

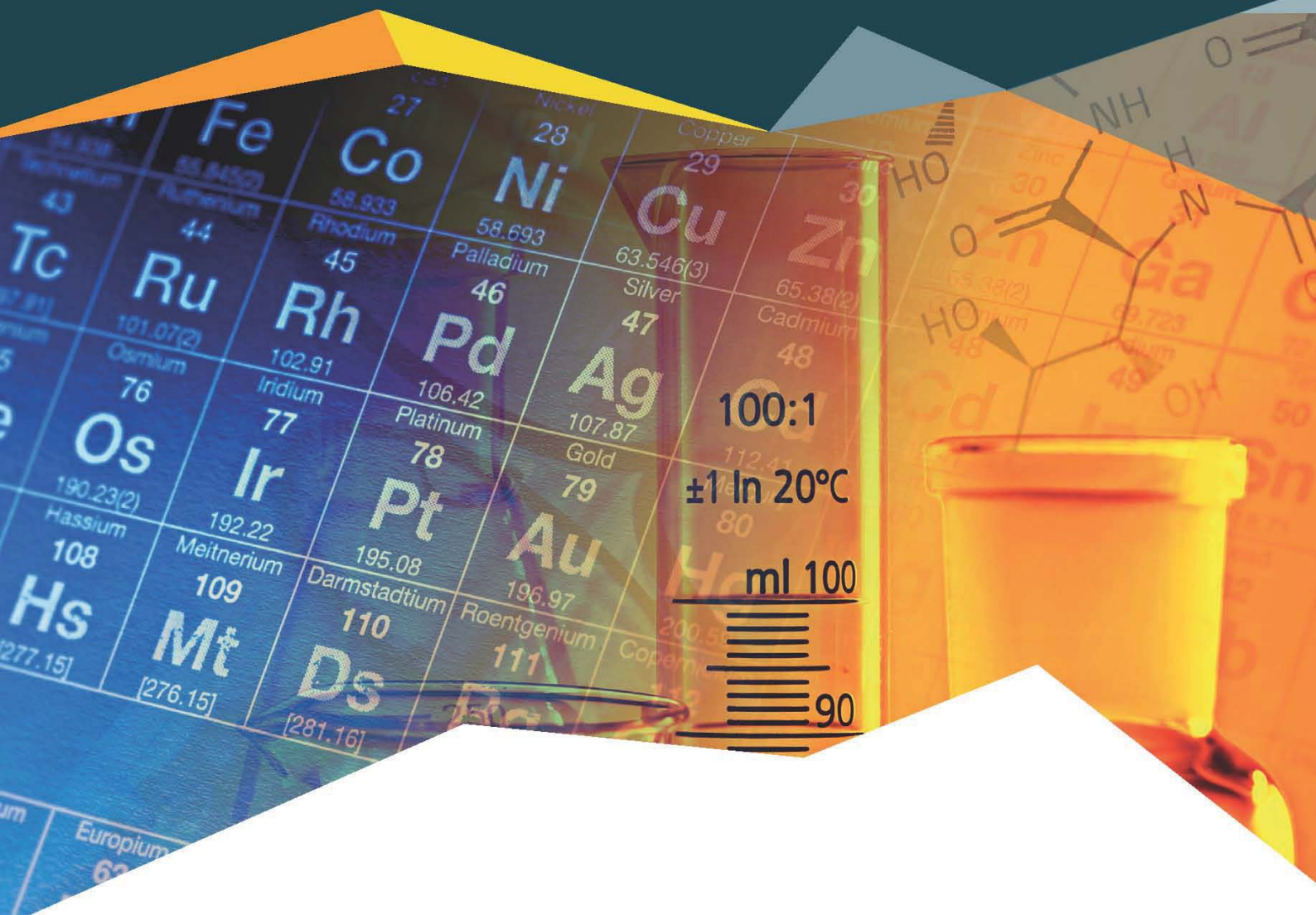


СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

И. В. Кротова

ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



ТОРГОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УДК 54(07)
ББК 24я73
К836

Рецензенты:

В. М. Леонтьев, кандидат химических наук, доцент Сибирского федерального университета;

И. В. Шишкина, кандидат химических наук, доцент Красноярского филиала Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов

Кротова, И. В.

К836 Прикладная химия : учеб. пособие / И. В. Кротова. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. – 148 с.

ISBN 978-5-7638-4215-9

В первой главе пособия представлены основные разделы органической химии: структурная теория А. М. Бутлерова, номенклатура органических соединений, классификация органических реакций. Рассмотрены отдельные классы углеводородов, кислород- и азотсодержащих органических веществ. Особый акцент сделан на использовании указанных классов органических соединений в производстве потребительских товаров. Во второй главе описаны поверхностные явления, различные дисперсные системы, а также высокомолекулярные соединения и их растворы. Изложены основные теоретические положения физической и коллоидной химии. Теоретический материал проиллюстрирован примерами физико-химических процессов, протекающих на различных этапах жизненного цикла потребительских товаров. Даны вопросы и задания для самоконтроля.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению бакалавриата 38.03.07 «Товароведение».

Электронный вариант издания см.:
<http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 54(07)
ББК 24я73

ISBN 978-5-7638-4215-9

© Сибирский федеральный университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ИЗБРАННЫЕ ГЛАВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ	6
§ 1.1. Теоретические основы органической химии	6
§ 1.2. Углеводороды	14
1.2.1. Предельные углеводороды	14
1.2.2. Непредельные углеводороды	16
1.2.3. Ароматические углеводороды	22
§ 1.3. Кислородсодержащие органические соединения	25
1.3.1. Спирты и фенолы	25
1.3.2. Карбонильные соединения	30
1.3.3. Карбоновые кислоты и их производные	33
1.3.4. Липиды. Жиры. Мыла.....	38
1.3.5. Углеводы	44
§ 1.4. Азотсодержащие органические соединения	58
1.4.1. Амины. Краткие сведения об анилиновых красителях	59
1.4.2. Аминокислоты	63
1.4.3. Белки. Синтетические полиамидные волокна	65
§ 1.5. Полимеризация. Поликонденсация. Краткие сведения о важнейших полимерах.....	71
1.5.1. Полимеризация. Краткие сведения о важнейших полимерах на основе углеводородов. Синтетические каучуки	71
1.5.2. Поликонденсация. Пластмассы.....	84
2. ОТДЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ФИЗИЧЕСКОЙ И КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ	92
§ 2.1. Предметная область физической и коллоидной химии	92
§ 2.2. Поверхностные явления	93
2.2.1. Поверхностное натяжение. Поверхностно-активные вещества	94
2.2.2. Гидрофильные и гидрофобные поверхности. Смачивание.....	98
2.2.3. Сорбционные процессы. Адсорбция	100
§ 2.3. Дисперсные системы	107
2.3.1. Классификация и способы получения дисперсных систем	108
2.3.2. Коллоидные растворы.....	111
2.3.3. Микрогетерогенные системы.....	122
§ 2.4. Общая характеристика растворов высокомолекулярных соединений.....	133
2.4.1. Особенности растворов ВМС.....	134
2.4.2. Набухание и растворение ВМС	137
2.4.3. Вязкость растворов ВМС.....	140
2.4.4. Высаливание ВМС. Застудневание. Явление защиты	141
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	145
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	146

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе социально-экономического развития общества в сфере товароведения необходимо решать новые задачи: управление ассортиментом, оценка качества товаров, разработка оптимальных условий эксплуатации и ухода за товарами. В связи с этим целью товароведения как науки является изучение потребительских свойств товаров, а также тех изменений, которые происходят в товаре на всех этапах товародвижения. По своей природе указанные свойства и процессы являются физико-химическими. Поэтому подготовка компетентного товароведа-эксперта невозможна без формирования знаний, умений и навыков в области естественнонаучных дисциплин, а также способности их практического приложения.

Не случайно в Федеральном государственном стандарте высшего образования по направлению подготовки 38.03.07 «Товароведение» в числе общепрофессиональных компетенций указана способность применять знания естественнонаучных дисциплин для организации торгово-технологических процессов и обеспечения качества и безопасности потребительских товаров (ОПК-5). Формировать данную компетенцию призван ряд дисциплин базовой части учебного плана, в том числе и прикладная химия.

Отличительной особенностью дисциплины «Прикладная химия» является её синтетический характер: она включает избранные главы из трех самостоятельных химических дисциплин – органической, физической и коллоидной химии. Причём теоретические основы этих наук взяты в объеме, необходимом для подготовки будущих бакалавров товароведения.

Органическая химия имеет исключительно важное научное и практическое значение. Объектом её исследований является огромное число (более 20 млн) соединений природного и синтетического происхождения. Природные органические вещества и их превращения лежат в основе явлений, протекающих в живых организмах на клеточном уровне. Их понимание необходимо для прогнозирования влияния на организм человека пищевых продуктов, а также отдельных видов непродовольственных товаров.

Множество синтетических органических соединений производится промышленностью для использования в самых разных отраслях человеческой деятельности. Это нефтепродукты, горюче-смазочные материалы, полимеры – каучуки, пластмассы, волокна, плёнки, лаки, клеи; поверх-

ностно-активные вещества, красители, средства защиты растений, вкусовые и парфюмерно-косметические композиции и многое другое. Без знания основ органической химии современный человек не способен экологически грамотно использовать все эти продукты цивилизации.

Стремительное развитие методов синтеза и исследований органических соединений открывает широкие возможности для получения веществ и материалов с заранее заданными свойствами. Поскольку сырьё является одним из основных факторов, формирующих качество и безопасность потребительских товаров, без знания основ органической химии современному товароведу не обойтись.

Однако не обойтись товароведу и без знаний физической и коллоидной химии. В основе многих процессов производства, хранения, потребления и утилизации товаров лежат законы физической химии. Физико-химическими методами исследований определяются элементный состав товара, его эксплуатационные характеристики, воздействие на организм человека и окружающую среду.

Коллоидное состояние дисперсных систем является наиболее распространённым в природе и технологии производства потребительских товаров. Поэтому закономерности структурообразования, коагуляции, стабилизации зольей, условия существования микрогетерогенных систем (суспензий, эмульсий, пен и прочее), особенности поведения поверхностно-активных веществ и высокомолекулярных соединений – всё это в совокупности составляет теоретический фундамент специальной химической подготовки товароведа-эксперта.

В результате освоения программы дисциплины «Прикладная химия» студент – будущий бакалавр товароведения – должен овладеть системой знаний, навыков и умений, необходимых для становления творческой личности, способной к выполнению профессиональных и гражданских обязанностей, ориентирующейся в быстроизменяющихся условиях развития науки и общества, умеющей решать проблемы, исходя из всестороннего их осмысления, опираясь как на научные, так и на экологические критерии.

1. ИЗБРАННЫЕ ГЛАВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

§ 1.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Органическая химия – это химия соединений, построенных на основе углерода. Согласно другому определению органическая химия – это химия углеводородов и их производных.

В первой половине XIX в. органическая химия получила наибольшее развитие во Франции и Германии. Её успехи во многом связаны с именами немецких химиков Ф. Вёлера, Ю. Либиха, Р. Бунзена и французских исследователей А. Дюма и Ш. Вюрца. Однако окончательное оформление органической химии в самостоятельную науку связано с успехами русской, прежде всего Казанской, химической школы. Наиболее яркими её представителями являются А. А. Воскресенский, Н. Н. Зинин, А. М. Бутлеров, В. В. Марковников, А. М. Зайцев, К. К. Клаус.

Основу органической химии составляет *структурная теория*, или теория химического строения органических соединений, основные положения которой были представлены А. М. Бутлеровым 19 сентября 1861 г. в докладе на Съезде немецких врачей и естествоиспытателей в Шпейере.

Основные постулаты структурной теории следующие:

1. Атомы и молекулы реально существуют. Атомы соединяются в молекулы в определенной последовательности согласно их валентности.

2. Углерод в органических соединениях всегда четырехвалентен. Его атомы могут образовывать нормальные, разветвленные и замкнутые цепи.

3. Химическое строение можно выразить структурной формулой, изображающей порядок соединения атомов в молекуле. Структурные формулы могут быть полными и сокращенными.

4. Физические и химические свойства органических веществ определяются не только их качественным и количественным составом, но и строением. Вещества, имеющие одинаковый состав, но отличающиеся строением и, как следствие, свойствами, называются *изомерами*.

5. Атомы в молекуле оказывают друг на друга взаимное влияние. Свойства каждого атома зависят не только от его природы, но и от окружения.

Для *классификации углеводных соединений* используют понятия «углеродный скелет» и «функциональная группа».

Углеродный скелет – это *каркас* органической молекулы, он представляет собой последовательность химически связанных между собой

атомов углерода. Во многих химических реакциях углеродный скелет остается неизменным.

По типу углеродного скелета различают следующие классы органических соединений:

- алифатические, в которых углеродная цепь не замкнута;
- циклические, в которых углеродная цепь замкнута в цикл;
- ароматические, содержащие в структуре молекулы одно или несколько бензольных колец.

При этом атомы углерода в скелетах различают по числу химически связанных с ними других атомов углерода. Если данный атом углерода связан с одним атомом углерода, то его называют первичным, с двумя – вторичным, тремя – третичным и четырьмя – четвертичным.

По кратности связи углерод-углерод различают следующие классы органических соединений:

- насыщенные (предельные) – соединения, содержащие только одинарные (σ -) связи углерод-углерод, называют насыщенными или предельными;
- ненасыщенные (непредельные) – соединения со связями $C=C$ или $C\equiv C$, т. е. содержащие помимо σ - еще и π -связь.

Функциональные группы образуют все атомы, кроме водорода, или группы атомов, связанные с атомом углерода. Функциональные группы – это активные центры органических молекул. Именно они чаще всего испытывают химические превращения и определяют многие химические и некоторые физические свойства органических соединений.

По наличию функциональных групп органические соединения делятся на следующие классы:

- галогенпроизводные;
- спирты;
- фенолы;
- альдегиды;
- кетоны;
- карбоновые кислоты;
- сложные эфиры;
- амины;
- аминокислоты и другие классы.

Соединения, имеющие одинаковые функциональные группы, но отличающиеся числом атомов углерода, обладают весьма похожими физическими и химическими свойствами. Такие соединения называются гомологами. *Гомологи* – это соединения, принадлежащие одному классу, но отличающиеся друг от друга по составу на целое число групп $-CH_2$. Совокупность всех гомологов образует *гомологический ряд*.

В органической химии гетероатом (в буквальном переводе с греческого *гетерос* – другой) – это любой атом, отличный от углерода и водорода. В качестве гетероатомов чаще всего выступают атомы элементов-органогенов: кислорода, азота, серы и фосфора. В соответствии с этим различают следующие классы органических соединений:

- кислородсодержащие;
- азотсодержащие;
- серусодержащие;
- фосфорсодержащие органические соединения.

Известны разные *способы наименования* органических соединений.

Тривиальные названия веществ – исторически сложившиеся названия, связанные чаще с источником получения, чем со структурой молекулы вещества. Пример: муравьиная, щавелевая, яблочная, лимонная кислоты. Используется в отдельных случаях, когда речь идет о давно известных человеку веществах.

Рациональные названия – названия, образованные путем рассмотрения вещества как замещенное теми или иными радикалами простейшее соединение данного ряда. Пример: метилэтилкетон, триметилуксусная кислота. Область применения ограничена, возможно использование для названия относительно простых по составу веществ.

Научная (международная, систематическая) номенклатура, разработанная в 1965 г. Международным союзом теоретической и прикладной химии (ИУПАК), наиболее распространена в настоящее время, позволяет дать название любому по сложности органическому соединению.

Для названия вещества по данной номенклатуре:

1. Выберите самую длинную и самую сложную углеродную цепь, содержащую максимальное число функциональных групп.
2. Пронумеруйте атомы С в цепи, начиная с того конца, к которому ближе находится наиболее старшая функциональная группа. Ниже приведен ряд старшинства функциональных групп:

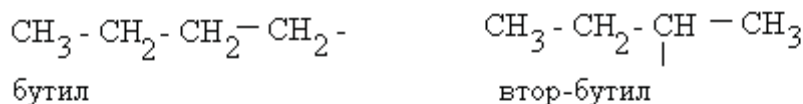
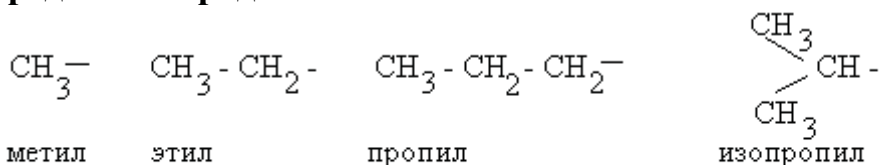


3. Дайте название в следующей очередности:

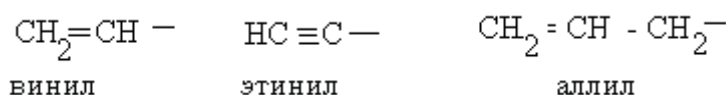
- а) сначала напишите, разделив запятой, арабские цифры, соответствующие номерам углеродных атомов, у которых стоят радикалы;
- б) отделите цифры чертой;
- в) если имеется несколько одинаковых радикалов, то укажите их число с помощью приставки, соответствующей греческому числительному (ди-, три-, тетра- и т. д.);

г) перечислите боковые радикалы в порядке возрастания их сложности. Основные типы радикалов представлены ниже:

Предельные радикалы



Непредельные радикалы



Ароматические радикалы

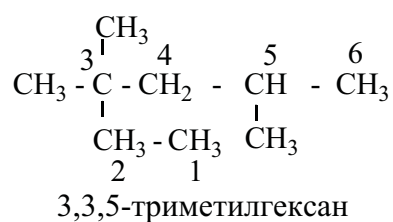


д) назовите самую длинную пронумерованную углеродную цепь;

е) если в цепи есть кратная связь, укажите её наличие соответствующим суффиксом: = – ен; ≡ – ин и через черту арабской цифрой укажите номер атома углерода, от которого отходит кратная связь;

ж) если в основной цепи есть функциональная группа, её наличие также указывается с помощью соответствующего суффикса, окончания или приставки и через черту арабской цифрой обозначается атом С в основной цепи, к которому данная функциональная группа присоединяется.

Например:



Современной науке известно более 20 млн органических соединений. При этом ежегодно регистрируется более 1000 новых органических веществ. Одна из причин такого многообразия веществ связана с существованием изомеров.

Изомеры – это вещества, имеющие одинаковый качественный и количественный состав (одинаковую молекулярную формулу), но разное строение молекул.

Человеку удалось обнаружить в природе и синтезировать лишь малую долю всех изомеров, так как с увеличением массы молекулы резко увеличивается количество изомеров. Данный факт хорошо иллюстрирует следующий пример: углеводород гексан составом C_6H_{14} имеет 6 изомеров, вещество состава $C_{12}H_{26}$ – 355 изомеров, а углеводород состава $C_{20}H_{42}$ – 366 319 изомеров!

Различают несколько видов изомерии, что схематично показано на рис. 1.

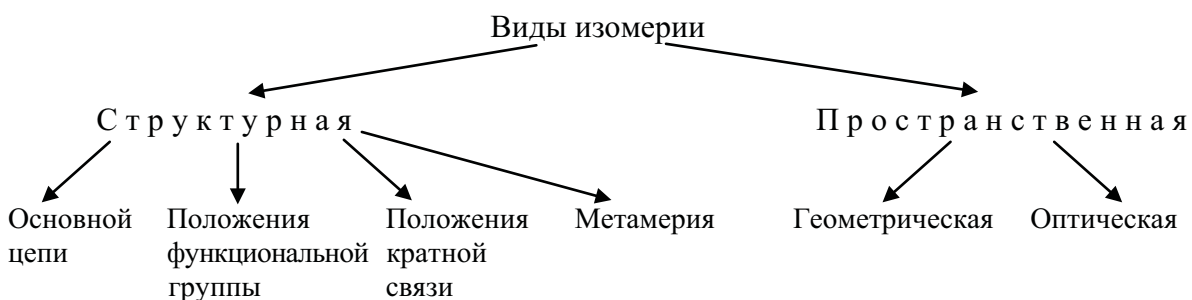


Рис. 1. Классификация видов изомерии

Различают два основных типа изомерии: *структурную* и *пространственную*. Структурные изомеры отличаются друг от друга порядком соединения атомов. В пространственных изомерах порядок соединения атомов один и тот же, однако некоторые атомы благодаря электронным или геометрическим особенностям отличаются положением в пространстве относительно других атомов.

Структурные изомеры могут отличаться друг от друга строением углеродных скелетов; положением функциональной группы; положением кратной связи; по классам органических соединений.

Пространственные изомеры (стереоизомеры) можно разделить на два класса: *цис-транс-изомеры* и *оптические изомеры*. *Цис-транс-изомерия* связана с различным положением заместителей относительно двойной связи $C=C$ или одинарной связи $C-C$ в циклах. *Оптическая изомерия* характерна для молекул, которые не совпадают со своим зеркаль-

ным отображением. Таким свойством обладают любые молекулы, имеющие хотя бы один атом углерода, связанный с четырьмя различными заместителями (асимметрический атом углерода).

Все атомы в органических молекулах находятся во взаимосвязи и испытывают взаимное влияние. Смещение электронных облаков (электронной плотности) в молекуле под влиянием заместителей называют *электронными эффектами*. Если атом или группа атомов смещают электронную плотность на себя, то говорят, что они обладают *электроноакцепторными свойствами* и проявляют отрицательный электронный эффект. В противном случае они обладают *электронодонорными* свойствами и проявляют положительный эффект.

Смещение электронных плотностей по цепи одинарных связей называют *индуктивным эффектом* и обозначают буквой I; смещение электронной плотности, передаваемое по цепи кратных связей, называют *мезомерным эффектом* M. Электронные эффекты основных функциональных групп и углеводородных радикалов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Виды электронных эффектов

Электронный эффект	Индуктивный		Мезомерный	
	+I	-I	+M	-M
Группа	CH ₃ , C ₂ H ₅	CCl ₃ , Cl, Br, OH, NO ₂ , NH ₂	Cl, Br, OH, NH ₂	CHO, COOH, NO ₂

Все химические реакции происходят с разрывом и образованием химических связей. По типу разрыва связей органические реакции делят на *радикальные* и *ионные*. Радикальные реакции идут с гомолитическим разрывом ковалентной связи. При этом пара электронов, образующая связь, делится таким образом, что каждая из частиц получает по одному электрону. Гомолитический разрыв характерен для неполярных или малополярных связей C-C, C-H при нагревании или действии ультрафиолетового излучения.

Ионные реакции – это процессы, идущие с гетеролитическим разрывом ковалентных связей, когда оба электрона химической связи остаются с одной из образующихся частиц. В результате гетеролитического разрыва связи получаются заряженные частицы. Гетеролитический разрыв характерен для сильно полярных частиц.

Классификация реакций по механизму протекания схематически представлена на рис. 2.

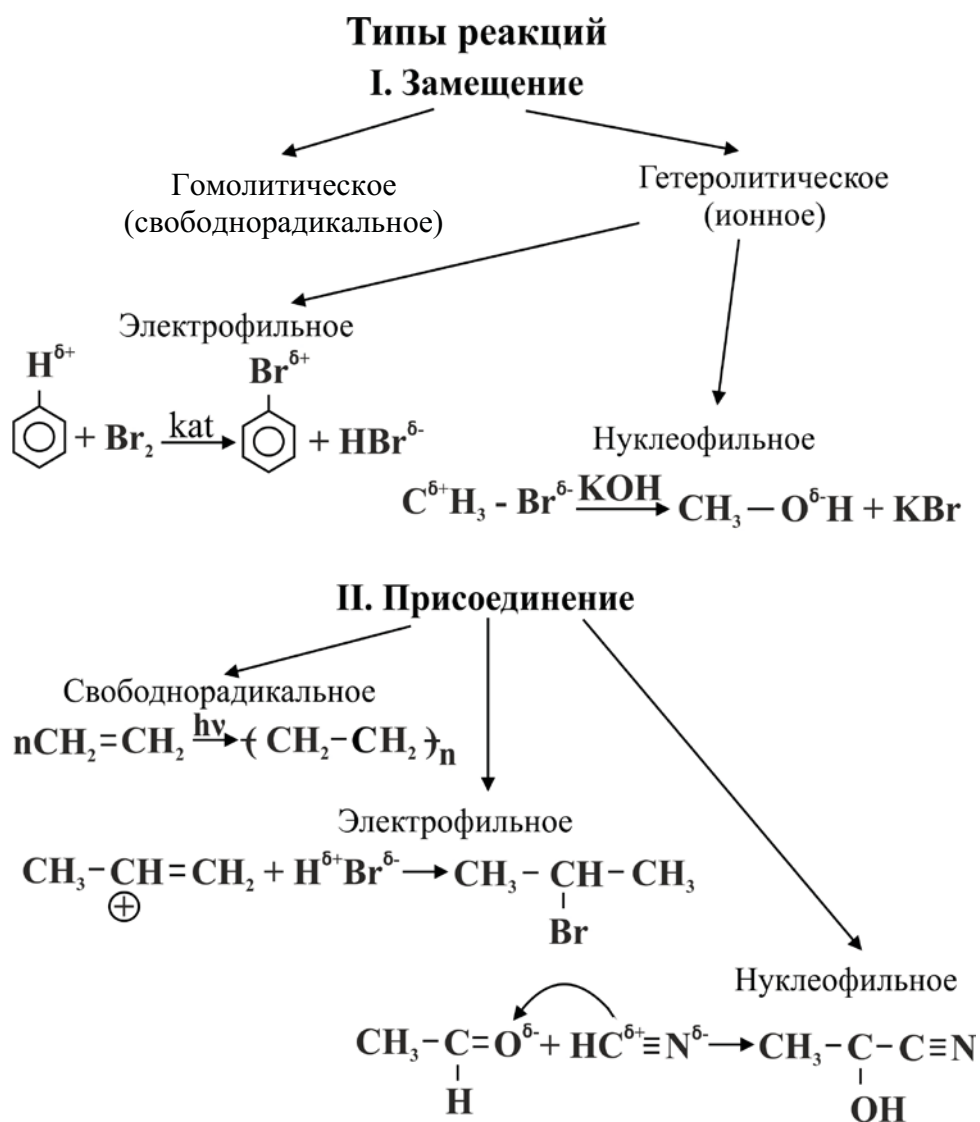


Рис. 2. Типы реакций по механизму протекания

Органические реакции можно также классифицировать по структурному признаку аналогично неорганическим реакциям. Наиболее часто встречаются следующие типы превращений:

- 1) присоединение;
- 2) замещение, при котором один атом (или функциональная группа) замещается на другой атом (или функциональную группу);
- 3) отщепление (элиминирование);
- 4) изомеризация;
- 5) полимеризация;
- 6) окислительно-восстановительные реакции.

Окисление – реакция, при которой под действием окислителя вещество приобретает атомы кислорода (или другого сильно отрицатель-

ного элемента, например хлора) или теряет атомы водорода. Восстановление – реакция, обратная окислению. Под действием восстановителя органическое соединение, как правило, принимает атомы водорода или теряет атомы кислорода.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Объясните, почему углерод в органических соединениях всегда четырехвалентен.

2. Напишите структурные формулы следующих соединений:

а) 2,6-диметилгептан;

б) 3,4-диметилгексан;

в) 2,2,5,5-тетраметилгексан.

3. Укажите основные причины многообразия органических соединений.

4. Напишите структурные формулы следующих соединений:

3,3-диметилгексана;

2-метил-4-изопропилгептана;

2,3-диметилпентана;

2,2,6-триметилоктана;

2-метилгексана.

Укажите, какие из них являются изомерами.

5. Какие соединения называются изомерами? Напишите изомеры $C_5H_{11}Cl$, назовите их.

6. Какие виды изомерии вам известны? Ответ проиллюстрируйте примерами.

7. Напишите изомеры гексана. Назовите их по международной номенклатуре.

8. Напишите структурные формулы изомеров гептана:

а) не содержащих третичных атомов углерода;

б) содержащих два третичных атома углерода;

в) содержащих один вторичный атом углерода.

Назовите их.

9. Напишите структурные формулы пяти изомерных углеводородов состава C_6H_{14} . Укажите, какие изомеры содержат третичные атомы углерода. Назовите изомеры по международной номенклатуре.

10. В чем состоит взаимное влияние атомов в молекуле? Какие виды электронных эффектов вам известны?

§ 1.2. УГЛЕВОДОРОДЫ

Рассмотрение отдельных классов органических соединений начнём с углеводородов. Данное обстоятельство связано с тем, что, во-первых, часто органические соединения более сложного состава рассматривают как производные углеводородов, в которых атомы водорода замещены на другие атомы или функциональные группы. Поэтому, чтобы понимать свойства различных классов органических соединений, необходимо разобраться со свойствами простейших органических веществ – углеводородов. Во-вторых, углеводороды сами широко используются в качестве потребительских товаров, например моторных топлив, растворителей для лакокрасочной продукции, либо выступают в качестве сырья для получения материалов, необходимых для производства потребительских товаров. К таким материалам относятся каучуки, пластмассы, волокна, другие полимерные материалы, а также продукты органического синтеза – красители, моющие средства, удобрения и многое другое. Особое значение имеют углеводороды и их производные, обладающие биологически активным действием. К таким веществам следует отнести терпены – основные компоненты эфирных масел; каротиноиды – природные пигменты, предшественники витаминов группы А; стероиды, включающие стеринны и близкие им витамины группы D, половые гормоны, агликоны «сердечных» глюкозидов и некоторые другие вещества.

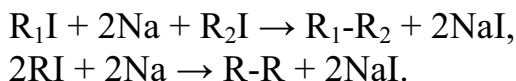
1.2.1. Предельные углеводороды

Предельные (насыщенные) углеводороды (алканы) содержат только одинарные σ -связи С-С и С-Н. В зависимости от строения углеродного скелета предельные углеводороды делят на алифатические (алканы) и циклические (циклоалканы). Общая формула гомологического ряда алканов C_nH_{2n+2} , циклоалканов C_nH_{2n} .

Основной вид изомерии для алканов – изомерия углеродного скелета. Начиная с C_4H_{10} , одной и той же молекулярной формуле отвечают несколько алканов, различающихся строением углеродного скелета (т. е. числом атомов углерода в главной цепи и/или положением заместителей). Число возможных изомеров C_nH_{2n+2} резко увеличивается с ростом n .

Основные природные источники алканов – нефть и природный газ. Синтетические способы получения алканов классифицируют по длине углеродного скелета. Из реакций с сохранением углеродного скелета

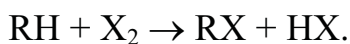
важнейшая – гидрирование ненасыщенных углеводородов. С увеличением углеродного скелета протекает *реакция Вюрца* – взаимодействие алкилгалогенидов с натрием:



Уменьшение углеродного скелета на один атом происходит при сплавлении солей карбоновых кислот с избытком щелочи: образуются алканы, содержащие на один атом углерода меньше, чем исходная соль:



Алканы – достаточно инертные соединения, что объясняется высокой прочностью σ -связей С-С и С-Н, а также их неполярностью. Эти связи могут расщепляться только под действием активных свободных радикалов. Поэтому для алканов характерны радикальные реакции, в которых атомы водорода замещаются на другие атомы или группы атомов. Важнейшие реакции радикального замещения с разрывом связи С-Н – галогенирование при нагревании или освещении и нитрование под действием разбавленной азотной кислоты. Реакция замещения в общем виде может быть представлена следующей схемой:



В реакциях замещения легче всего замещаются атомы водорода у третичных, затем у вторичных и первичных атомов углерода. Из реакций с разрывом связей С-С наибольшее значение имеют изомеризация и крекинг (термический или каталитический).

Циклоалканы отличаются от алканов, во-первых, тем, что в их молекулах отсутствует свободное вращение вокруг С-С связей, поэтому некоторые из производных могут существовать в виде цис-транс-изомеров. Во-вторых, циклоалканы, содержащие от трех до пяти атомов в цикле, могут присоединять водород или галогены с раскрытием цикла.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Объясните, почему для предельных углеводородов ряда метана характерны реакции замещения, а для циклоалканов – присоединения.
2. Напишите схему реакции 2,2,4-триметилпентана с 1 молем брома. Назовите полученное соединение.