого химического соединения.

Таким образом, можно создавать схему синтеза любого химического соединения, в том числе и неизвестного. Однако в некоторых случаях, хотя формульная схема составлена правильно, химическая реакция может не осуществиться. Поэтому нужно учитывать не только методику составления формул, но и химическую активность реагентов, которая лежит в основе теории химического строения Бутлерова. В 30-е годы нашего века теория Бутлерова нашла физическое квантовомеханическое обоснование.

Согласно современным представлениям структура молекул -это пространственная и энергетическая упорядоченность квантово-механической системы, состоящей из атомных ядер и электронов.

Теория Бутлерова способствовала активным действиям. Так, и 1860-е годы были синтезированы на основе простейших углеводов из каменноугольной смолы и аммиака анилиновые красители — фуксин, анилиновая соль, ализарин. Кроме того, были получены новые вещества: индиго, флавоны, ксантоны; взрывчатые вещества: тринитротолуол, тринитрофенол, уротропин; лекарственные препараты: аспирин, фенacetин, антифебрин, салол, антипирин и т.п.

Синтез красителей и взрывчатых веществ типа тринитротолуола происходит с выходом продуктов до 80 — 90 % и позволяет создавать крупнотоннажное производство.

Выход же лекарственных препаратов и душистых веществ составляет 15 —50 %. В некоторых случаях поставщиками фармацевтической продукции стали химические лаборатории, созданные при аптеках.

Однако органический синтез многих веществ, основанный только на принципах структурной химии, имеет настолько низкий выход продуктов и большие отходы, что не может быть использован в промышленных масштабах.

Относительно недавно открыт новый класс металлоорганических соединений с двухслойной структурой, названной структурой сэндвичевых соединений. К такому классу относится ферроцен. Хотя подобного рода соединения пока не нашли практического применения, они представляют теоретический интерес при анализе природы валентности и химической связи.

Обнаружены некоторые интересные особенности структуры молекулы, которая непрерывно перестраивается. Такова, в частности, молекула бульвалена $C_{10}H_{10}$. Она имеет форму шара, по поверхности которого с огромной скоростью перемещаются 10 атомов углерода и 10 атомов водорода; при этом как бы имитируется симметрия молекулы, которая необходима для ее устойчивости.

Структурная химия охватывает и неорганические материалы. В структурной неорганической химии можно выделить два перспективных направления:

- синтез кристаллов с максимальным приближением к идеальной решетке для получения материалов с высокими техническими показателями: максимальной прочностью, термической стойкостью, долговечностью в эксплуатации и др.;
- создание кристаллов с заранее запрограммированными дефектами для производства материалов с заданными электрическими, магнитными, оптическими и другими свойствами.

Выращивание кристаллов требует специальных условий, при которых необходимо исключить воздействие внешних факторов, даже таких, как поле гравитации, поэтому некоторые эксперименты по выращиванию кристаллов проводятся в космосе на орбитальных станциях.

Не менее трудоемко и создание кристаллов с нужными дефектами, так как такой процесс сопровождается появлением незапрограммированных дефектов.

Исследования последнего времени направлены на разработку эффективных технологий синтеза не только органических, но и неорганических материалов.

4 Эволюционные проблемы в химии

Эволюционная химия вошла в науку и практику сравнительно недавно — в 50-60-х годах. Если биологи к тому времени широко использовали эволюционную теорию Дарвина, то химики не проявляли активного интереса к происхождению видов, составляющему сущность эволюционной теории. Не без оснований считалось, что получение любого нового химического вещества всегда было делом рук и достоинства разума человека: молекулы нового химического соединения конструировались по законам структурной химии из атомов и атомных групп, как здание строится из кирпичей или блоков. Живые же организмы подобным образом собрать нельзя. Но, несмотря на это, назревали эволюционные проблемы и для химических объектов, связанные с самопроизвольным (без участия человека) синтезом новых химических соединений — более сложных и высокоорганизованных продуктов по сравнению с исходными веществами. В этой связи *эволюционную химию считают предтечей биологии — наукой о самоорганизации и саморазвитии химических систем.*

Истоки эволюционной химии уходят в далекое прошлое. Они связаны с давнишней мечтой химиков, освоить опыт лаборатории живого организма и понять, как из неорганической материи возникает органическая, а вместе с нею и жизнь. Первым ученым, осознавшим важность исключительно высокой упорядоченности, организованности и эффективности процессов в живых организмах, был один из основателей органической химии, шведский ученый Якоб Берцелиус (1779 — 1848). Именно он впервые установил, что основой лаборатории живого организма является катализ, а точнее, биокатализ. Идеальные совершенно превращения посредством катализа способна производить лаборатория тория живого организма — так считали немецкий ученый Ю. Либих (1803 — 1873), французский естествоиспытатель М. Бертло (1827 — 1907) и многие другие химики XIX в.

Современные химики считают, что на основе изучения химии организмов можно разработать новое управление химическими процессами, а это позволит более экономично использовать имеющиеся в природе материалы и извлекать из них большую пользу. Для решения проблемы биокатализа и использования его результатов в промышленных масштабах химическая наука разработала ряд методов — изучение и использование приемов живой природы, применение отдельных ферментов для моделирования биокатализаторов, освоение механизмов живой природы, развитие исследований с целью применения принципов биокатализа в химических процессах и химической технологии. 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».

Для того чтобы начала действовать биологическая эволюция, природа на Земле создала необходимые химические элементы. Они возникают при очень высоких температурах при протекании ядерных реакций синтеза химических элементов. В начале образуются ядра протия (протоны), потом ядра

гелия, бериллия, углерода, азота, кислорода и далее в определенной последовательности при соответствующих условиях другие элементы.

При температуре около 10^{10} степени по Кельвину возрастает и кинетическая энергия частиц звездной массы до такой степени, что силы гравитации не в состоянии удержать частицы вещества вместе и происходит взрыв звезды и ее последующее охлаждение. В этих условиях большая часть возникших элементов не может участвовать в ядерных реакциях, и они остаются стабильными. При понижении температуры Земли ниже 5000 градусов по Кельвину вступает в силу химическая эволюция, которая дает различные химические соединения образовавшихся химических элементов.

В процессе самоорганизации предбиологических систем шел отбор необходимых элементов для появления ЖИЗНИ и ее функционирования. Из более 100 химических элементов, открытых к настоящему времени, многие принимают участие в жизнедеятельности живых организмов. Наука же считает, что только шесть элементов — углерод, водород, кислород, азот, фосфор и сера — составляют основу живых систем, из-за чего они и 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 и бор. Еще около 20 элементов участвуют в жизнедеятельности живых систем в зависимости от среды обитания и состава питания.

Не менее важно и то обстоятельство, что все элементы, участвующие в построении живых систем и их функционировании, распределены по всей поверхности Земли. Таким образом, жизнь возникала в любом месте на Земле, где для этого создавались благоприятные условия. В космосе же преимущественно господствуют два элемента — водород и гелий, а остальные существуют в виде примесей и составляют ничтожно малую массу.

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 органогенов и еще около 20 других элементов природа создала около 8 млн. различных химических соединений, обнаруженных к настоящему времени; из них 96 % приходится на органические соединения.

Из такого количества органических соединений в строительстве биомира задействованы природой всего несколько сотен. «Из 100 известных аминокислот в состав белков входит только 20; лишь по четыре нуклеотида ДНК и РНК лежат в основе всех сложных полимерных нуклеиновых кислот, ответственных за наследственность и регуляцию белкового синтеза в любых живых организмах».

Химики стремятся открыть секреты природы. Как она из такого ограниченного количества химических элементов и химических соединений образовала сложнейший высокоорганизованный комплекс — биосистему? Ответ на этот вопрос может дать возможность из имеющихся в избытке химиче-

ских продуктов получать необходимые, дефицитные, например из загрязняющего атмосферу CO_2 — сахар и т.д.

Поиски различного рода природных катализаторов позволяют химикам сделать ряд выводов (к этому различными путями пришли также геология, геохимия, космохимия, термодинамика, химическая кинетика):

1) на ранних стадиях химической эволюции мира катализ отсутствовал. Условия высоких температур — выше 5000 градусов по Кельвину, электрических разрядов и радиации препятствуют образованию конденсированного состояния;

2) первые проявления катализа начинаются при смягчении условий ниже 5000 градусов по Кельвину и образовании первичных тел;

3) роль катализатора возрастала по мере того, как физические условия (главным образом температура) приближались к земным.

Но общее значение катализа (вплоть до образования более или менее сложных органических молекул) все еще не могло быть высоким;

4) появление таких даже относительно несложных систем, как CH_3OH ; $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$; $\text{HC} = \text{CH}$; H_2CO ; HCO OH ; $\text{HC} = \text{N}$, а тем более оксикислот, аминокислот и первичных Сахаров, было своеобразной некаталитической подготовкой старта для большого катализа;

5) роль катализа в развитии химических систем после достижения стартового состояния, т.е. известного количественного минимума органических и неорганических соединений, начала возрастать с фантастической быстротой. Отбор активных соединений происходил в природе из тех продуктов, которые получались относительно большим числом химических путей, и обладали широким каталитическим спектром.

Функциональный подход к объяснению предбиологической эволюции сосредоточен на исследовании процессов самоорганизации материальных систем, выявлении законов, которым подчиняются такие процессы. Это в основной позиции физиков и математиков. Крайняя точка зрения здесь склоняется к тому, что живые системы могут быть смоделированы даже из металлических.

В 1969 г. появилась общая теория химической эволюции и биогенеза, выдвинутая ранее в самых общих положениях профессором Московского университета А.П. Руденко. Используя рациональность субстратного и функционального подходов, она отвечает на вопросы о «движущих силах и механизме эволюционного процесса, отборе элементов и структур и их причинной обусловленности, о высоте химической организации и иерархии химических систем как следствии эволюции».

Пока только эта теория в состоянии определить новую концептуальную систему, которая выходит за пределы учения о составе, структурной химии и учения о химических процессах. «Сущность этой теории состоит в том, что химическая эволюция представляет собой саморазвитие каталитических систем и, следовательно, эволюционирующим веществом являются катализаторы». В основе этой теории лежит утверждение о том, что процесс саморазвития химических катализаторов двигался в сторону их со-

вершенствования, шел постоянный отбор все новых катализаторов с большей реактивной активностью.

Открытый А.П. Руденко основной закон химической эволюции гласит, что эволюционные изменения катализатора происходят в том направлении, где проявляется его максимальная активность. Саморазвитие, самоорганизация и самоусложнение каталитических систем происходят за счет энергии базисной реакции. Поэтому эволюционируют каталитические системы с большей энергией. Такие системы разрушают химическое равновесие и в результате являются инструментом отбора наиболее устойчивых эволюционных изменений в катализаторе.

Теория развития каталитических систем открывает 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 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. На ее основе разрабатывается теория управления нестационарными процессами. Уже наработанные в этой области эмпирические материалы приводят исследователей к выводу, что стационарность режима катализаторов является лишь частным случаем не стационарности. Появляются сведения о том, что нестационарные режимы создаются искусственно и способствуют интенсификации реакций в катализаторах.

Развитие химических знаний позволяет надеяться на разрешение многих проблем, которые встали перед человечеством в результате его наукоемкой и энергоемкой практической деятельности. Предполагается значительное ускорение химических превращений за счет освоения катализаторов будущего на принципиально новой основе, бережное и полное использование всех видов углеводородного сырья, а не только нефти, создание полностью безотходных производств.

Химическая наука уже имеет предпосылки для получения водорода из воды как самого высокоэффективного и экологически чистого топлива, для организации промышленного производства по получению широкого спектра органических продуктов из углекислого газа, а также для промышленного производства различных материалов, где вместо углеводорода будут использоваться фторуглероды. Химическая наука ставит своей целью создание самых экономичных и экологически чистых производств и уже имеет для этого определенный потенциал.

На своем высшем эволюционном уровне химическая наука 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, яв-

ляются убедительным аргументом, подтверждающим научное понимание происхождения жизни во Вселенной.

Химическая эволюция на Земле создала все предпосылки для появления живого из неживой природы. А Земля оказалась в таких специфических условиях, что эти предпосылки смогли реализоваться. 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. Видимо, одним из проявлений природы стало и появление человека как самосознающей себя материи. На определенном этапе он может оказывать ощутимое воздействие на среду собственного обитания, причем как позитивное, так и негативное.

5 Химическая экология

Проблема окружающей среды включает вопросы не только чисто научного плана, но и экономического, политического, правового, социального, эстетического. Термины «охрана окружающей среды», «охрана природы», «защита окружающей среды» стали на сегодня обыденными, но они отражают лишь отдельные стороны реально существующей и сложной проблемы, названной проблемой окружающей среды.

Основная суть проблемы окружающей среды выражается в том, что человечество благодаря своей трудовой деятельности превратилось в столь мощную природопреобразующую силу, что действие этой силы стало проявляться много быстрее, чем ход естественной эволюции биосферы. Другими словами, в век научно-технического прогресса воздействие человека на окружающую среду стало настолько соизмеримым с мощными силами природы, что сама природа уже не в состоянии справляться с нарушениями экологического равновесия, которые приняла угрожающий размах. Химические аспекты проблемы окружающей среды составляют самостоятельный и важный раздел современной химии, названный химической экологией. Химическая экология включает вопросы, связанные с химическими процессами, протекающими в системе «человек и биосфера», с химическим загрязнением биосферы и его влиянием на экологические равновесия, с характеристикой основных химических загрязнителей и способов определения степени загрязнения, с химическими методами борьбы с загрязнением окружающей среды, с изысканием новых экологически чистых источников энергии.

6 Контрольные вопросы

1. В чем сущность способа определения свойств вещества, предложенного Р. Бойлем?
2. Кто и когда предложил теорию химического строения вещества?
3. Какие проблемы охватывает учение о химических процессах
4. Что представляет ковалентная связь?
5. Назовите основные виды химических реакций и дайте их характеристику.
6. Чем определяется скорость реакции?
7. Что такое константа равновесия?
8. Что лежит в основе структурной химии?
9. Какой принцип лежит в основе эволюционной химии?
10. Что понимают под состоянием системы?

7 Тестовые задания

1 Границы взаимопревращения веществ определяются:

- a) составом химических веществ;
- b) давлением;
- c) температурой вещества;
- d) нет правильного ответа.

2 Понятие о молекуле сформулировал:

- a) Ломоносов;
- b) П. Гассенди;
- c) Лавуазье;
- d) нет правильного ответа.

3 Идея, что при химическом взаимодействии происходит не просто соединение или разъединение неизменных атомов, а появляются новые типы соединений атомов, новые отношения между ними, принадлежит:

- a) М.В. Ломоносову;
- b) Дж. Дальтону;
- c) Бойлю Р.;
- d) нет правильного ответа.

4 Теория химического строения Бутлерова и Периодическая система элементов Менделеева были разработаны на основе учения:

- a) о валентности;
- b) о химической связи;
- c) о валентности и химической связи;
- d) нет правильного ответа.

5 Химические реакции - это только:

- a) процессы образования из простых по составу веществ более сложных;
- b) переход одних веществ в другие;
- c) разложение сложных веществ на более простые по составу вещества;
- d) нет правильного ответа.

6 При протекании химических реакций образуются:

- a) всегда новые вещества;
- b) иногда новые вещества;

- c) всегда только одно новое вещество;
- d) нет правильного ответа.

7 Любые химические реакции всегда сопровождаются:

- a) изменением агрегатного состояния реагентов;
- b) поглощением и выделением энергии;
- c) изменением окраски реакционной смеси;
- d) нет правильного ответа.

8 В химических реакциях не могут образовываться:

- a) тяжелые металлы;
- b) галогены;
- c) атомы новых элементов;
- d) нет правильного ответа.

9 Простых веществ в природе:

- a) столько, сколько существует химических элементов;
- b) больше, чем в природе существует химических элементов;
- c) меньше, чем в природе существует химических элементов;
- d) нет правильного ответа.

10 Диаметр атома равен:

- a) 10^{-13} м;
- b) 10^{-15} м;
- c) 10^{-10} м;
- d) нет правильного ответа.

11 Значение порядкового номера элемента в Периодической системе элементов Менделеева:

- a) совпадает с значением заряда ядра атома того же элемента;
- b) не совпадает с значением заряда ядра атома того же элемента;
- c) для одних химических элементов такое совпадение наблюдается, а для других - нет;
- d) нет правильного ответа.

12 Большинство химических сложных веществ состоят из:

- a) молекул;
- b) атомов;
- c) ионов;
- d) нет правильного ответа.

13 Связь, осуществляемая за счет образования электронных пар, в одинаковой мере принадлежащих обоим атомам, называется:

- a) аметаллической;
- b) ковалентной;
- c) ионной;
- d) нет правильного ответа.

14 Связь, осуществляемая за счет электростатического притяжения между ионами, образованными путем полного смещения электронной пары к одному из атомов, называется:

- a) ионной;
- b) металлической;
- c) ковалентной;
- d) нет правильного ответа.

15 Металлическая связь - это:

- a) связь между положительными ионами в кристаллах металлов, осуществляемая за счет притяжения электронов, свободно перемещающихся по кристаллу;
- b) связь между атомами, находящимися в узлах кристаллической решетки, осуществляемая за счет притяжения электронов, свободно перемещающихся по кристаллу;
- c) связь между отрицательными ионами в кристаллах металлов, осуществляемая за счет притяжения электронов, свободно перемещающихся по кристаллу;
- d) нет правильного ответа.

16 Природа химической связи объясняется взаимодействием:

- a) сильным;
- b) электромагнитным;
- c) гравитационным;
- d) слабым.

17 При протекании химических реакций:

- a) сумма атомов каждого элемента обязательно изменяется;
- b) сумма атомов каждого элемента не изменяется;
- c) в одних реакциях сумма атомов каждого элемента изменяется, а в других - нет;
- d) нет правильного ответа.

18 Система, состоящая из одной фазы, называется:

- a) гетерогенной;
- b) неоднородной;
- c) гомогенной;
- d) нет правильного ответа.

19 Полная энергия системы равна:

- a) ее внутренней энергии;
- b) сумме внутренней и кинетической;
- c) сумме внутренней и потенциальной;
- d) нет правильного ответа.

20 Внутренняя энергия системы зависит только от:

- a) природы вещества;
- b) параметров состояния системы;
- c) массы системы;
- d) нет правильного ответа.

21 Теплосодержание или энтальпия системы H равна:

- a) $H = U$;
- b) $H = U - PV$;
- c) $H = U + PV$;
- d) нет правильного ответа.

22 Укажите последовательность в которой исторически развивалось химическое знание:

- a) учение о составе;
- b) учение о закономерностях химических процессов;
- c) эволюционная химия;
- d) структурная химия.

1) А- Б – В – Г; 2) Б – А – Г – В; 3) Г – А – Б – В; 4) А – г – Б – В.

23 Протекание эндотермического процесса при постоянном давлении сопровождается...

- a) уменьшением энергии Гиббса;
- b) ростом энтальпии системы;
- c) ростом энтропии;
- d) уменьшением энтальпии системы.

24 Вещество, которое изменяет скорость химической реакции, но не расходуется и не входит в состав продуктов, называется ...

- a) катализатором;
- b) стабилизатором;
- c) активатором;
- d) регулятором.

8 Список использованных источников

1. Дубнищева Т.Я. Концепции современного естествознания: учебник /под ред. акад. РАН М.Ф.Жукова; Т.Я. Дубнищева. - Новосибирск: ООО «Издательство ЮКЭА», 1997;-832с.
2. Концепции современного естествознания: учебник для вузов /под ред. В.Н.Лавриненко, В.П.Ратникова. - М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. -271с.
3. Горелов А.А. Концепции современного естествознания: учебное пособие, практикум, хрестоматия для вузов /А.А. Горелов. - М.: Гуманит. изд. центр ИПАДОС, 1993.-512С.
4. Потеев М.И. Концепции современного естествознания /М.И. Потеев. - СПб.: Изд-во «Питер», 1993. - 352с.
5. Концепции современного естествознания: учебник для вузов /под ред. В.Н.Лавриненко, В.П.Ратников. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. -303с.
6. Рузавин Г.И. Концепции современного естествознания: учебник для вузов / Г.И. Рузавин - М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, 1999. - 228с.
7. Солопов Е.Ф. Концепции современного естествознания: учебник для вузов / Е.Ф. Солопов. - М.: ВЛАДОС, 1999. - 232с.
8. Бабушкин А.Н. Современные концепции естествознания: лекции по курсу / А.Н. Бабушкин. - СПб.: Изд-во «Лань», 2000. - 208с.
9. Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания: учебник для вузов/С.Х. Карпенков. - изд. 2-е, испр. и доп. - М.: Академический Проект, 2000. - 639с.
10. Концепции современного естествознания: учебное пособие для студентов гуманитарных факультетов университетов /под. общей ред. В.А. Любичанковского; Любичанковский В.А., Кучеренко М.Г., Белоусов Ю.Д., Горохов Л.А. - 4-е изд., доп.— Оренбург: Изд-во ОГУ, 2000. — 166с.
11. Любичанковский В.А. Культурология: естественнонаучная составляющая культуры личности: учебное пособие /В.А. Любичанковский. — Оренбург: Изд-во ОГУ, 2001. 103с.
12. Найдыш В.М. Концепции современного естествознания: учебное пособие для вузов / В.М.Найдыш.. - М.: Гардарики, 2002. - 467с.
13. Солопов Е.Ф. Концепции современного естествознания: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений /Е.Ф. Солопов. - М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001.-232с.
14. Химическая энциклопедия: В 5т. /под ред. Н.С. Земфилова. М.: Советская энциклопедия – Большая Российская энциклопедия, 1988 – 1998.