

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
для практических занятий по дисциплине
«Органическая химия»

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль) Химический инжиниринг и цифровые технологии

Ставрополь
2026
Оглавление

Введение	4 стр.
Основы строения и реакционной способности органических соединений	5
I. Основы строения органических соединений	5
1. Классификация органических соединений	5
2. Химическая связь и взаимное влияние атомов в органических молекулах	13
3. Пространственное строение органических молекул	22
II. Общие принципы реакционной способности органических соединений	41
Задания для самостоятельной работы студентов	53
Медико-биологическое значение и применение отдельных представителей различных классов органических соединений	67
Рекомендуемая литература	92

Введение

Цель преподавания органической химии студентам – сформировать знания об основных положениях теории строения органических соединений, электронных представлениях в органической химии, взаимосвязи строения и реакционной способности органических соединений, важнейших химических свойствах основных классов органических соединений.

Несмотря на достаточно большое количество существующих учебников по органической химии, предлагаемое учебное пособие содержит краткое изложение основных важнейших теоретических аспектов, что позволит более эффективно осваивать материал курса.

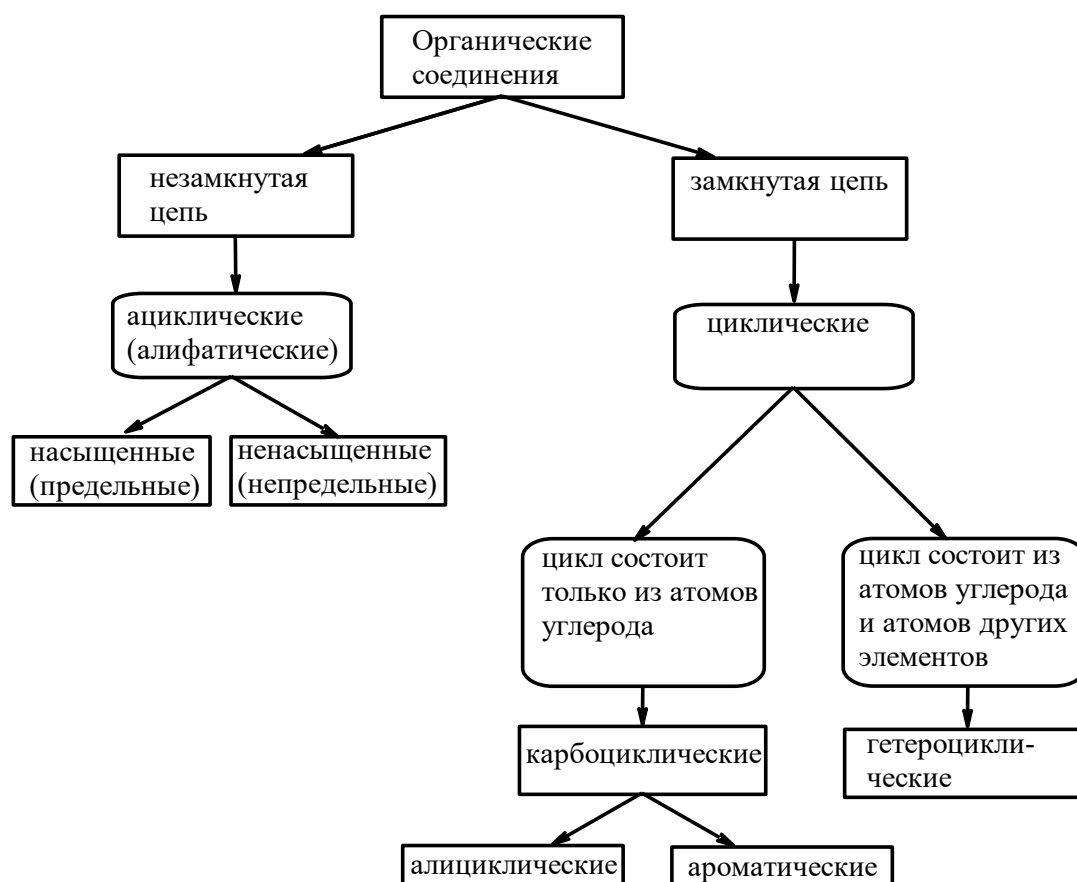
Большое внимание наряду с базовыми теоретическими положениями уделяется выяснению взаимосвязи структуры соединения с механизмом его биологического функционирования, т.е. взаимосвязь "структура-функция" является фундаментальной проблемой, которая имеет общенаучное значение, особенно важна она для биологии и медицины. Таким образом данное пособие будет полезно не только студентам-химикам, но и фармацевтам, а также обучающимся других направлений, которые в том числе в своей научной работе ориентированы на вопросы биоорганической химии.

ОСНОВЫ СТРОЕНИЯ И РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

I. Основы строения органических соединений

1. Классификация органических соединений

Огромное количество органических соединений, которых в настоящее время насчитывается около 17 млн, классифицируется с учетом **строения углеродной цепи** (углеродного скелета) и присутствующих в молекуле **функциональных групп**.



Ациклические соединения – это соединения жирного ряда с *открытой* (незамкнутой) углеродной цепью. Их основу составляют алифатические углеводороды.

Алифатические углеводороды содержат только атомы углерода и водорода и могут быть *насыщенными* (предельными) – **алканы** и *ненасыщенными*

<u>АЛКАНЫ</u>	<u>АЛКЕНЫ</u>	<u>АЛКАДИЕНЫ</u>	<u>АЛКИНЫ</u>
$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$	$\text{CH} \equiv \text{CH}$
Этан	этен (этилен)	бутадиен-1,3	этин (ацетилен)

(непредельными) – **алкены** (содержат одну двойную связь), **алкадиены** (содержат две двойные связи), **алкины** (содержат тройную связь)

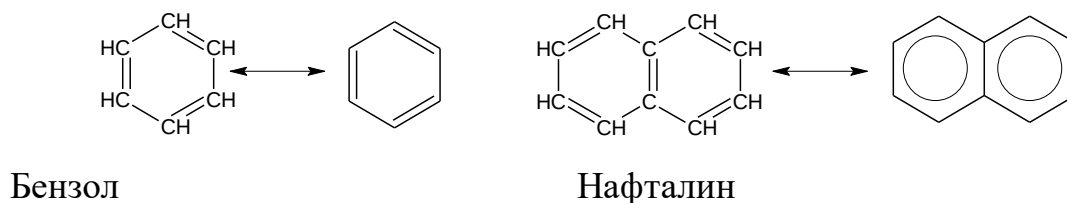
Циклические соединения – это соединения с замкнутой цепью. Их делят на карбоциклические и гетероциклические. **Карбоциклические соединения** содержат в цикле только атомы углерода и делятся на две группы: *алифатические циклические* (сокращенно *алициклические*) и *ароматические*, в основе которых лежит бензол.

Гетероциклические соединения содержат в цикле кроме атомов углерода один или несколько атомов других элементов, гетероатомов (от греч. *heteros* – другой, иной) – кислород, азот, серу и др.

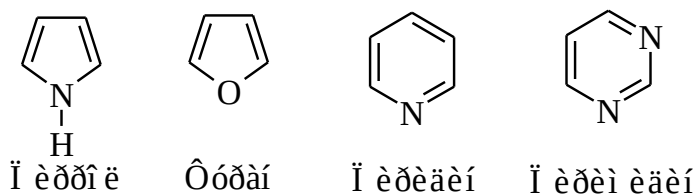
Алициклические (циклоалканы)



Ароматические (арены)



Гетероциклические соединения



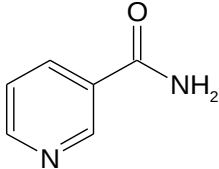
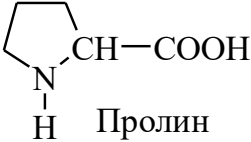
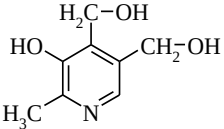
Все органические соединения можно рассматривать как производные углеводородов, полученные путем введения в них функциональных групп.

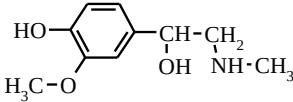
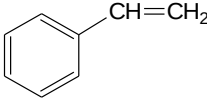
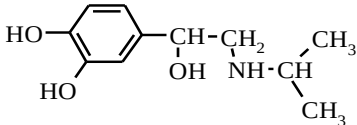
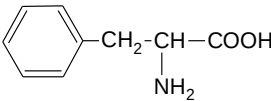
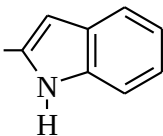
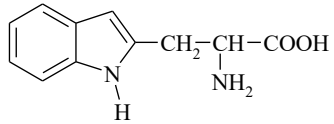
Функциональные группы – это заместители неуглеводородного характера, *определяющие* принадлежность вещества к *определенному классу* и, одновременно, его типичные химические свойства.

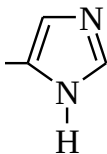
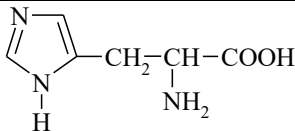
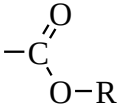
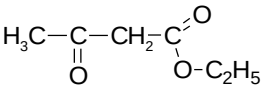
Таблица 1

Важнейшие функциональные группы и радикалы

Структура функциональной группы, радикала	Название	Пример вещества, содержащего функциональную группу или радикал
-OH	Гидроксил, гидроксильная группа, оксигруппа, гидроксигруппа, спиртовая группа	CH ₃ -CH ₂ -OH Этиловый спирт
-COOH $\left(\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array} \right)$	Карбоксильная группа, карбоксил, кислотная группа	CH ₃ -COOH Уксусная кислота
-NH ₂	Аминная группа, аминогруппа, основная группа	H ₂ N-CH ₂ -COOH Аминоуксусная кислота

$-\text{CO}-\text{NH}_2$ $\left(\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} \right)$	Амидная группа	 Амид никотиновой кислоты
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{NH} \\ \diagdown \end{array}$	Иминогруппа	 Пролин
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Альдегидная группа, формильная группа	$\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{array}$ Уксусный альдегид
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \end{array}$	Кетонная группа, кетогруппа, оксогруппа (карбонильная группа)	$\text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}-\text{CH}_3$ Ацетон
$-\text{SH}$	Сульфгидрильная группа, тиольная группа, меркаптогруппа (тиоспирты, меркаптаны)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SH}$ Тиоэтаноламин
$\begin{array}{c} \text{NH} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Формиминная группа	$\text{R}-\text{C} \begin{array}{c} \text{NH} \\ \parallel \\ \text{H} \end{array}$ Имин
$\begin{array}{c} -\text{C}-\text{NH}_2 \\ \parallel \\ \text{NH} \end{array}$	Амидиновая группа	$\text{H}_2\text{N}-\text{C} \begin{array}{c} \parallel \\ \text{NH} \end{array}-\text{N} \begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ Креатин
$\begin{array}{c} -\text{NH}-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \parallel \\ \text{NH} \end{array}$	Гуанидиновая группа	$\text{H}_2\text{N}-\text{C} \begin{array}{c} \parallel \\ \text{NH} \end{array}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_3-\text{CH} \begin{array}{c} \\ \text{NH}_2 \end{array}-\text{COOH}$ Аргинин
$-\text{CH}_3$	Метил, метильная группа	$\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{HC} \begin{array}{c} \\ \text{NH}_2 \end{array}-\text{COOH}$ $\text{S}-\text{CH}_3$ Метионин
$-\text{CH}_2\text{OH}$	Оксиметил, оксиметильная группа, гидроксиметил, гидроксиметильная группа.	

		Витамин В ₆
$-\text{O}-\text{CH}_3$	Метоксигруппа (простые эфиры)	 Метоксиадреналин
$\diagup \text{CH}_2 \diagdown$	Метилен, метиленовая группа	$\begin{array}{c} \text{R}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{N}=\text{CH}_2 \end{array}$ Метиленаминокислота
$\begin{array}{c} \text{=CH} \\ \diagdown \end{array}$	Метин, метиновая группа, метенил	Гем гемоглобина
$-\text{CH}=\text{CH}_2$	Винил	 Стирол
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \\ \text{R} \end{array}$	Ацил	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \\ \text{S}-\text{KoA} \end{array}$ Ацилкоэнзим А
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Ацетил	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C} \\ \\ \text{S}-\text{KoA} \end{array}$ Ацетилкоэнзим А
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ -\text{HC} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Изопропил	 Изопропиладреналин
	Фенил	 Фенилаланин
	Индолил	 Триптофан

	Имидазолил	
	Алкоксикарбонильная группа (сложные эфиры)	
		Ацетоуксусный эфир

Номенклатура органических соединений

Номенклатура – это система правил, язык органической химии, который используется для передачи в названиях органических соединений их строения.

В настоящее время общепринята **систематическая номенклатура ИЮПАК** (IUPAC – Международный союз теоретической и прикладной химии). Правилами ИЮПАК разрешается употребление особенно укоренившихся *тривиальных* названий, которые исторически были первыми (ацетон, глицерин, аскорбиновая кислота и др.)

Наиболее широко в правилах систематической номенклатуры ИЮПАК представлена **заместительная и радикально-функциональная номенклатуры**.

Заместительная номенклатура

Для формирования названия по заместительной номенклатуре необходимо следовать следующему порядку:

1. Выбрать главную углеродную цепь или главную циклическую структуру.
2. Определить старшую функциональную группу.
3. Провести нумерацию атомов главной цепи или цикла.
4. Построить название органического соединения.

Выбор главной углеродной цепи проводится с учетом следующих критериев: максимальная длина, максимальное число функциональных групп, кратных связей.

Определение старшей функциональной группы проводится в соответствии с приводимой таблицей, в которой эти группы указаны в порядке убывания старшинства сверху вниз. **Старшая группа отражается в названии окончанием.**

Таблица 2

Порядок старшинства функциональных групп

Функциональная группа	Префикс	Окончание
$-(C)OOH^1$	—	овая кислота
$-COOH$	Карбокси	Карбоновая кислота
$-SO_3H$	Сульфо	Сульфоновая кислота (сульфоокислота)
$-(C)\equiv N$	—	Нитрил
$-(C)\begin{smallmatrix} O \\ // \\ H \end{smallmatrix}$	Оксо	аль
>C=O	Оксо	он
$-OH$	Гидрокси (окси)	ол
$-SH$	Меркапто	тиол
$-NH_2$	Амино	амин

¹ Атом углерода, заключенный в скобки, входит в состав углеродной цепи.

Таблица 3

Некоторые неуглеродные характеристические группы, указываемые только в приставках

Группа	Префикс
$-Br, -I, -F, -Cl$	Бром, йод, фтор, хлор
$-OR$	Алкокси
$-SR$	Алкилтио
$-NO_2$	Нитро

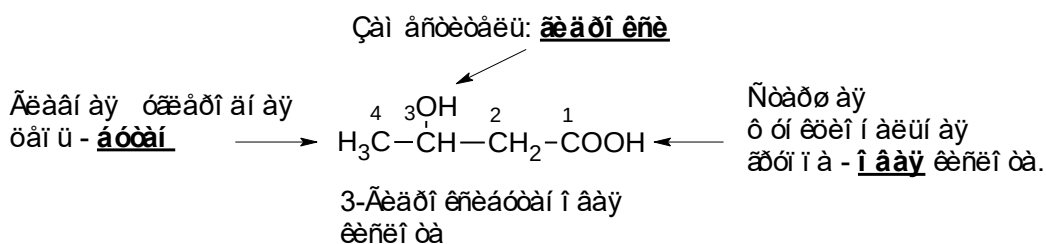
Нумерацию атомов главной углеродной цепи проводят так, чтобы старшая функциональная группа получила наименьший номер.

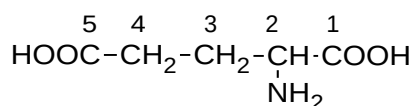
Построение названия органического соединения

Определяют название главной цепи и формируют окончание в зависимости от старшей функциональной группы. Степень насыщенности главной цепи отражают суффиксами: **ан** – насыщенный углеродный скелет, **ен** – наличие двойной и **ин** – тройной связи. Определяют название заместителей – младшие функциональные группы, углеводородные радикалы, которые обозначаются приставками в едином алфавитном порядке. Положение каждого заместителя и каждой кратной связи указывают цифрой, соответствующей номеру атома углерода, с которым связан заместитель. Для кратной связи указывают наименьший номер углеродного атома, при котором находится эта связь. Цифры ставят перед приставками и после суффиксов или окончания.

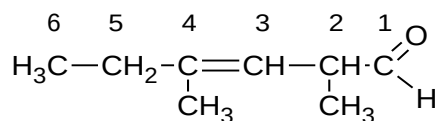
Если в соединении имеется несколько одинаковых заместителей или кратных связей, то перед соответствующим обозначением ставится умножающий префикс: **ди**, **три**, **тетра** и т.д.

Ниже приведены некоторые примеры названий по заместительной номенклатуре ИЮПАК.





2-Àì èì î î áí òàí àèî ààÿ-1,5 èèñèî òà

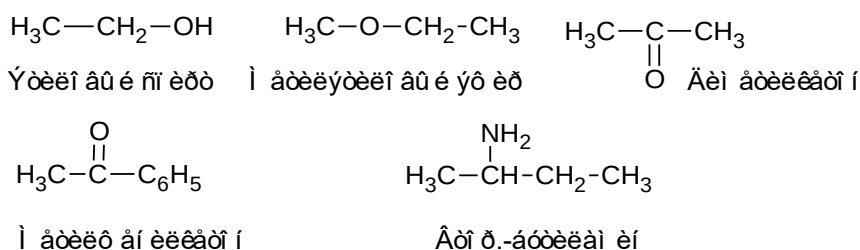


2,4-Äèì àðèèããñáí -3-àëü-1

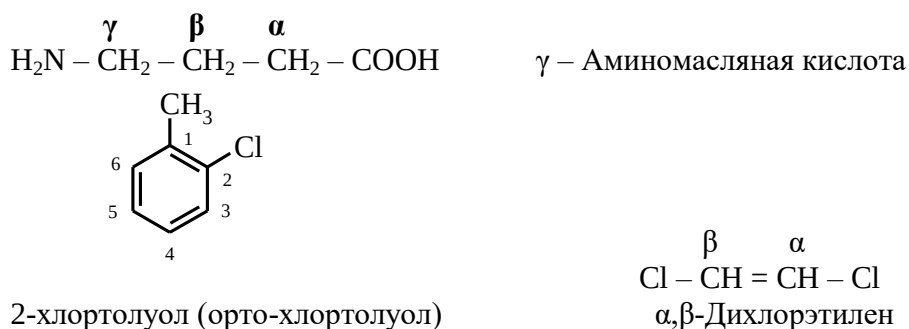
Радикально-функциональная номенклатура

Применение радикально-функциональной номенклатуры более ограничено, чем заместительной. В основном она используется для названия простейших моно- и бифункциональных соединений и некоторых классов природных веществ.

Радикально-функциональная номенклатура в значительной степени напоминает и заменяет применявшуюся ранее рациональную номенклатуру. Ниже приведены некоторые примеры названий органических соединений по радикально-функциональной номенклатуре.



В случае более сложных соединений выбирают произвольно главную цепь, заместители указывают в приставках, а расположение их обозначается цифрами, приставками **орто**-, **мета**-, **пара**- или греческими буквами α , β , γ , δ и т.д.



Изложенные номенклатурные правила должны служить постоянным руководством при последующем изучении номенклатуры конкретных классов органических соединений и их отдельных представителей. Знание общих правил номенклатуры имеет большое значение, так как в соответствии с ними строятся названия многочисленных лекарственных средств, с которыми врачи будут постоянно иметь дело в своей профессиональной деятельности.

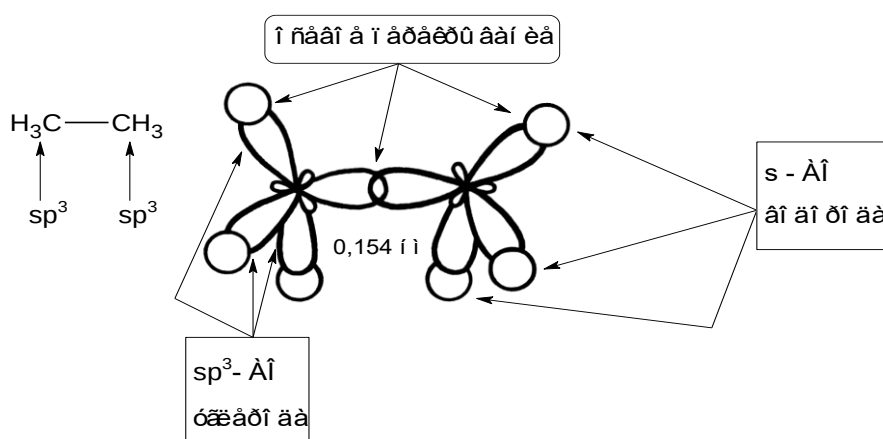
2. Химическая связь и взаимное влияние атомов в органических молекулах

Реакционная способность органических соединений обусловлена типом химических связей и взаимным влиянием атомов в молекуле.

Ковалентные связи являются основным типом химических связей в органических соединениях. Они образуются за счет обобществления электронов связываемых атомов.

Ковалентные связи бывают двух типов: **сигма (σ)-** и **пи (π)** связи.

σ -Связь – это связь, образованная при осевом перекрывании атомных орбиталей (АО) с расположением максимума перекрывания на прямой ("лоб в лоб"), соединяющей ядра связываемых атомов.

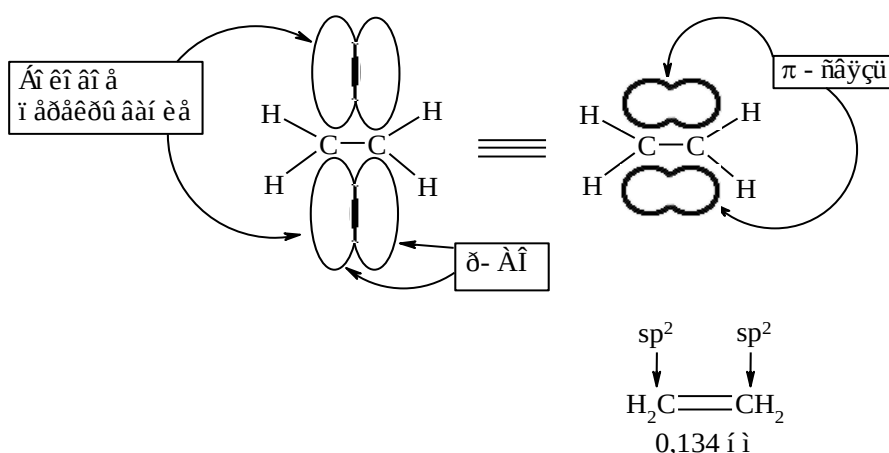


Образование σ -связей в этане путем осевого перекрывания АО.

На примере этана показано образование σ -связи между атомами углерода за счет осевого перекрывания гибридных sp^3 -АО и σ -связей $\text{C}-\text{H}$ путем

перекрывания гибридных sp^3 -АО углерода и s-АО водорода. Кроме осевого возможен еще один вид перекрывания – боковое перекрывание p-АО. Такое перекрывание приводит к возникновению π -связи.

π -Связь – это связь, образованная при боковом перекрывании ("бок в бок") p-АО с расположением максимума электронной плотности по обе стороны от прямой, соединяющей ядра атомов.



Образование π – связи в этилене за счет бокового перекрывания p-АО.

Двойная связь является сочетанием σ - и π -связей, а тройная – σ - и двух π -связей.

Характеристики ковалентной связи

Основные характеристики ковалентной связи – энергия, длина, полярность и поляризуемость.

Таблица 4

Основные характеристики некоторых ковалентных связей

Связь	Энергия (средние значения кДж/моль / ккал/моль)	Длина, нм
$C(sp^3) - C(sp^3)$	347 /83	0,154
$C(sp^2) = C(sp^2)$	606 /145	0,134
$C(sp) \equiv C(sp)$	828/198	0,120
$C(sp^2) = O$	694/166	0,123
$C(sp^3) - Cl$	326/78	0,177
$C(sp^3) - Br$	284/68	0,191
$C(sp^3) - I$	213/51	0,213
$O - H$	464/111	0,097

Энергией связи называется количество энергии, выделяющейся при образовании данной связи или необходимое для разъединения двух связанных атомов.

Энергия служит мерой прочности связи, чем больше её энергия, тем связь прочнее.

Длина связи – это расстояние между центрами связанных атомов. Двойная связь короче одинарной, а тройная – короче двойной.

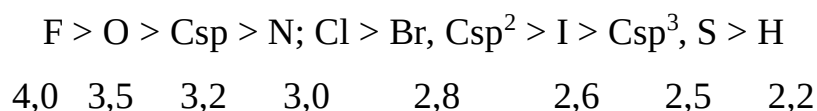
Полярность связи обуславливается неравномерным распределением (поляризацией) электронной плотности.

Причиной возникновения полярности связи служит различие в электроотрицательности связанных атомов.

Электроотрицательность – это способность атома в молекуле притягивать валентные электроны, связывающие его с другими атомами.

Чем больше электроотрицательность атома, тем сильнее он притягивает электроны ковалентной связи.

Основываясь на значениях энергии связей, американский химик Л.Полинг предложил количественную характеристику электроотрицательности (**шкала Полинга**):



Электроотрицательность не является абсолютной константой элемента. Она зависит от эффективного заряда ядра, вида гибридизации АО и влияния заместителей.

Полярность связей возрастает с увеличением разности в электроотрицательности связанных атомов. Таким образом, можно представить переход от **неполярной** ковалентной связи через **полярную** к **ионной** связи.

Таблица 5

$A - A$	$A \leftarrow B$	$A^- - C^+$
---------	------------------	-------------

Неполярная ковалентная связь:	Полярная ковалентная связь:	<i>Ионная связь</i> (гетерополярная)
электроотрицательность связанных атомов одинакова	показывает, соответственно, избыток и недостаток электронной плотности у атома по сравнению с соседним в зависимости от их электроотрицательности	возникает за счет электростатического притяжения между ионами; общее электронное облако отсутствует.

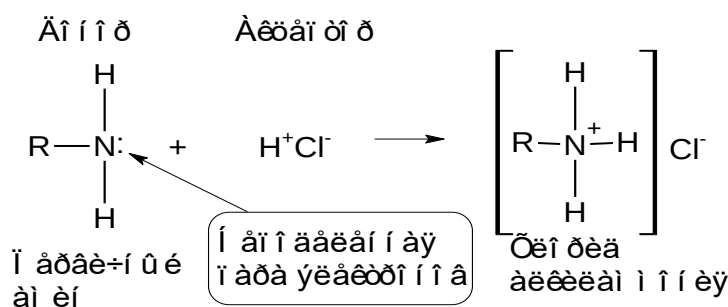
В схеме электроотрицательность элементов убывает в ряду $A > B > C$. Полярность является важным свойством ковалентных связей. Полярные ковалентные связи предрасположены к гетеролитическому разрыву.

Поляризуемость связи – это мера смещения электронов связи под влиянием внешнего электрического поля, в том числе и другой реагирующей частицы. Поляризуемость определяется подвижностью электронов. Электроны тем подвижнее, чем дальше они находятся от ядер. По поляризуемости π -связь значительно превосходит σ -связь, так как максимум электронной плотности π -связи располагается дальше от связываемых ядер. Поляризуемость в большей степени, чем полярность, определяет реакционную способность молекул по отношению к полярным реагентам.

Донорно-акцепторные связи

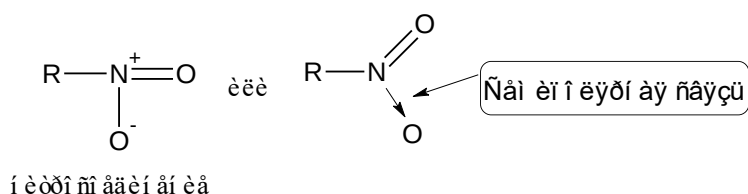
Перекрывание двух одноэлектронных атомных орбиталей – не единственный путь образования ковалентной связи.

Ковалентная связь может образовываться за счет электронной пары одного атома (донор) с вакантной орбиталью другого атома (акцептор) и называется **донорно-акцепторной** или **координационной**.



Образовавшаяся донорно-акцепторная связь отличается только способом образования; по свойствам она одинакова с остальными ковалентными связями. Атом-донор N при этом приобретает положительный заряд.

Разновидностью донорно-акцепторной связи служит **семиполярная** связь, например, в нитрогруппе:

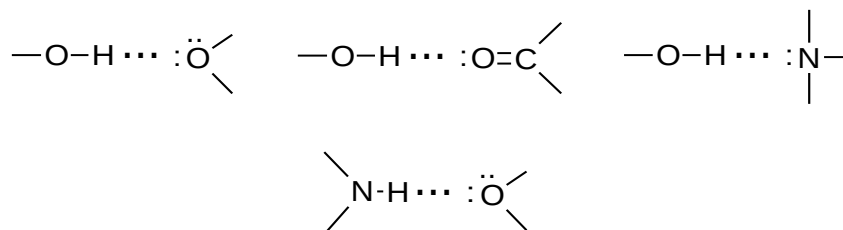


Одновременно с образованием ковалентной связи за счет неподеленной пары электронов азота на связанных атомах возникают противоположные по знаку заряды. За счет электростатического притяжения между ними дополнительно возникает ионная связь. Результирующее сочетание ковалентной и ионной связи называется **семиполярной связью**, характерным признаком которой служит наличие противоположных зарядов на ковалентно связанных атомах. Донорно-акцепторные связи характерны для комплексных соединений, называемых также донорно-акцепторными комплексами. В зависимости от типа донора, т.е. от того, какие электроны обобществляются, комплексы классифицируются как n- или π-комплексы.

Водородные связи

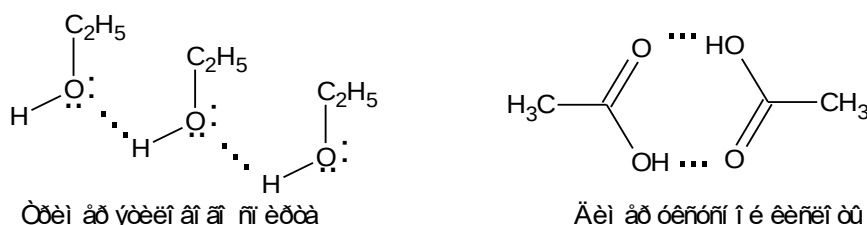
Атом водорода, связанный с сильно электроотрицательным атомом (N, O, F) электронодефицитен и способен взаимодействовать с неподеленной парой электронов другого сильно электроотрицательного атома, находящегося либо в этой же, либо в другой молекуле. В результате возникает **водородная связь**, являющаяся разновидностью донорно-акцепторной связи. Графически

водородная связь обозначается тремя точками. Атом водорода служит связующим между двумя электроотрицательными атомами.



Энергия водородной связи невелика (10-40 кДж/моль) и, в основном, определяется электростатическим взаимодействием.

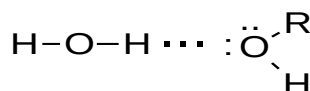
Межмолекулярные водородные связи обуславливают ассоциацию органических соединений, например, спиртов, кислот.



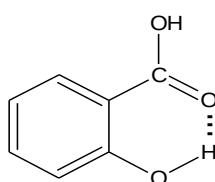
Образование водородных связей влияет на физические (температура кипения) и химические (кисотно-основные) свойства соединений. Так, температура кипения этанола (78,3°C) значительно выше, чем у имеющего одинаковую с ним молекулярную массу диметилового эфира (-24°C) CH₃-O-CH₃, не ассоциированного за счет водородных связей.

Органические соединения могут взаимодействовать с растворителем, т.е. сольватироваться за счет образования межмолекулярных водородных связей.

Например, в водном растворе происходит гидратация спиртов:



Могут возникать и **внутримолекулярные** водородные связи, например, в салициловой кислоте, что приводит к повышению её кислотности



Салициловая кислота

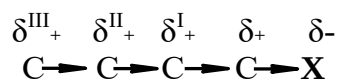
Водородные связи имеют важное значение для формирования пространственной структуры белков и нуклеиновых кислот.

Взаимное влияние атомов

Реакционная способность соединений в значительной степени зависит от характера распределения электронной плотности в нереагирующих молекулах. Неравномерность в распределении электронной плотности является следствием электронных эффектов заместителей, подразделяемых на индуктивный и мезомерный эффекты.

Индуктивный эффект

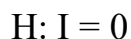
Ковалентная связь неполярна (ее электронная плотность распределена равномерно) только при связывании одинаковых или близких по электроотрицательности атомов. При соединении атомов с разной электроотрицательностью электронная плотность ковалентной связи смещена в сторону электроотрицательного атома. Такая связь поляризована. Поляризация не ограничивается только одной σ -связью, а распространяется по цепи и ведет к появлению на атомах **частичных зарядов (δ)**:



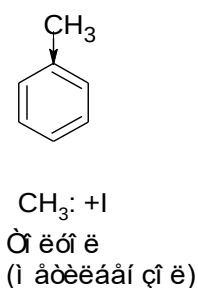
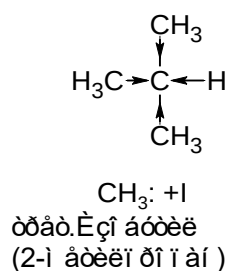
Таким образом, заместитель **X** вызывает поляризацию не только «своей» σ -связи с атомом углерода, но передает влияние (проявляет эффект) и на соседние σ -связи. Такой вид электронного влияния называется **индуктивным** и обозначается **I**.

Индуктивный эффект – это передача электронного влияния заместителя по цепи σ -связей.

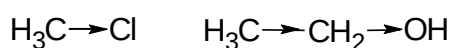
Направление индуктивного эффекта заместителя принято качественно оценивать сравнением с атомом водорода, индуктивный эффект которого принят за 0 (связь C-H считают практически неполярной)



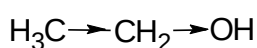
Заместитель **X**, притягивающий электронную плотность σ -связи сильнее, чем атом водорода, *проявляет отрицательный индуктивный эффект*, – I. Если же заместитель **У** по сравнению с атомом H увеличивает электронную плотность в цепи, то он проявляет *положительный индуктивный эффект*, +I. Графически I-эффект изображается стрелкой, совпадающей с положением валентной черточкой и направленной острием в сторону более электроотрицательного атома. **+I-Эффектом** обладают алкильные группы, атомы металлов, анионы.



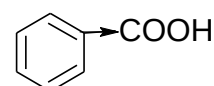
Большинство заместителей обладает -I-эффектом и тем большим, чем выше электроотрицательность атома, образующего ковалентную связь с атомом углерода.



Cl: -I



OH: -I



COOH: -I

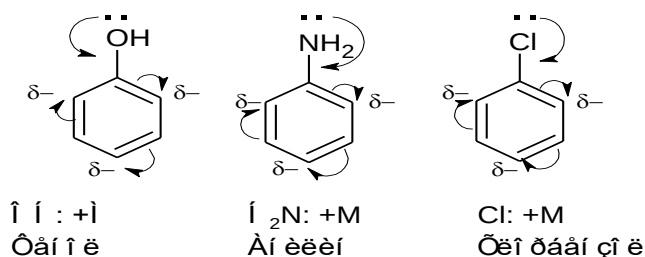
Индуктивный эффект из-за слабой поляризуемости σ -связи затухает через 3-4 σ -связи в цепи. Его действие наиболее сильно проявляется на двух ближайших к заместителю атомах углерода.

Мезомерный эффект

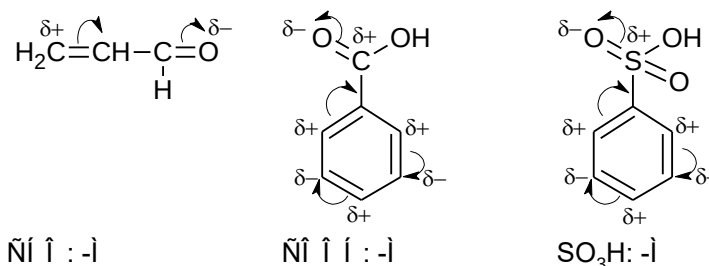
Если индуктивный эффект имеет место всегда, когда в молекуле есть атомы с различной электроотрицательностью, то для проявления **мезомерного эффекта** необходимо наличие в молекуле сопряженного участка (присутствие чередующихся одинарных и двойных связей). Мезомерный эффект также называют **эффектом сопряжения**, так как передача влияния происходит по системе π -связей.

Мезомерный эффект (М-эффект) – это передача электронного влияния заместителя по системе π -связей.

Заместители, повышающие электронную плотность в сопряженной системе проявляют **положительный мезомерный эффект**, $+M$. Положительным мезомерным эффектом обладают заместители, содержащие атомы с неподеленной электронной парой или целым отрицательным зарядом.

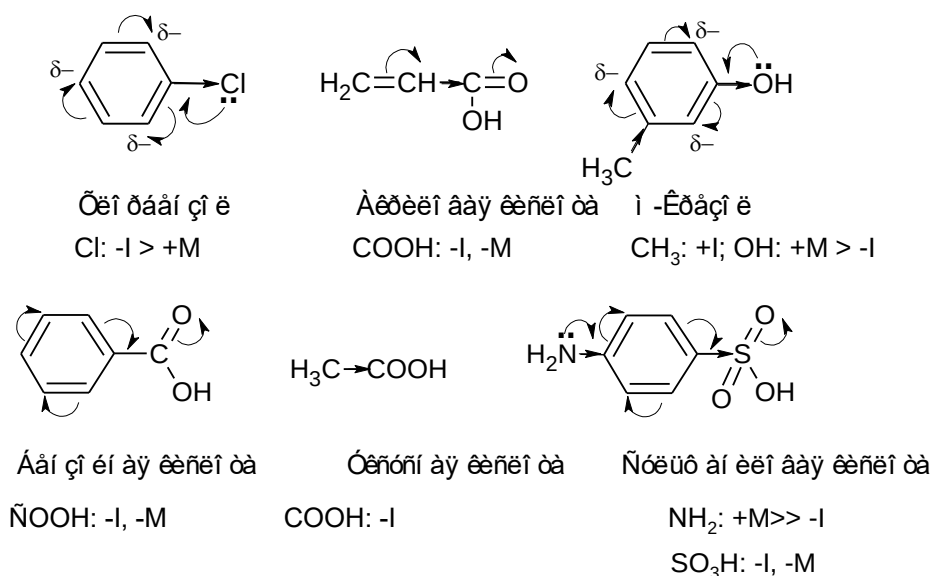


Заместители, оттягивающие электронную плотность из сопряженной системы, проявляют **отрицательный мезомерный эффект**, $-M$. К ним относятся ненасыщенные группировки, положительно заряженные атомы.



Перераспределение (смещение) общего электронного облака под действием М-эффекта графически обозначается изогнутыми стрелками, начало которых показывает, какие p - или π -электроны смещаются, а конец – связь или атом, к которым они смещаются. На концевых атомах с сопряженной цепи обычно указывают частичные заряды. В отличие от индуктивного мезомерный эффект передается по системе сопряженных связей на значительно большее расстояние.

В целом, при оценке влияния заместителей на распределение электронной плотности в молекуле необходимо учитывать суммарное действие индуктивного и мезомерного эффектов.



Все заместители в зависимости от того, повышают они или понижают электронную плотность в молекуле, рассматриваются как *электронодонорные* – ЭД (алкилы, NH₂-, OH-, -OR) или *электроноакцепторные* – ЭА (галогены, -NO₂, -COOH, -SO₃H, >C=O).

. 3. Пространственное строение органических молекул

Конфигурация. Конформация

Сtereoхимия изучает пространственное строение органических соединений. Её можно назвать химией соединений в трехмерном пространстве. Пространственное строение взаимосвязано не только с физическими и химическими свойствами веществ, но и с проявляемой ими биологической активностью.

Понятие о строении

Наиболее полное представление о структуре органической молекулы складывается из знания её химического и пространственного строения. Под строением А.М. Бутлеров понимал последовательность связей атомов в молекуле. В настоящее время учитывается не только последовательность, но и природа, т.е. электронное строение связей.

Химическое строение молекулы определяется природой и последовательностью связей между составляющими её атомами. Важнейшей характеристикой неорганического соединения служит состав его, выражаемый молекулярной формулой, например, HCl , H_2SO_4 и т.д. Для органических соединений состав и, соответственно, молекулярная формула не являются однозначными характеристиками, так как одному и тому же составу может соответствовать значительное количество реально существующих соединений. Это явление было открыто более 150 лет назад и названо **изомерией**, а различные вещества с одинаковым составом **изомерами**.

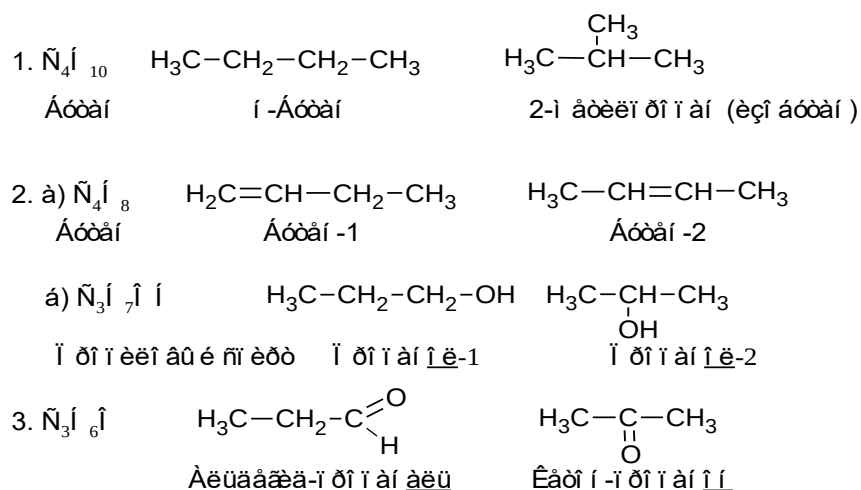
Изомерами называются соединения с одинаковым составом, но отличающиеся природой или последовательностью связей между атомами и расположением их в пространстве.

В соответствии с этим изомеры делятся на две основные группы:

структурные изомеры и **пространственные** изомеры – **стереоизомеры**.

Структурные изомеры отличаются по химическому строению, поэтому их еще называют *изомерами строения*. Структурные изомеры делятся на ряд групп:

1. Изомеры цепи.
2. Изомеры положения:
 - а) кратных связей
 - б) функциональных групп
3. Изомеры функциональных групп.



Стереοιζομερѳ различаются пространственным расположением атомов в молекуле. Для описания пространственных различий используются два важнейших понятия в стереохимии – **конфигурация** и **конформация** молекул.

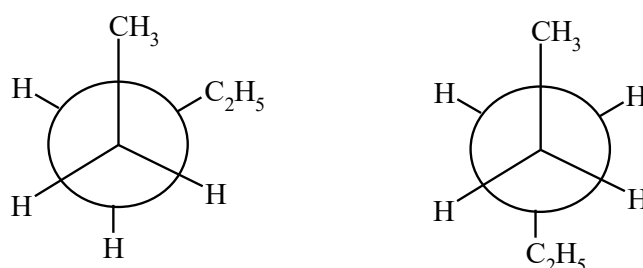
Конфигурация – это определенное пространственное расположение атомов в молекуле.

Органические соединения могут при одинаковом составе и одинаковом химическом строении различаться конфигурацией (**конфигурационные изомеры**)

Под конформацией понимают различные взаимопревращающиеся пространственные формы молекулы, возникающие при изменении относительной ориентации отдельных ее частей в результате внутреннего вращения атомов или групп атомов вокруг простых связей, изгиба связей и др. Конформационные переходы протекают вследствие стереохимической нежесткости большинства молекул в результате свободного вращения вокруг простых σ-связей или деформации валентных углов. Важно подчеркнуть, что одна конформация превращается в другую без разрыва существующих в молекуле валентных связей. Каждой конкретной конформации соответствует определенная энергия. Обычно при свободном вращении вокруг σ-связи энергия изменяется волнообразно: максимумы чередуются с минимумами.

Конформации молекул на плоскости чертежа обычно изображают с

помощью **формул Ньюмена**. Молекулу рассматривают вдоль выбранной С-С-связи, проецируя ее на плоскость, перпендикулярную этой связи. Для наглядности изображения между двумя углеродными атомами мысленно помещают непрозрачный круг. При этом проекции трех связей ближнего к наблюдателю атома углерода изображают линиями, расходящимися под углом 120° из центра круга. Проекции трех связей дальнего атома углерода «выглядывают» из-за круга также под углом 120° друг к другу. Ниже приведены формулы Ньюмена для заторможенных конформаций пентана относительно связи C_2-C_3 :



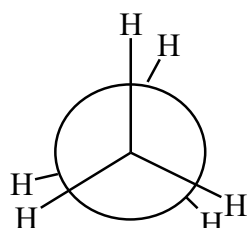
Изучение конформационных превращений – задача *конформационного анализа*.

Под **конфигурацией** понимается определенное пространственное расположение атомов или групп вокруг хиральной части молекулы (пространственное строение молекулы). Одна и та же стереохимическая конфигурация может включать в себя множество конформаций, различающихся друг от друга величинами соответствующих валентных или торсионных (двугранных) углов внутреннего вращения. Конфигурация хиральной молекулы может сохраняться при значительной деформации этой молекулы, но переход одного энантиомера в другой всегда означает обращение конфигурации. Конформационные переходы могут изменить, а могут и не изменить стереохимическую конфигурацию молекулы.

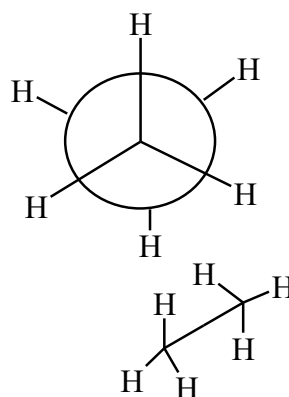
Конформации ациклических молекул

Среди бесчисленного множества конформаций этана, образующихся при вращении метильных групп относительно связи С-С, выделяют две конформации, которым соответствуют экстремальные значения энергии, -

заслоненную (или *син*-форму) и заторможенную (или *анти*-форму). Заслоненной называют конформацию, в которой атомы водорода у соседних углеродов максимально сближены, а торсионный угол (т. е. двугранный угол между плоскостями $\text{H-C}_1\text{-C}_2$ и $\text{C}_1\text{-C}_2\text{-H}$) равен 0° . Она характеризуется наибольшей энергией, на энергетической диаграмме ей соответствует максимум. Заторможенной является конформация этана, в которой атомы водорода у соседних углеродных атомов максимально удалены друг от друга, а торсионный угол составляет 60° . Она характеризуется наименьшей энергией, на энергетической диаграмме ей соответствует минимум.

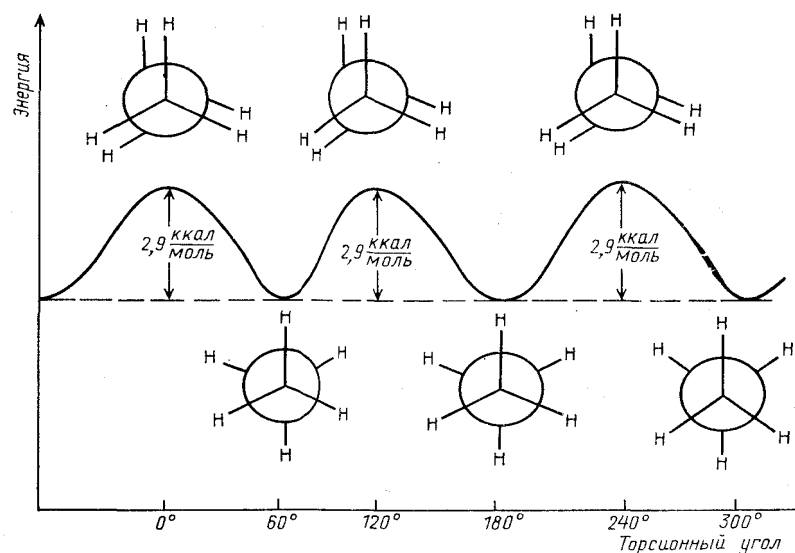


заслоненная
конформация этана



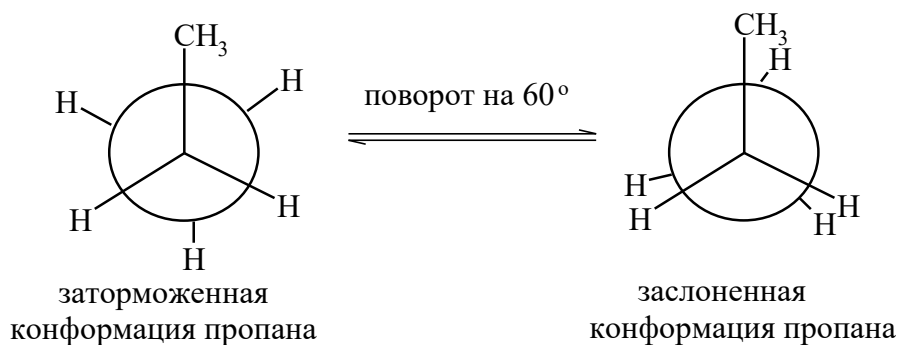
заторможенная
конформация этана

Вращение относительно одинарной углерод-углеродной связи не является абсолютно свободным. При переходе из одной заторможенной конформации в другую требуется преодолеть энергетический барьер, который для этана составляет 2,9 ккал/моль. При полном повороте одной метильной группы относительно другой молекула этана проходит три вырожденные заторможенные конформации и три вырожденные заслоненные:

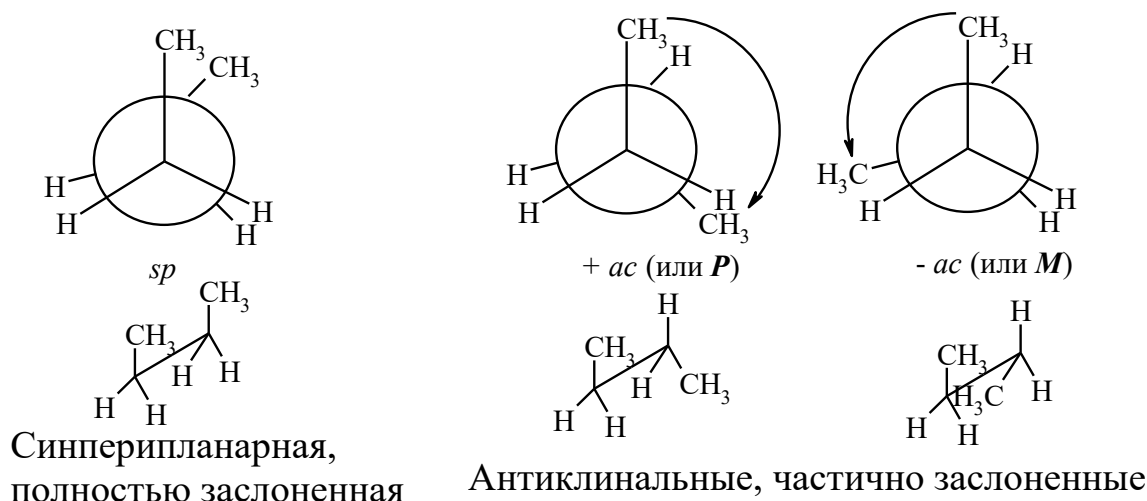


Возникновение такого барьера обычно связывают с отталкиванием электронов связей С-Н в заслоненной конформации. Однако недавно (*Nature*, 2001) появилось сообщение о том, что предпочтительность заторможенной конформации этана обусловлена гиперконъюгацией. Дело в том, что именно в такой форме происходит эффективное перекрывание связывающей орбитали одной С-Н-связи с разрыхляющей орбиталью другой.

Барьер вращения для пропана составляет 3,4 ккал/моль:



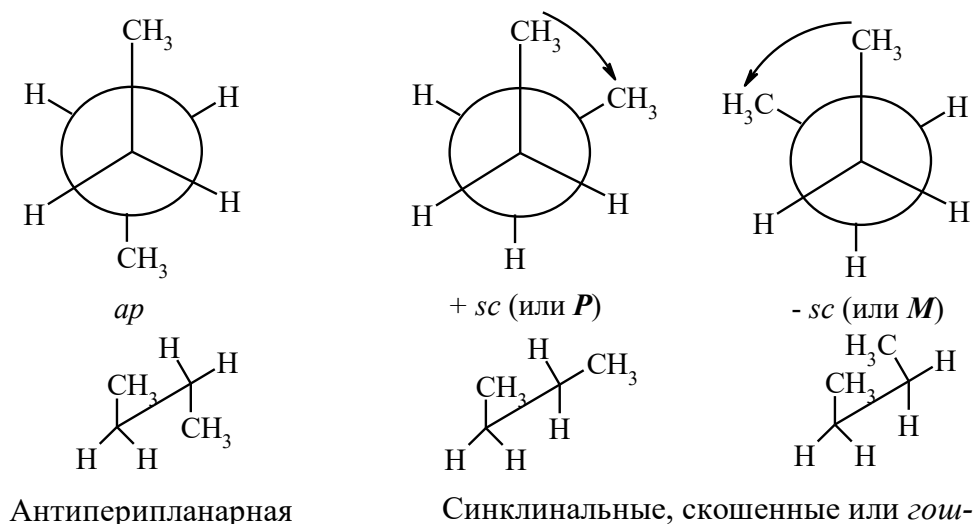
Аналогичные конформации имеют место в молекуле бутана при вращении вокруг связей C_1-C_2 и C_3-C_4 . Более сложной является картина конформационных превращений бутана относительно связи C_2-C_3 . Помимо полностью заслоненной (синперипланарной – обозначение *sp*), имеются также две частично заслоненные (антиклинальные – *ac*) конформации, которым соответствуют меньший по величине максимум (торсионный угол 120° и 240°):



При этом синперипланарная конформация бутана ахиральна, тогда как антиклинальные энантиомерны друг другу. Чтобы их различать, используют знаки «плюс» или «минус» (или обозначения ***P*** или ***M***) в зависимости от направления закручивания (вправо или влево) воображаемой спирали, связывающей CH_3 -группы.

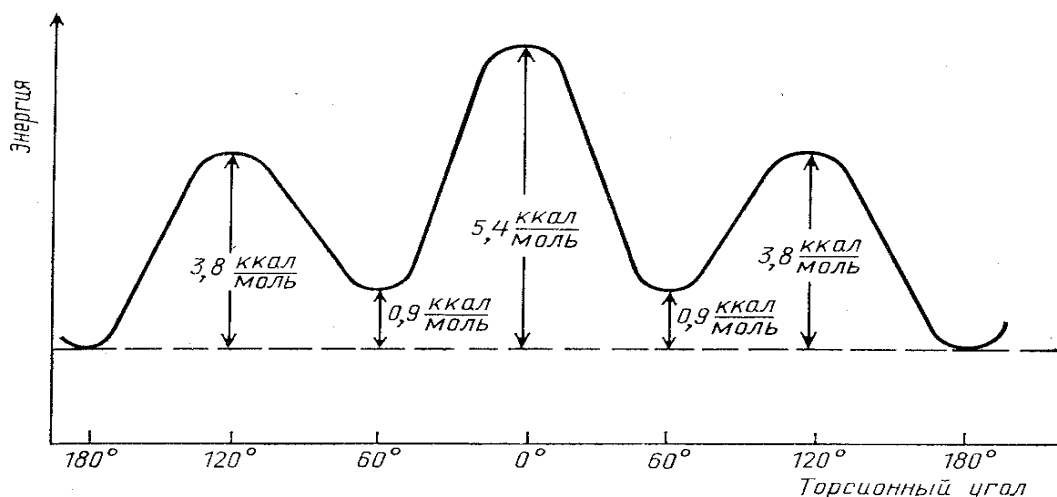
В общем случае для обозначения конформаций руководствуются следующими правилами: 1) если все заместители разные, выбирают два из них (по одному старшему у каждого из центральных атомов), пользуясь правилами последовательного старшинства заместителей; 2) если один или оба центральных атома замещены по типу Ca_2b , то в качестве «опорной» группы при отнесении конфигурации выбирается заместитель **b** (при этом не имеет значения, с какой стороны молекулярный фрагмент проецируется на плоскость). Напомним, что хиральность отдельных конформаций не предполагает хиральности молекулы: хиральные молекулы являются *хиральными во всех своих конформациях*.

Помимо полностью заторможенной (антиперипланарной – *ap*, торсионный угол равен 180°), существуют также две скошенные или *g*-конформации бутана (синклинальные – *sc*, торсионный угол 60° и 300°), энергия которых несколько выше:



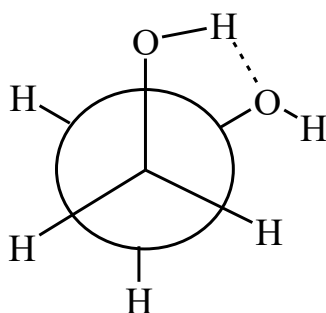
Антиперипланарная конформация бутана ахиральна, тогда как синклинальные - энантиомерны друг другу.

Энергетическая диаграмма конформационных превращений бутана при вращении относительно связи C_2-C_3 представлена ниже:



(ap) $(+ac)$ $(+sc)$ (sp) $(-sc)$ $(-ac)$ (ap)

Небольшие энергетические различия между синклинальными и антиперипланарными конформациями в случае более сложных молекул, обладающих активными функциональными группировками, могут легко инвертироваться в пользу синклинальных конформаций за счет тех или иных вторичных пространственных эффектов. Например, в молекуле этандиола вследствие внутримолекулярной водородной связи между двумя гидроксильными группами более стабильным оказывается именно синклинальный конформер:

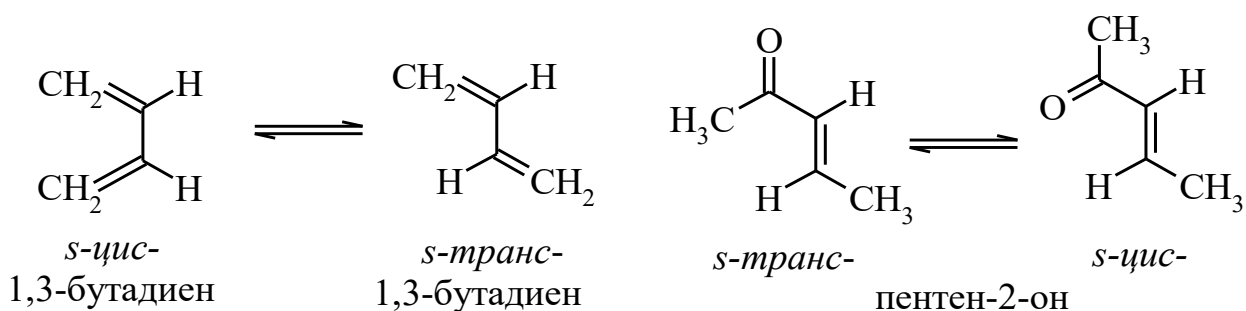


Содержание заслоненных конформаций в массе вещества обычно близко к нулю; поскольку, однако, энергии активации многих химических реакций могут значительно превышать величину энергетического барьера вращения, становится возможной ситуация, при которой те или иные невыгодные и поэтому экспериментально ненаблюдаемые конформации могут выступать в качестве промежуточных продуктов химических превращений.

Если внутреннее вращение в молекуле происходит вокруг связей, образованных sp^3 - и sp^2 -гибридизованными атомами углерода, рассмотренные закономерности конформационного поведения могут принципиально измениться. Физическими методами было установлено, что для молекул ацетальдегида и пропилена наиболее выгодными являются уже заслоненные конформации, что предсказывалось и на основании квантовохимических расчетов:



Внутреннее вращение относительно связей, образованных sp^2 -гибридизованными атомами углерода, характеризуется также более устойчивыми заслоненными конформациями, что обеспечивает плоское строение молекул, необходимое для эффективной делокализации. В случае сопряженных диенов различают *s-цис*- и *s-транс*-конформеры, возникающие в результате вращения вокруг простой (*s* – *single*) связи:



Энергетическое различие между ними для 1,3-бутадиена составляет около 8 кДж/моль, причем более устойчивым является *s-trans*-конформер. В случае пентен-2-она *s-trans*-конформер также несколько более стабилен.

Конформации молекулы, которым отвечают минимумы энергии, называются **конформерами**. Относительная стабильность конформеров в большей степени зависит от внешних факторов (агрегатное состояние, природа растворителя), чем от внутримолекулярных взаимодействий. В твердой фазе благодаря силам кристаллической упаковки, как правило, полностью доминирует один из возможных конформеров (например, экваториальный у монозамещенных циклогексанов). В жидкой и газовой фазах обычно наблюдается равновесие между конформерами, причем не всегда преобладает тот, который существовал в твердой фазе.

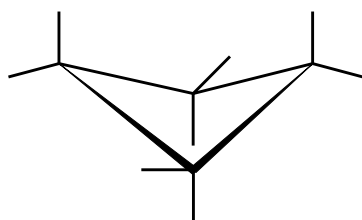
Конформеры имеют разные геометрические и полярные характеристики и поэтому по-разному взаимодействуют с растворителем. Различие в энергиях сольватации заметно сказывается на параметрах конформационного равновесия, смена растворителя может даже привести к изменению относительной стабильности конформеров. Обычно полярный растворитель стабилизирует более полярный конформер. Например, в растворе пентана преобладает диаксиальный конформер *транс*-1,2-дихлорциклогексана, тогда как в полярном ацетоне преобладает диэкваториальный конформер.

При достаточно высоких барьерах вращения возможно разделение конформационных изомеров, например, в случае *орто*-замещенных бифенилов (атропоизомерия). Применение очень низких температур позволило, например, разделить конформеры замещенных циклогексанов.

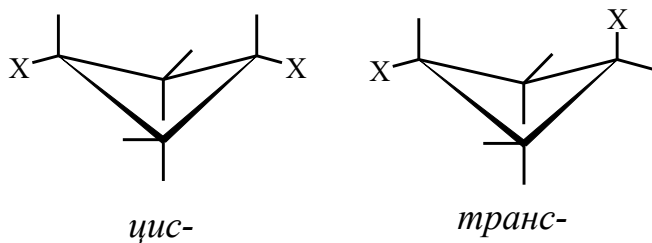
Явление существования различных конформеров обозначают терминами конформационная изомерия или поворотная изомерия.

Конформации алициклических молекул

Циклопропан – единственный плоский алицикл (три точки всегда лежат в одной плоскости). Предпочтительной конформацией циклобутана является перегнутая (сложенная по диагонали) форма, в которой дополнительное угловое напряжение, создающееся из-за уменьшения валентных углов ниже 90° , компенсируется частичным снятием торсионного напряжения, присущего плоской форме:



Существование сложенных конформаций объясняет, почему в ряду 1,3-дизамещенных циклобутана *цис*-стереоизомеры более стабильны, чем соответствующие *транс*-производные:

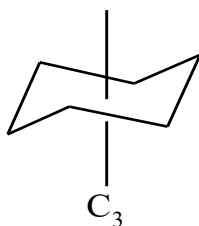


Циклопентаны также неплоские; они принимают либо форму конверта (E), содержащую четыре атома в плоскости, либо твист-форму (T), в которой в одной плоскости располагаются три атома кольца:

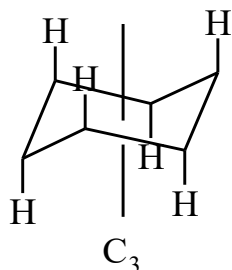


Отдельные углеродные атомы циклопентана не занимают жестко закрепленного положения относительно средней плоскости, т. е. кольцо как бы находится в постоянном волнообразном движении – *псевдовращении*.

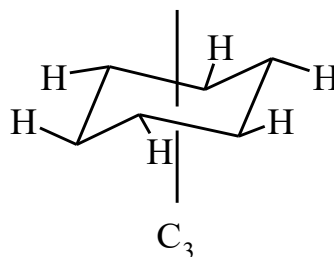
Для циклогексана существует нескольких важных конформаций, наиболее стабильной из которых является конформация **кресла**, имеющая ось симметрии третьего порядка (C_3):



При этом шесть связей С-Н называются аксиальными, поскольку они направлены параллельно оси C_3 , другие шесть – экваториальными (их направление обозначают как «чуть вверх» или «чуть вниз» относительно перпендикуляра к оси симметрии третьего порядка):

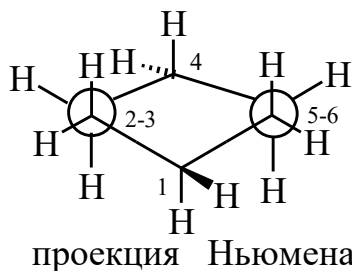


шесть аксиальных связей
в молекуле циклогексана



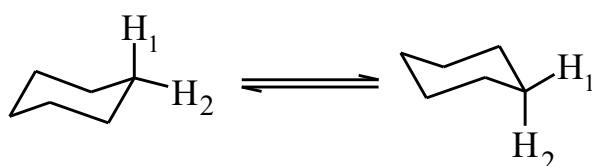
шесть экваториальных связей
в молекуле циклогексана

Таким образом, шесть атомов водорода находятся в аксиальном (*a*), а другие шесть – в экваториальном (*e*) положениях, причем при соседних атомах углерода аксиальные атомы имеют *транс*-расположение, также как и соседние экваториальные. Из проекции Ньюмена вдоль связей C_2-C_3 и C_6-C_5 видно, что соседние атомы водорода и углерода находятся в заторможенном положении:

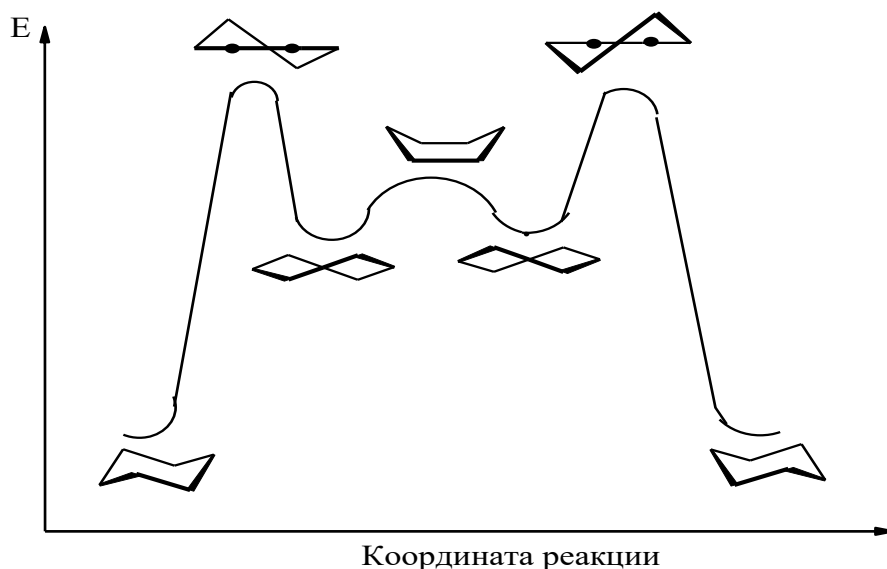


Отсутствие углового и торсионного напряжения делает конформацию кресла наиболее устойчивой.

Кроме формы кресла существуют также формы ванны, полукресла и твист-форма циклогексана, которые называют подвижными формами. Причем твист-конформации соответствует минимум энергии (значительно превышающий, впрочем, энергию кресла), а конформациям ванны и полукресла – максимум энергии на энергетическом профиле конформационных превращений циклогексана (наибольший – для полукресла). Подвижные формы являются промежуточными в ходе процесса конверсии – взаимопревращения двух форм кресла, в результате которого все аксиальные связи становятся экваториальными и наоборот:



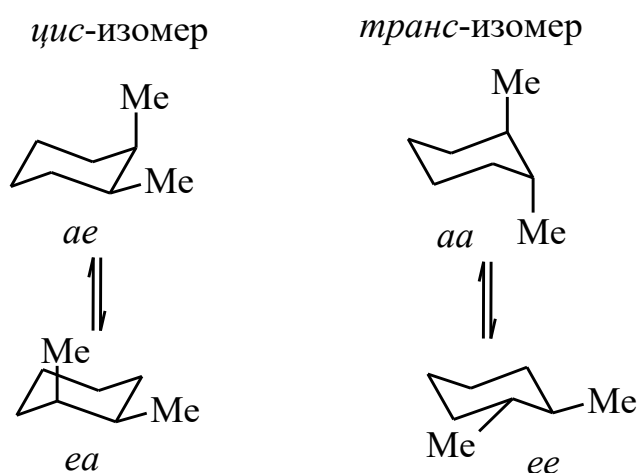
Конверсия обратима и осуществляется очень легко (энергетический барьер 11 ккал/моль); в равновесии присутствуют обе формы. При 20 °С циклогексан на 99,99% существует в кресловидной конформации. Ниже приведена энергетическая диаграмма этого процесса с указанием промежуточных конформаций.



Монозамещенные циклогексаны из-за быстрой конверсии неразличимы в обычных условиях, однако при очень низких температурах удастся зафиксировать более устойчивый конформер. Так, например,

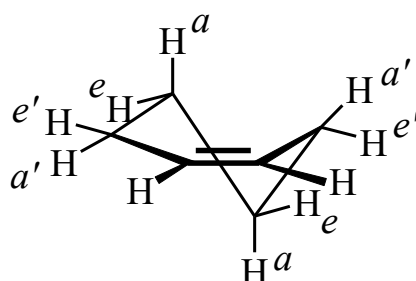
хлорциклогексан при комнатной температуре существует в виде равновесной смеси *e*- и *a*-конформеров. Однако при $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ можно выделить индивидуальную *a*-форму, которая ведет себя в этих условиях как устойчивый изомер.

Оценивая устойчивость *цис*- и *транс*-изомеров в случае диалкилциклогексанов, пользуются правилом, согласно которому преимущество будет на стороне того из них, который в результате конверсии может дать конформер с большим числом заместителей в экваториальном положении. Например, в случае 1,2-диметилциклогексанов более устойчивым является *транс*-изомер, поскольку только он может содержать оба заместителя в экваториальном положении:



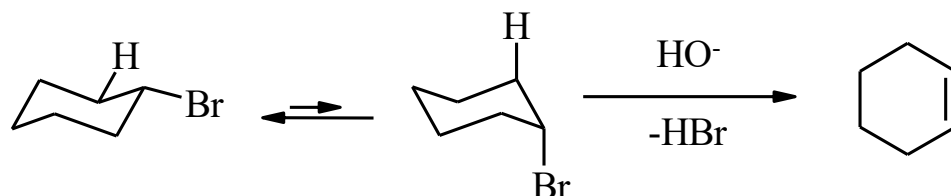
Отметим, что *транс*-1,2-дизамещенные циклогексаны оптически активны и существуют в виде энантиомеров.

Для циклогексена наиболее устойчива конформация полукресла:



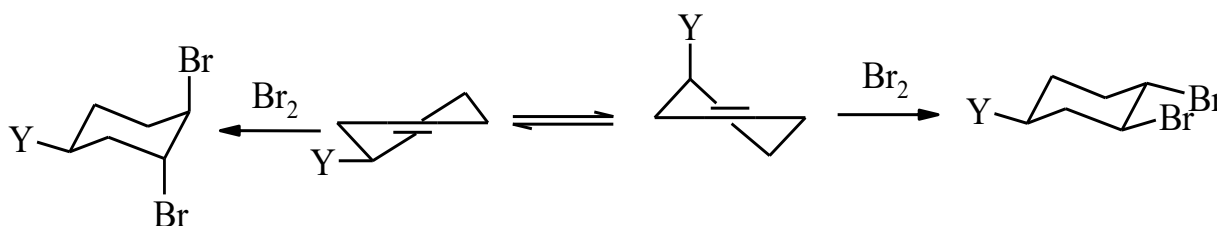
Истинные аксиальные и экваториальные положения у циклогексена имеются только у атомов C_4 и C_5 ; атомы водорода в положениях C_3 и C_6 находятся в так называемых *псевдоаксиальных* (a') и *псевдоэкваториальных* (e') положениях.

Реакционная способность конформеров определяется тем, насколько их структура удовлетворяет стерическим и стереоэлектронным требованиям реакции (стерическая доступность реагирующих групп, *транс*-расположение элиминируемых групп в реакции *E2* и т. д.). Например, дегидробромирование бромциклогексана протекает как *транс*-элиминирование, которое может осуществляться только для аксиальной конформации, несмотря на то, что доля этой конформации в равновесии мала:



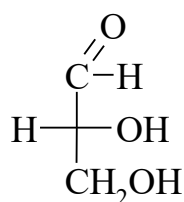
Обобщение экспериментальных данных позволило сформулировать ряд правил относительно реакционной способности конформеров. Например: экваториальные заместители в производных циклогексана более доступны и вступают в реакции с большей скоростью (гидролиз, этерификация и т. п.); при реакциях, в ходе которых удаляется заместитель, аксиальный изомер реагирует быстрее, так как при этом исчезают 1,3-*син*-аксиальные взаимодействия (окисление спиртов, замещение, элиминирование и т.п.); объемистые восстановители вследствие стерических затруднений атакуют карбонильную группу в циклогексанонах с экваториальной стороны с образованием аксиальных спиртов, а менее объемистые (LiAlH_4) – с аксиальной стороны, образуя экваториальные спирты.

Если в реакции участвуют два конформера, то они, как правило, дают различные продукты, например:

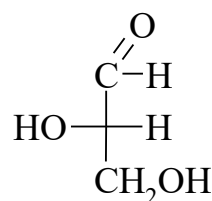


Абсолютная и относительная конфигурации

К началу XX века было известно множество оптически активных органических соединений. По знаку их вращения невозможно было определить их абсолютную конфигурацию, т. е. реальное пространственное расположение групп вокруг данного хирального центра. В 1906 году для сопоставления конфигураций молекул различных оптически активных веществ в качестве стандарта для сравнения был избран глицериновый альдегид. По предложению Э.Фишера правовращающему (+) и левовращающему (-) изомерам этого соединения была произвольно приписана приведенная ниже конфигурация и их D,L-обозначение:

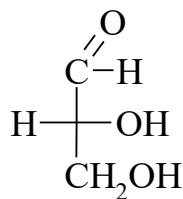


D(+)-глицериновый альдегид

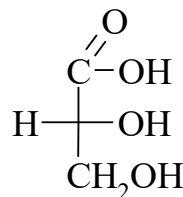
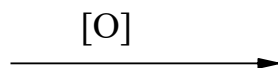


L(-)-глицериновый альдегид

Как только был выбран стандарт, стало возможным соотносить с ним конфигурацию других соединений. Например, при окислении D-глицеринового альдегида образуется (-)-глицериновая кислота. Поскольку данная реакция не затрагивает асимметрический атом, (-)-глицериновая кислота также относится к D-ряду:



D(+)-глицериновый альдегид

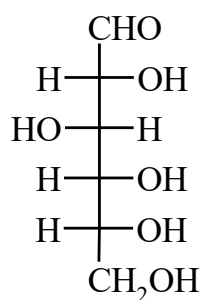


D(-)-глицериновая кислота

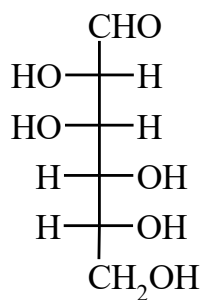
Подобным образом было проведено отнесение многих тысяч других соединений к D- или L-ряду (рацемическую смесь обозначают как D,L-, например, D,L-аланин). Следует особо подчеркнуть, что принадлежность соединения к D- или L-ряду отнюдь не определяет направления их вращения, которая измеряется экспериментально. Соединение может принадлежать к L-ряду, но быть правовращающим, и наоборот.

D,L-обозначение оптических изомеров имеет большое значение в длинных

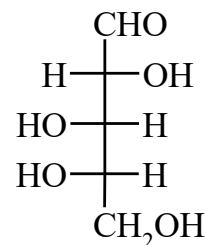
сериях однотипных соединений, связанных друг с другом однотипными же переходами. В настоящее время она используется в ряду аминокислот и углеводов. Например, в случае моносахаридов принадлежность к D- или L-ряду определяется по конфигурации последнего, считая от альдегидной группы, асимметрического атома углерода:



D-глюкоза



D-манноза



L-арабиноза

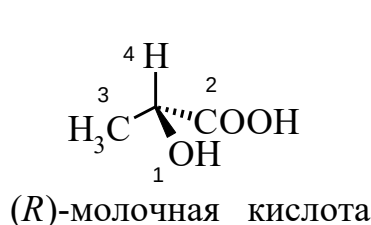
D,L-номенклатура энантиомеров до 1951 года обозначала относительную конфигурацию многих тысяч органических веществ. Лишь в 1951 году с помощью специальной техники удалось установить абсолютную конфигурацию двух соединений, а значит и всех тех, чья относительная конфигурация к тому времени была известна. Оказалось, что произвольный выбор структуры (+)-глицеринового альдегида был сделан правильно. Таким образом, с 1951 года D,L-номенклатура указывает на абсолютную конфигурацию вещества.

В 1966 году была предложена **R,S-номенклатура** органических веществ, основанная на знании их реального пространственного строения. В настоящее время она является общепризнанной.

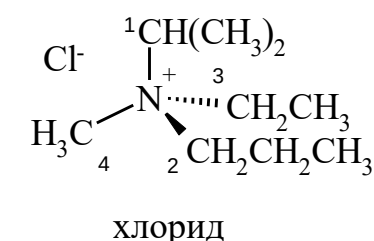
В рамках этой номенклатуры к обычному химическому названию в качестве специальных префиксов прибавляются символы *R* или *S*, строго и однозначно определяющие абсолютную конфигурацию хиральных элементов данной молекулы. Эта номенклатура также дает возможность решения и обратной задачи – построения на основе того или иного конфигурационного символа такой стереопроекции любой хиральной молекулы, которая представляет ее истинную пространственную структуру. Для нахождения конфигурационного символа необходимо:

1) определить порядок старшинства четырех заместителей (лигандов) у хирального центра, например, асимметрического атома углерода. При этом пользуются правилами последовательного старшинства заместителей;

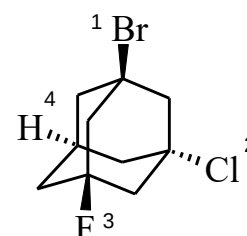
2) наблюдатель смотрит на молекулу (или ее модель) со стороны, противоположной самому младшему заместителю. Если при этом старшинство первых трех лигандов убывает при движении по часовой стрелке, конфигурация хирального центра определяется как *R*. Если старшинство убывает против часовой стрелки, хиральный центр имеет *S*-конфигурацию. Рацемическую смесь обозначают как *R,S*. Ниже приведены примеры.



1 > 2 > 3 > 4



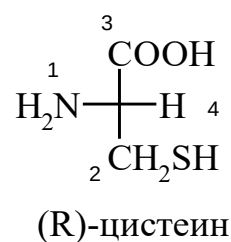
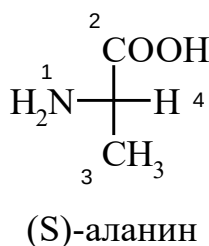
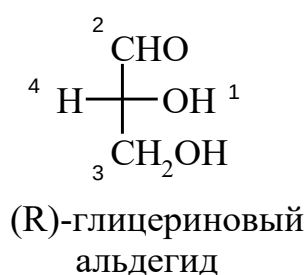
(*S*)-метилэтилпропил-
изопропиламмония



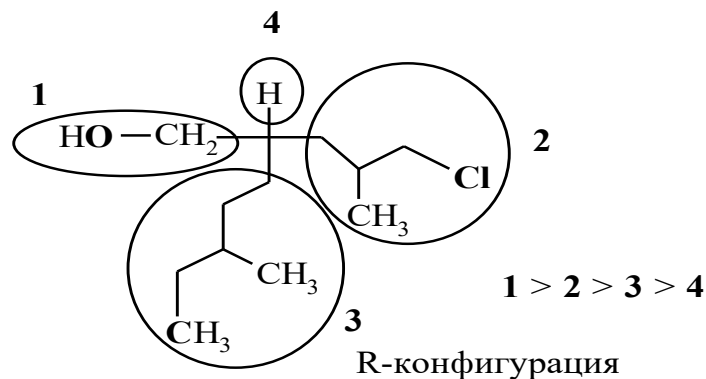
(*R*)-фторхлорбромадамантан

В случае проекционных формул Фишера определение *R,S*-конфигурации производится следующим образом. Если младший заместитель находится на концах вертикальной линии проекции, а старшинство первых трех убывает по часовой стрелке – это *R*-, против часовой стрелки – *S*-конфигурация. Если младший заместитель находится на концах горизонтальной линии, а старшинство первых трех убывает по часовой стрелке – это *S* -, против часовой стрелки – *R*-конфигурация. Например:

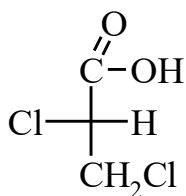
1 > 2 > 3 > 4



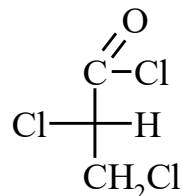
Ниже приведен пример послойного определения старшинства заместителей относительно одного асимметрического атома углерода в формуле Фишера (жирным шрифтом указаны символы тех атомов, которые определяют старшинство заместителя):



Хотя между D,L- и R,S-стереохимическими номенклатурами и нет логических корреляций, правила старшинства заместителей были задуманы так, чтобы R,S-номенклатура оказалась в возможно более тесной связи с ранней систематикой Фишера. Как результат этого, большинство природных D-изомеров относятся к R-ряду, а L-стереоизомеры имеют S-конфигурацию. Примечательным исключением является L-цистеин, единственный из природных α -аминокислот, имеющий R-конфигурацию из-за предпочтительности в правилах старшинства атома серы перед атомом кислорода. Поскольку система Кана-Ингольда-Прелога не принимает во внимание соображений генетического родства между молекулами, разные производные одного и того же соединения не обязательно будут иметь один и тот же конфигурационный символ, например:



(R)-2,3-дихлорпропионовая
кислота
(Cl > CH₂Cl > COOH > H)



(S)-2,3-дихлорпропионилхлорид
(Cl > COCl > CH₂Cl > H)

Система R,S-обозначений применима только к соединениям с известной абсолютной конфигурацией.

II. Общие принципы реакционной способности органических соединений

Типы органических реакций

Способность вещества вступать в химическую реакцию и реагировать с большей или меньшей скоростью называется его **реакционной способностью**.

Реакционная способность всегда должна рассматриваться только по отношению к реакционному партнеру. Само вещество при этом называют **субстратом**, а действующее на него соединение (реакционную частицу) – **реагентом**.

Понятие о механизме реакции

Химические реакции представляют собой процессы, сопровождающиеся изменением распределения электронов внешних оболочек атомов реагирующих веществ.

Движущей силой химических реакций является стремление к образованию новых, обладающих меньшей свободной энергией, и, следовательно, более стабильных систем. Направление конкретной реакции определяется распределением электронной плотности в исходных соединениях (**статический фактор**) и относительной устойчивостью возможных промежуточных частиц (**динамический фактор**).

Большинство органических реакций включает несколько последовательных (элементарных) стадий. Детальное описание совокупности этих стадий называется **механизмом**.

Механизм реакции – гипотеза, предлагаемая для объяснения экспериментальных данных.

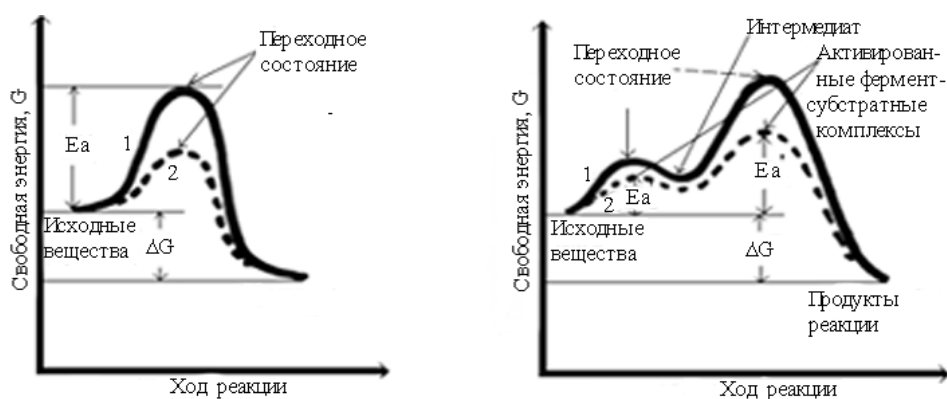
Он может уточняться и даже меняться с появлением новых фактов, с совершенствованием наших знаний.

Механизм реакции должен согласовываться со стереохимией и кинетикой процесса.

Общая скорость сложной химической реакции определяется (*лимитируется*) скоростью её наиболее медленной стадии, а скорость составляющих элементарных реакций – их **энергией активации E_a** .

Последняя необходима для осуществления эффективного столкновения молекул, приводящего к взаимодействию. Её можно определить также как энергию, необходимую для достижения системой **переходного состояния**, иначе называемого активированным комплексом, превращение которого в продукты реакции происходит уже самопроизвольно. Чем меньше величина энергии активации реакции, тем выше её скорость. В случае многоступенчатых процессов некоторые стадии включают образование **интермедиатов** – промежуточных нестабильных частиц. В качестве интермедиатов часто выступают органические ионы или радикалы. Их относительная устойчивость и, следовательно, вероятность образования растёт с увеличением возможности рассредоточения, т.е. *делокализации* заряда или неспаренного электрона в данной частице.

Ниже приводятся *типичные энергетические диаграммы для некатализируемых и катализируемых процессов*.



1 – некатализируемая реакция

2 – катализируемая реакция

Катализатор существенно понижает величину энергии активации и тем самым увеличивает скорость химической реакции. При этом он не влияет на положение равновесия между исходными и конечными продуктами, т.е. на изменение свободной энергии процесса ΔG . Для реакций, происходящих в *организме (in vivo)*, особенно важен **ферментативный катализ**, который осуществляется при помощи **ферментов** (энзимов) – высокоспецифичных катализаторов белковой природы.

При рассмотрении биохимических процессов реагентами считают ферменты, а вещества, подвергающиеся их действию – субстратами.

Знание теоретических основ реакций закладывает фундамент для обобщения разрозненных опытных данных, помогает увидеть сходство и отличие между разнообразными химическими, а также биохимическими реакциями, наконец, помогает управлять ходом того или иного процесса.

1. Классификация органических реакций и реагентов

Органические реакции классифицируются несколькими способами.

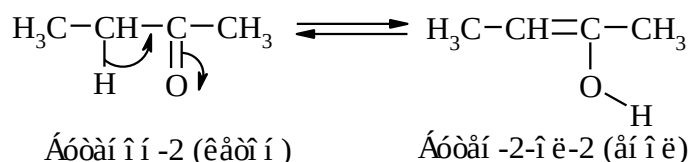
1. В соответствии с конечным результатом органические реакции делят на несколько основных типов:

1. **Реакции замещения** (символ **S** от «substitution» – замещение). Для насыщенных углеводородов характерны реакции **радикального замещения** – символ **S_R**, для ароматических соединений – реакции **электрофильного замещения** – символ **S_E**, для спиртов и галогенопроизводных – реакции **нуклеофильного замещения** – символ **S_N**.

2. **Реакции присоединения** (символ **A** от «addition» – прибавление). Для ненасыщенных углеводородов характерны реакции **электрофильного присоединения** – символ **A_E**, для альдегидов и кетонов – реакции **нуклеофильного присоединения** – символ **A_N**.

3. **Реакции элиминирования** или **отщепления** (символ **E** от «elimination» – отщепление) – обратные реакциям присоединения.

4. Реакции перегруппировки. В ходе перегруппировок происходит переход (миграция) отдельных атомов или групп от одного участка молекулы к другому. Например, обратимая миграция протона между кислородом и углеродом (**кетто-енольная таутомерия**), сопровождающаяся перестройкой связей:



5. Реакции окисления (отдача электронов, изменение степени окисления реакционного атома углерода).

6. Реакции восстановления (прием электронов, изменение степени окисления).

II. По механизму реакции.

Типы механизмов определяются тем, каким образом разрывается связь между атомами в субстрате и реагенте при проведении реакции.

1. Радикальные реакции (символ **R**).

Радикальные реагенты (радикалы) – свободные атомы или частицы с неспаренным электроном (парамагнитные частицы). Радикальные реагенты образуются в результате *гомолитического разрыва* ковалентной связи (гомолиз), при котором каждый из обоих ранее связанных атомов оставляет у себя по одному электрону. **Гомолизу** подвергаются неполярные или малополярные ковалентные связи типа C-C или C-H, образованные общей парой электронов, реакции носят *цепной характер*.

Такой разрыв происходит при **облучении** (ультрафиолетовом, радиационном), **высокой температуре**, а также **проведении реакции в газовой фазе**. Примеры радикальных реагентов:

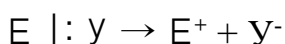
$\text{Cl}\cdot$; $\text{HO}\cdot$; $\text{CH}_3\cdot$.

2. Ионные или гетеролитические реакции (электрофильные, нуклеофильные).

В ионных реакциях происходит **гетеролитический разрыв** ковалентной связи (**гетеролиз**). Гетеролизу подвергаются ковалентные связи сильно поляризованные.

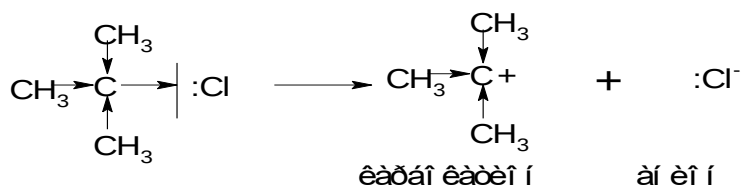


При этом связующая электронная пара отходит к более электроотрицательному атому, в результате образуются катионы и анионы.



В качестве промежуточных частиц в ионных реакциях часто участвуют **карбокатионы** и **карбанионы**.

Карбокатион – частица органической молекулы с положительным зарядом на атоме углерода:



Карбанион – частица органической молекулы с отрицательным зарядом на атоме углерода:



карбанион катион

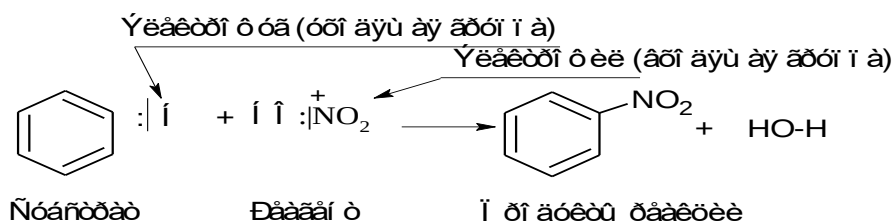
Способ разрыва связи определяет *тип реагента*, с которым будет реагировать субстрат. Большинство реагентов, участвующих в ионных (гетеролитических) реакциях, делятся на две категории:

1. Электрофильные реагенты (**электрофилы**), символ E^+ ;
2. Нуклеофильные реагенты (**нуклеофилы**), символ N^- , или Nu^- .

Электрофильные реагенты (электрофилы) – частицы с неполностью заполненным валентным электронным уровнем. Эти частицы, имея недостаток электронной плотности, образуют новую ковалентную связь за счет электронной пары субстрата. В предельном случае такие частицы могут нести полный положительный заряд – протон H^+ , катион Br^+ , катион

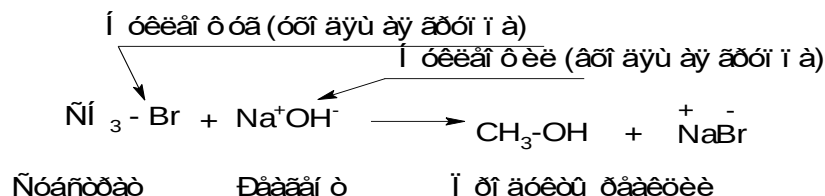
нитроила NO_2^+ , карбокатионы R_3C^+ или быть электронейтральными, например, триоксид серы SO_3 .

Электрофильная реакция замещения (S_E):



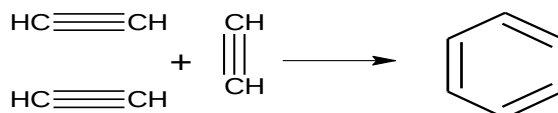
Нуклеофильные реагенты (нуклеофилы) – частицы, имеющие электронную пару на внешнем электронном уровне. За счет этой пары такие реагенты могут образовывать новую ковалентную связь. Они могут быть отрицательно заряженными – гидрид-ион H^- , хлорид-ион Cl^- , гидропероксид-ион HOO^- , алкоксид-ион RO^- , или электронейтральными. В таком случае их нуклеофильность обусловлена наличием p или π -электронов – H_2O , NH_3 ; $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, C_6H_6 .

Нуклеофильная реакция замещения (S_N):



3. Синхронные, согласованные или перциклические реакции

Отличаются от указанных выше типов реакций тем, что разрыв старых связей и образование новых происходит здесь одновременно без участия радикальных или заряженных (ионных) частиц, т.е. **синхронно**. В качестве примера можно привести синтез бензола из ацетилена:



Такого типа реакции протекают при облучении или нагревании. Для них теряет смысл понятие реагента и субстрата.

2. Кислотность и основность органических соединений

Со строением и реакционной способностью тесно связаны кислотные и основные свойства органических соединений. Однако для них неприменима хорошо известная в неорганической химии теория электролитической диссоциации. Для оценки кислотности и основности органических соединений наибольшее значение имеют две теории – теория Бренстеда (протолитическая) и теория Льюиса (электронная).

Кислотность и основность по Бренстеду.

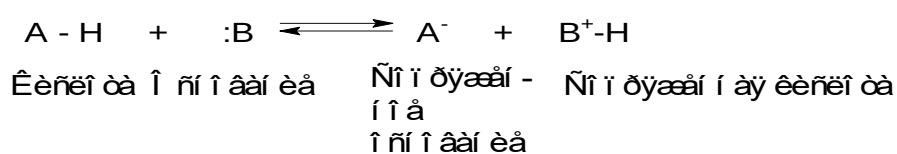
По теории Бренстеда кислотность и основность соединений связывается с переносом протона H^+ .

Кислоты Бренстеда (протонные кислоты) – это нейтральные молекулы или ионы, способные отдавать протон (доноры протонов).

Основания Бренстеда – нейтральные молекулы или ионы, способные присоединять протон (акцепторы протонов).

Кислотность и основность являются не абсолютными, а относительными свойствами соединений: кислотные свойства обнаруживаются лишь в присутствии оснований, основные свойства – только в присутствии кислот.

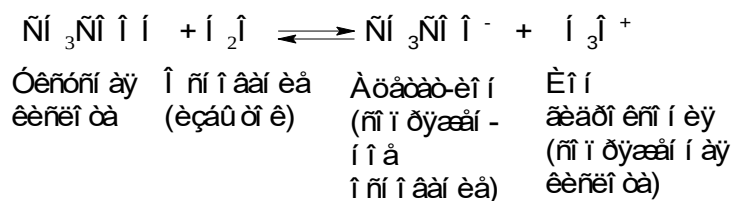
Реакцию между кислотой и основанием в общем виде можно представить следующим образом:



Кислота $A-H$ и сопряженное основание A^- , а также основание $:B$ и сопряженная кислота B^+-H , связанные процессами присоединения и отщепления протона, образуют **кисотно-основные пары**. Кислота и основание в кислотно-основной паре взаимосвязаны: чем сильнее (слабее) кислота, тем слабее (сильнее) сопряженное основание. Например, хлороводородная кислота HCl сильнее, чем циановодородная кислота HCN , и поэтому цианид-ион CN^- будет более сильным основанием, чем хлорид-ион.

Кислоты Бренстеда

Кислотность обычно определяется по отношению к воде как к основанию. Количественно она оценивается константой равновесия (K) реакции, заключающейся в переносе протона от кислоты к основанию (протолитическая реакция):



Константа кислотности K_a определяется по следующему уравнению:

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

Чем больше величина K_a , тем сильнее кислота. В зависимости от природы элемента, с которым связан протон, т.е. в зависимости от строения кислотного центра, бренстедовские кислоты делятся на четыре основных типа:

O – H -кислоты: карбоновые кислоты, фенолы, спирты;

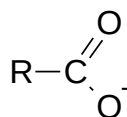
S – H -кислоты: тиолы;

N – H -кислоты: амиды, амины, имиды;

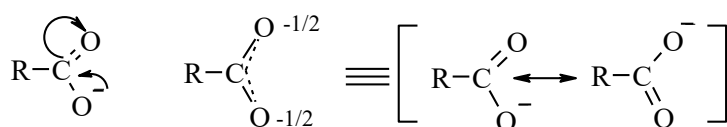
C – H -кислоты: углеводороды и их производные.

За исключением карбоновых кислот большинство органических соединений имеют довольно слабые кислотные свойства ($pK_a > 15$, $pK_a = -\lg K_a$), которые обычно нельзя обнаружить с помощью индикаторов.

Сравнительный анализ силы кислот проводят путем сопоставления стабильности (устойчивости) соответствующих сопряженных оснований (анионов). Чем стабильнее анион, тем сильнее сопряженная кислота. Стабильность аниона определяется степенью делокализации отрицательного заряда. Наиболее стабильным из органических анионов является анион карбоновой кислоты, *карбоксилат-ион*:



Данный ион – классический пример частицы, имеющей мезомерное строение. **Мезомерия** (сопряжение) – выравнивание связей и зарядов в молекуле, приводящее к ее стабилизации. В карбоксилат-ионе отрицательный заряд за счет **p, π**-сопряжения поровну распределен между атомами кислорода и обе углерод-углеродные связи имеют одинаковую длину. Ниже приведены различные способы изображения делокализации электронной плотности в карбоксилат-ионе:



Для кислот Бренстеда, содержащих одинаковые алифатические или одинаковые ароматические радикалы, стабильность их анионов, а, следовательно, и кислотность, зависит от электроотрицательности и поляризуемости атомов в кислотном центре.

Увеличение стабильности анионов и силы кислот:

CH-кислоты < NH-кислоты < OH-кислоты < SH-кислоты

При одинаковой природе атома в кислотном центре большое влияние на кислотность оказывает строение связанного с ним радикала. В алифатических кислотах и спиртах при переходе от первого к последующим гомологам увеличение длины углеводородного радикала и его разветвленности приводит к уменьшению кислотности.

Заместители, введенные в алифатические и ароматические радикалы, оказывают влияние на кислотность соединений.

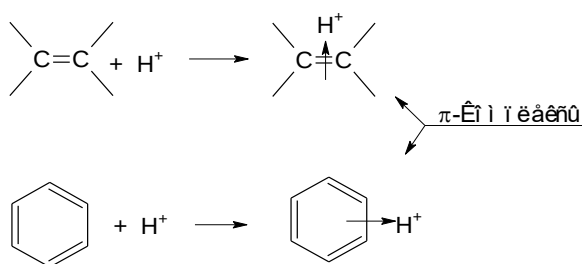
Электроноакцепторные заместители (ЭА) способствуют делокализации отрицательного заряда, стабилизируют анионы и тем самым увеличивают кислотность; электронодонорные заместители (ЭД), наоборот, понижают её.

Основания Бренстеда

Основания Бренстеда для образования ковалентной связи с протоном должны содержать или электроны π -связи, или свободную электронную

пару, в качестве которой чаще всего используются р-электроны гетероатомов кислорода, азота, серы, галогенов и других элементов. Основания Бренстеда делятся на две группы: π -основания и р-основания (ониевые)

В π -основаниях, к которым относятся алкены, алкадиены, арены, центром основности, т.е. местом присоединения протона, являются электроны π -связи, благодаря которым образуются *короткоживущие частицы*, называемые π -комплексами:



Для π -комплексов характерно отсутствие преимущественной связи между протоном и одним из атомов углерода кратной связи.

Ониевые основания (р-основания) классифицируются в зависимости от *природы гетероатома*, к неподеленной паре электронов которого присоединяется протон, т.е. в зависимости от центра основности.

Чем больше электроотрицательность атома, тем прочнее удерживается его неподеленная пара электронов и тем меньше основность соединения. Так оксониевые основания слабее аммониевых. На основность оказывает влияние поляризуемость гетероатомов (сульфониевые основания слабее оксониевых). Влияние заместителей на основность определяется главным образом их электронными эффектами и взаимодействием с растворителем: электронодонорные заместители увеличивают основность, электроноакцепторные – уменьшают.

Некоторые органические соединения обладают одновременно и кислотными и основными свойствами, т.е. являются **амфотерными**. Это обуславливает их межмолекулярную ассоциацию за счет водородных связей (спирты, карбоновые кислоты). Амфотерные соединения могут существовать в виде внутренних солей, как, например, α -аминокислоты.

Кислоты и основания Льюиса

Дж. Льюисом была предложена более общая теория кислот и оснований, опирающаяся на строение внешних электронных оболочек атомов. По теории Льюиса кислотные и основные свойства соединений определяются их способностью принимать или отдавать электронную пару с образованием связи.

Кислота Льюиса – это акцептор электронной пары, в гетеролитических реакциях участвует как **электрофильный реагент**, например, галогениды (BF_3 , AlCl_3 , FeCl_3 и др.), катионы металлов, протон.

Основание Льюиса – это донор электронной пары, в гетеролитических реакциях участвует как **нуклеофильный реагент**, например, амины, спирты, простые эфиры и др.

Достоинством теории Льюиса является применимость к широкому кругу органических реакций.

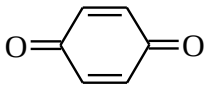
Жесткие и мягкие кислоты и основания Льюиса

Экспериментальное развитие теории Льюиса привело к созданию принципа жестких и мягких кислот и оснований (Пирсон Р.).

По теории жестких и мягких кислот и оснований (ЖМКО) кислоты и основания Льюиса делятся на жесткие и мягкие (см. табл. 6)

Таблица 6

Жесткие и мягкие кислоты и основания

Основания		Кислоты	
жесткие	мягкие	жесткие	мягкие
H_2O , HO^- , ROH , RO^- , NH_3 , NH_2^- , RNH_2 , RNH^- , ROR , RCOO^- , Cl^- , F^-	RSR , RSH , RS^- , H^- , I^- , $\text{R}_2\text{C}=\text{CR}_2$ 	H^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , AlCl_3 , $\text{RC}^+=\text{O}$	Ag^+ , Cu^+ , Hg^{2+} , I^+ , Br^+ , 
Промежуточные			
Br^- , $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$, 		Cu^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} , R_3C^+ , C_6H_5^+	

Жесткие основания – это донорные частицы, обладающие высокой электроотрицательностью, низкой поляризуемостью, трудно окисляющиеся. Термин "жесткое основание" подчеркивает, что соединение прочно удерживает свои электроны. Донорными атомами в жестких основаниях могут быть кислород, азот, фтор, хлор.

Мягкие основания – это донорные частицы с низкой электроотрицательностью, высокой поляризуемостью, довольно легко окисляющиеся. Они слабо удерживают свои валентные электроны. В качестве доноров электронов выступают атомы углерода, серы, йода.

Жесткие кислоты – это кислоты Льюиса, в которых акцепторные атомы малы по размеру, и, следовательно, обладают высоким положительным зарядом, большой электроотрицательностью и низкой поляризуемостью. Низшая свободная молекулярная орбиталь жестких кислот, на которую переходят электроны донора, имеет низкую энергию.

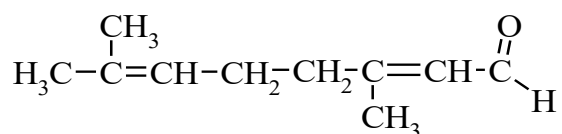
Мягкие кислоты – это кислоты Льюиса, которые содержат акцепторные атомы большого размера, с малым положительным зарядом, с небольшой электроотрицательностью и высокой поляризуемостью. Низшая свободная молекулярная орбиталь этих соединений имеет высокую энергию.

Суть принципа ЖМКО состоит в том, что жесткие кислоты преимущественно реагируют с жесткими основаниями, а мягкие кислоты – с мягкими основаниями. Это выражается в большей скорости реакции и в образовании более устойчивых соединений, так как взаимодействие между орбиталями с близкими энергиями эффективнее, чем между орбиталями, имеющими разную энергию. Знание этого принципа полезно в качестве общетеоретической основы различных взаимодействий органических соединений.

I. Основы строения органических соединений

1. В состав жиров входит спирт глицерин (пропантриол-1,2,3). Напишите его структурную формулу.

2. Цитраль, использующийся в глазной и стоматологической практике, имеет строение:

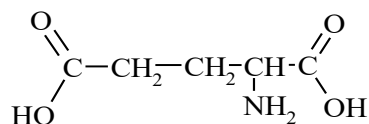


Назовите соединение по номенклатуре ИЮПАК.

3. В плодах рябины содержится значительное количество яблочной кислоты, которая является 2-гидроксипентандиовой кислотой. Напишите её структурную формулу.

4. Трихлорэтилен – средство для ингаляционного наркоза – называется 1,1,2-трихлорэтен. Напишите его структурную формулу. К какому классу соединений он относится?

7. Глутаминовая кислота, входящая в состав белков, имеет строение:

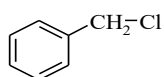
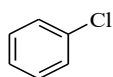


Назовите это соединение по ИЮПАК.

8. Метанол, вызывающий тяжелые отравления, имеет строение CH_3OH . К какому классу соединений относится?

9. Дайте определение следующих понятий: сопряжение, энергия сопряжения (делокализации), индуктивный и мезомерный эффекты, электронодонорные (ЭД) и электроноакцепторные (ЭА) заместители.

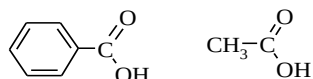
10. Укажите вид и знак электронных эффектов атома хлора в хлорбензоле и хлористом бензиле:



11. Каким заместителем (ЭД или ЭА) является гидроксигруппа в молекулах фенола и этилового спирта?

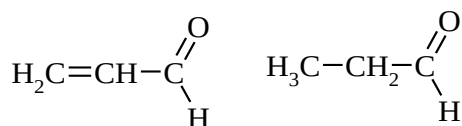
12. Укажите вид и знак электронных эффектов карбоксильной группы в акриловой $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$ и пропионовой $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$ кислотах. Обозначьте эффекты графически.

13. Укажите вид и знак электронных эффектов карбоксильной группы в бензойной и уксусной кислотах:



Обозначьте эффект графически.

14. Укажите вид и знак электронных эффектов альдегидной группы в акролеине и в пропионовом альдегиде:



Обозначьте эффекты графически.

15. Какой вид сопряжения (π, π или p, π) осуществляется в молекулах изопрена, бутадиена-1,3, анилина?

16. Выскажите суждение о перераспределении электронной плотности в диеновом фрагменте молекулы сорбиновой кислоты



в сравнении с бутадиеном-1,3.

17. Дайте определение следующих понятий: строение органических соединений, изомерия, конфигурация, конформация.

18. Напишите изомеры бутана и бутена, дайте им названия по номенклатуре ИЮПАК и объясните, почему бутен имеет больше изомеров?

19. Изобразите пространственную конфигурацию метана, назовите его форму. Чему равны валентные углы?

20. Изобразите пространственную конфигурацию этилена и объясните особенности его строения.

21. Изобразите в проекции Ньюмена заторможенную и заслоненную конформации этана; хлорэтана; этанола; коламина (2-аминоэтанола-1).
22. Какая из конформаций циклогексана будет наиболее выгодной? Изобразите её и поясните.
23. В чем особенность конформаций органических соединений, имеющих длинные цепи? Назовите наиболее характерные для них виды конформаций.
24. Дайте понятие реакций радикального замещения (S_R) на примере галогенирования метана. Каков механизм цепных процессов?
25. Напишите реакции хлорирования и бромирования этана, пропана, бутана, изобутана. Опишите механизм этих реакций.
26. Поясните значение реакции нитрования изогексана (реакции Коновалова).
27. Напишите реакцию окисления октадекана и объясните ее народнохозяйственное значение.
28. Объясните механизм реакций электрофильного присоединения (A_E) на примере бромирования этилена. Покажите её пространственную направленность.
29. Напишите реакции гидрогалогенирования этена, пропена, бутена-1; 2-метилпропена. Сравните реакционную способность пропена и 2-метилпропена с этеном в реакциях электрофильного присоединения (A_E). Объясните правило Марковникова. Возможно ли отступление от этого правила?
30. Напишите реакцию окисления пропена перманганатом калия в щелочной среде (реакция Вагнера) и объясните, почему она используется как качественная реакция на кратную связь?
31. Напишите реакцию взаимодействия этина с водой (реакция Кучерова), назовите продукт реакции и проведите его дальнейшее окисление и гидрирование. Объясните народнохозяйственное значение этих превращений.
32. Напишите реакции гидрирования и галогенирования бутадиена-1,3 и объясните их особенности, связанные с электронным строением.

33. С помощью каких реакций можно определить наличие кратной связи в органическом соединении?
34. Реакции электрофильного замещения (S_E) ароматических углеводородов. Поясните общий принцип реакций S_E .
35. Напишите реакцию нитрования толуола (метилбензола). По какому механизму она протекает? Покажите ориентирующее действие метильной группы.
36. Напишите реакцию сульфирования аминбензола (анилина). По какому механизму она протекает? Покажите ориентирующее действие аминогруппы.
37. Напишите реакцию бромирования метилбензола (толуола). Опишите механизм и покажите ориентирующее действие метильной группы. Что легче бромруется толуол или бензол и почему?
38. Напишите реакцию нитрования нафталина. По какому механизму она протекает?
39. Проведите мягкое и энергичное окисление нафталина. В состав каких биологически важных веществ входит 1,4-нафтохинон?
40. Приведите строение нафталина и объясните, почему нафталин является ароматическим соединением.
41. Объясните общий механизм реакций нуклеофильного замещения S_N у sp^3 -гибридизованного атома углерода; покажите особенности S_N1 и S_N2 реакций.
42. Расположите следующие соединения в порядке уменьшения кислотности: этиловый спирт, этилмеркаптан, фенол. Обоснуйте ваше решение, исходя из стабильности соответствующих анионов.
43. Какие соединения получают при окислении первичного и вторичного пропиловых спиртов? Напишите схемы реакций.
44. Покажите образование межмолекулярной водородной связи на примере этилового спирта. Как это явление отражается на температуре кипения спирта?

45. Расположите в ряд по уменьшению кислотности следующие спирты: метиловый, трет-бутиловый, изопропиловый. Обоснуйте ваше решение основываясь на стабильности соответствующих алкоксид-ионов.
46. Расположите в ряд по уменьшению кислотности следующие соединения: пропиловый спирт, этиленгликоль, глицерин. Обоснуйте ваше решение, основываясь на стабильности соответствующих анионов.
47. Приведите качественную реакцию на многоатомные спирты.
48. Какие соединения называются хелатными? Приведите формулу глицерата меди.
49. Каким способом можно различить пирокатехин, резорцин, гидрохинон? Какое соединение получается при окислении гидрохинона?
50. В чем заключается роль кислотного катализа в реакциях нуклеофильного замещения и элиминирования в ряду спиртов? Почему могут конкурировать реакции S_N и E ?
51. Как определить доброкачественность диэтилового эфира?
52. Каков общий принцип реакций нуклеофильного присоединения (A_N) альдегидов и кетонов?
53. Напишите реакцию взаимодействия диметилкетона (ацетона) с синильной кислотой HCN в щелочной среде. Опишите механизм.
54. Напишите реакцию последовательного получения полуацетала и диэтилацетала уксусного альдегида. Объясните роль катализатора.
55. Напишите реакцию получения гексаметилентетрамина (уротропина). Какое медицинское значение имеет уротропин и кем он впервые был получен?
56. Напишите реакцию альдольного присоединения шести молекул формальдегида на примере получения аккрозы. Какое значение она имеет для понимания эволюции органического мира?
57. Напишите реакцию диспропорционирования (реакция Канниццаро) бензойного альдегида. Опишите механизм. Какая особенность в строении предопределяет участие бензальдегида в этой реакции?

58. Напишите реакцию окисления формальдегида оксидом серебра в водном растворе аммиака. Какое значение и распространенное название имеет данная реакция?
59. Напишите реакцию окисления уксусного альдегида гидроксидом меди (реакцию Троммера). Укажите, какие изменения в окраске происходят в процессе реакции и какой недостаток она имеет?
60. Расположите в ряд по увеличению кислотности следующие кислоты: CH_3COOH , $\text{CH}_2\text{Cl-COOH}$, HOOC-COOH . Результат поясните.
61. Напишите схему диссоциации уксусной кислоты. Приведите электронное строение карбоксилат-аниона. Чем объяснить его стабильность?
62. Напишите реакции декарбоксилирования малоновой и янтарной кислот. Назовите полученные продукты.
63. Опишите механизм реакции этерификации, используя в качестве исходных продуктов этиловый спирт и масляную кислоты. Каким образом можно увеличить процент выхода конечного продукта?
64. Напишите реакцию, происходящую при нагревании янтарной кислоты. Назовите продукт реакции.
65. Напишите реакцию получения неполного и полного амида малоновой кислоты.
66. Напишите *цис*- и *транс*-изомеры бутендиовой кислоты. Как доказать, что один из этих изомеров – малеиновая кислота, является *цис*-изомером?

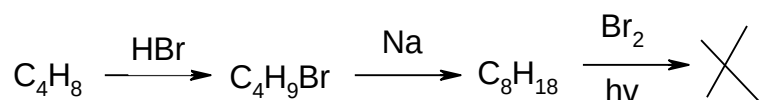
Алканы и алкены

1. Предложите схему синтеза приведенных ниже соединений, используя только неорганические соединения:
- 1) из бутана 2-бутен;
 - 2) из пропена 2-гексен;
 - 3) из 1-бутена 2-бутен;
 - 4) из пропана тетраметилэтилен;
 - 5) из пропана пропилен;

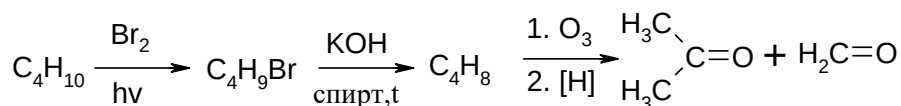
- 6) из ацетона 2-бромпропан;
- 7) из 1-бромпропана 2-пентен (используя реакцию Виттига);
- 8) из ацетата натрия 2-бромбутан;
- 9) из бутена этан;
- 10) из этилена 2-бутен;
- 11) из 2-метилпропана 2,2,3,3-тетраметилбутан;
- 12) из этилиодида пропаналь;
- 13) из метана этан;
- 14) из 1-пропанола 2,3-диметил-2-бутен;
- 15) из пропена 1-хлорпропан;
- 16) из изобутилена 2,4-диметил-2-гексен;
- 17) из 1-бромбутана 2-пропионовую кислоту;
- 18) из пропана 2,3-диметил-2-бутен;
- 19) из этана бутан;
- 20) из пропена 2-гексен

2. Определите строение соединения:

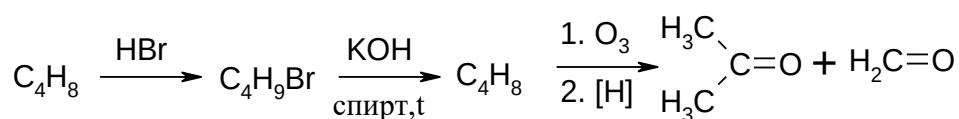
1) состава C_4H_8 , которое:



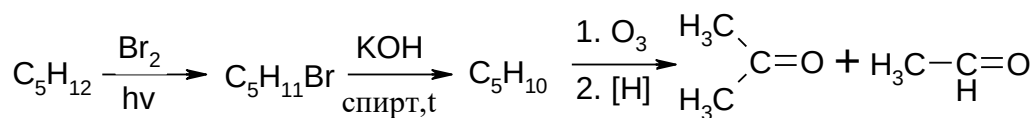
2) состава C_4H_8 , которое:



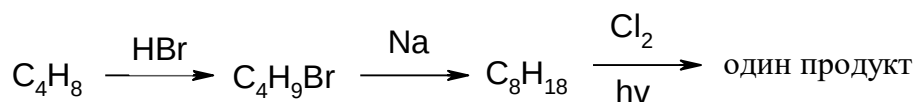
3) состава C_4H_8 , которое:



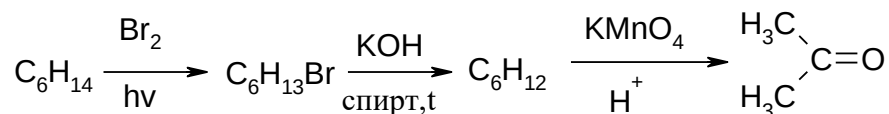
4) состава C_5H_{12} , которое:



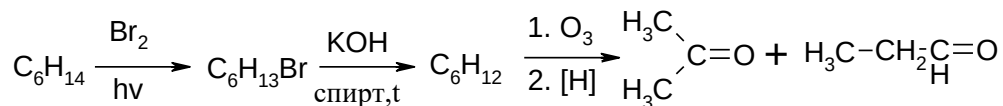
5) состава C_4H_8 , которое:



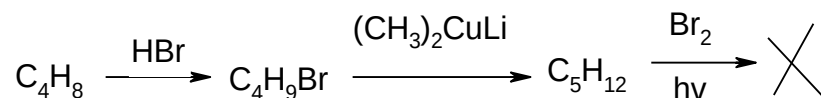
6) состава C_6H_{14} , которое:



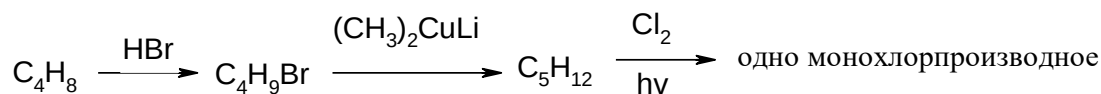
7) состава C_6H_{14} , которое:



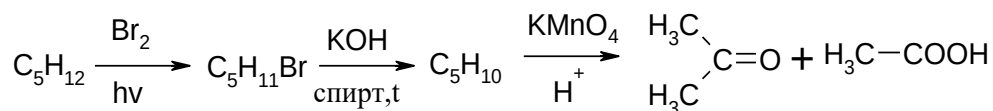
8) состава C_4H_8 , которое:



9) состава C_4H_8 , которое:



10) состава C_5H_{12} , которое:



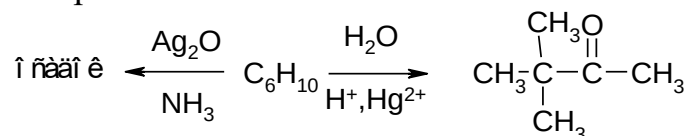
Алкины, диены

1. Предложите схему синтеза приведенных ниже соединений, используя только неорганические соединения:

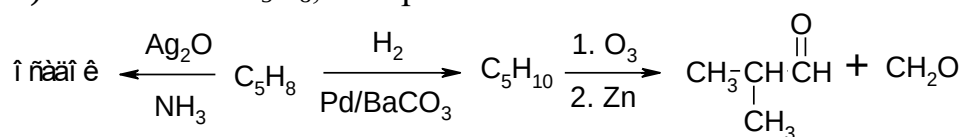
- 1) из неорганических реагентов $\text{CH}_2=\text{CHCN}$;
- 2) из 2-метилбутана 2-метил-1,3-бутадиен;
- 3) из 1-бутена 1,3-бутадиен;
- 4) из неорганических реагентов метилэтилкетон;
- 5) из ацетилен 1,3-бутадиен;
- 6) из пропана и формальдегида 1,3-бутадиен;
- 7) из этилена ацетилен;
- 8) из ацетилен нитрилциклогексен-2-карбоновой кислоты;
- 9) из 2-бутена 2-бутин;
- 10) из неорганических реагентов хлоропрен;
- 11) из пропена аллен;
- 12) из 2-бутена метилэтилкетон;
- 13) из неорганических реагентов 1,3-бутадиин;
- 14) из 1,3 бутадиена метилэтилкетон;
- 15) из пропина 1-бромпропан;
- 16) из неорганических реагентов 1,4-дибромбутан;
- 17) из неорганических реагентов винилацетилен;
- 18) из пропена пропин

2. Определите строение соединения:

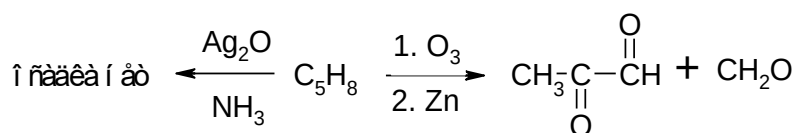
1) состава C_6H_{10} , которое:



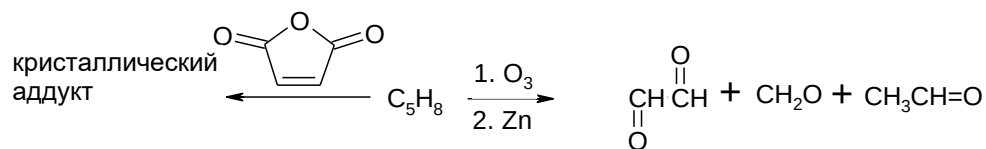
2) состава C_5H_8 , которое:



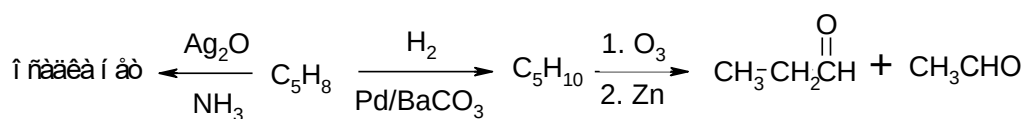
3) состава C_5H_8 , которое:



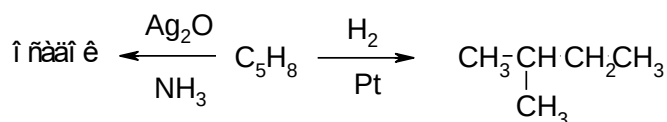
4) состава C_5H_8 , которое:



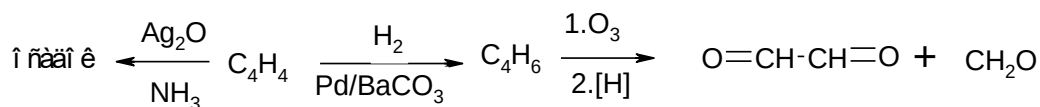
5) состава C_5H_8 , которое:



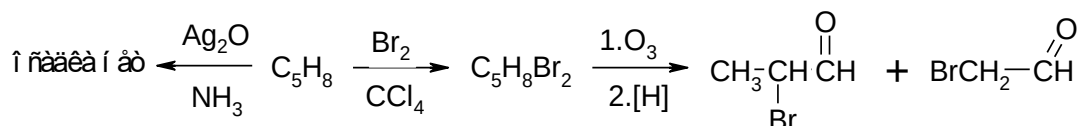
6) состава C_5H_8 , которое:



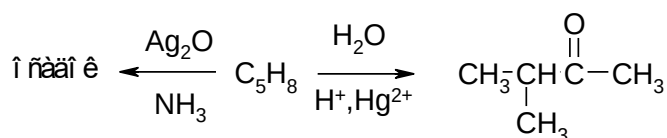
7) состава C_4H_4 , которое:



8) состава C_5H_8 , которое:



9) состава C_5H_8 , которое:



Циклоалканы и арены

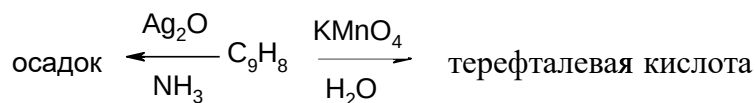
1. Предложите схему синтеза приведенных ниже соединений, используя только неорганические соединения:

1) из бензола м-нитрохлорбензол;

- 2) из пропилена циклопропан;
- 3) из циклогексена цикlopентанон;
- 4) из бензола о-нитрохлорбензол без примеси п-изомера;
- 5) из толуола м-нитробензойную кислоту;
- 6) из бромциклогексана цикlopентан;
- 7) из толуол о-хлортолуол без примеси п-изомера;
- 8) из циклогексена бромциклопентан;
- 9) из метилциклопропана 2-бутен;
- 10) из бензола 4-хлор-3-нитроэтилбензола;
- 11) из бензола 2-хлор-5-нитробензолсульфокислоты;
- 12) из бензола 2-бром-4-нитробензойной кислоты;
- 13) из бензола 3-бром-5-нитробензолсульфокислоты;
- 14) из бензола 4-хлор-2-нитробензойной кислоты;
- 15) из бензола 2-бром-5-нитробензолсульфокислоты;
- 16) из бензола 3-нитро-5-сульфобензойной кислоты;
- 17) из циклогексена цикlopентан;
- 18) из толуола 2-хлорбензойную кислоту без примеси п-изомера

2. Определите строение соединения:

1) состава C_9H_8 которое:



2) состава $C_{10}H_{10}$ которое:

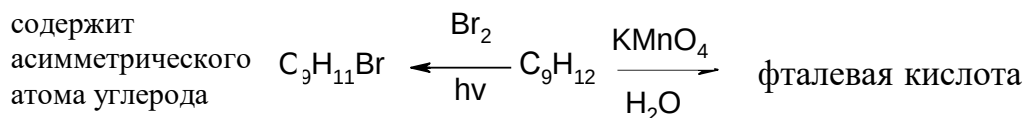
- а) реагирует с водой в присутствии сульфата ртути, но не реагирует с аммиачным раствором оксида серебра;
- б) при окислении образует терефталевую кислоту.

3) состава C_9H_8 , которое:

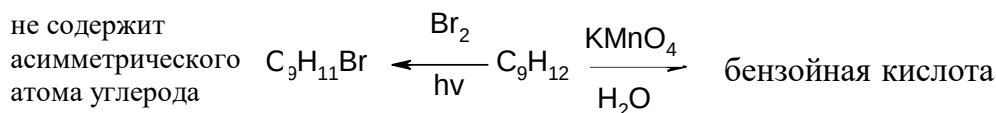
не реагирует с аммиачным раствором оксида серебра, а при окислении образует дикарбоновую кислоту с несогласованной ориентацией заместителей мононитрование которой приводит к одному изомеру.

4) состава C_8H_{10} , при окислении которого образуется дикарбоновая кислота с согласованной ориентацией заместителей.

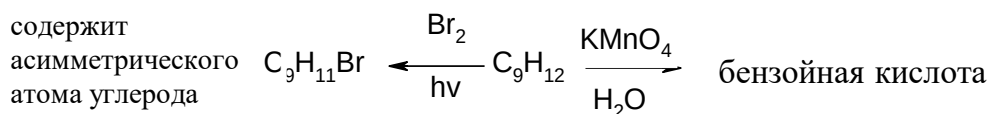
5) состава C_9H_{12} , которое:



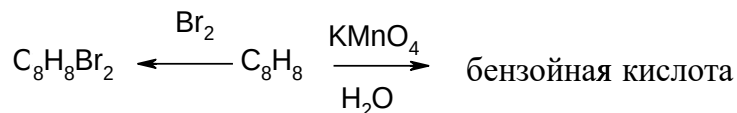
6) состава C_9H_{12} , которое:



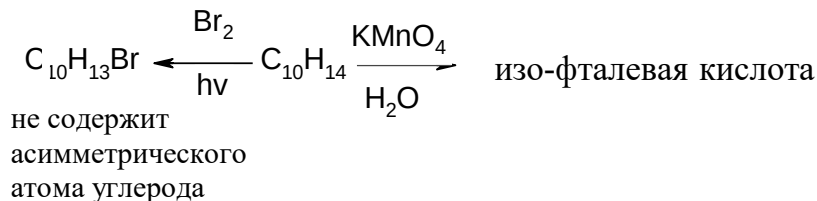
7) состава C_9H_{12} , которое:



8) состава C_8H_8 , которое:



9) состава $C_{10}H_{14}$, которое:



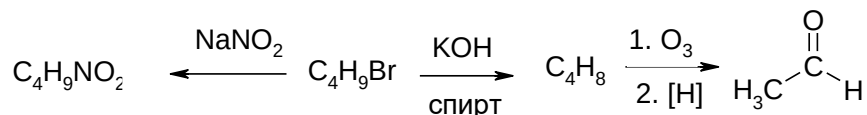
Галогенопроизводные и металлоорганические соединения

1. Предложите схему синтеза приведенных ниже соединений, используя только неорганические соединения:

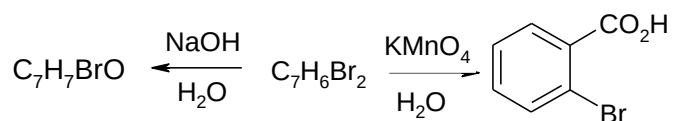
- 1) из бромбензола п-нитрофенол;
- 2) из бензола и окиси этилена β -бромэтилбензол;
- 3) из хлорбензола п-нитроанилин;
- 4) из пропилена и этилформиата 4-хлоргептан;
- 5) из (S)-2-иодбутана (S)-2-нитробутан;
- 6) из хлорбензола о-нитрофенол (без примеси п-изомера);
- 7) из метил иодида и аллилхлорида 1-бутен;
- 8) из бромбензола и этилформиата дифенилуксусную кислоту;
- 9) из (S)-2-иодбутана нитрил (S)-2-метилбутовой кислоты;
- 10) из 1-бромбутана дибутилкетон;
- 11) из пропилена масляную (бутановую) кислоту;
- 12) из хлорбензола 4-нитро-2-хлоранилин;
- 13) из бензола фенол;
- 14) из иодистого этила и этиленоксида пентановую кислоту;
- 15) из 1-бутанола нитрил пентановой кислоты;
- 16) из бромбензола 4-нитро-2-бромфенол;
- 17) из этилового спирта нитрил пропионовой кислоты;
- 18) из этанола бутанол

2. Определите строение соединения:

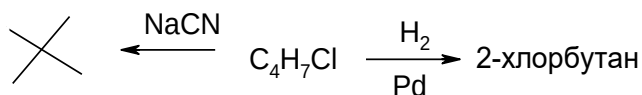
1) состава C_4H_9Br которое:



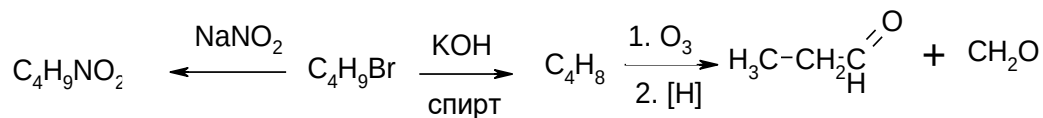
2) состава $C_7H_6Br_2$ которое:



3) состава C_4H_7Cl которое:



4) состава C_4H_9 которое:



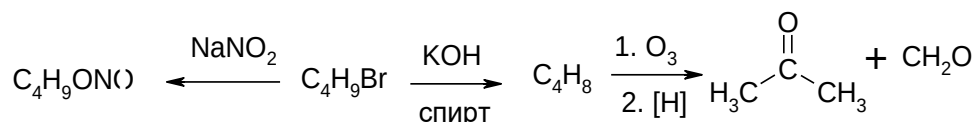
5) состава C_8H_8ClBr , которое обладает оптической активностью, при взаимодействии с водой превращается в C_8H_9BrO . При окислении исходного соединения образуется $C_7H_5BrO_2$, последнее при бромировании образует один изомер.

6) состава $C_8H_8ClNO_2$, которое при взаимодействии с водой превращается в $C_8H_9NO_3$, при окислении последнего образуется соединения состава $C_7H_5NO_4$ с несогласованной ориентацией заместителей.

7) состава C_7H_7Br , которое при нагревании со щелочью под давлением образует два изомера C_7H_8O , а при окислении исходного образуется $C_7H_7BrO_2$ с согласованной ориентацией заместителей.

8) состава $C_8H_8ClNO_2$, которое не реагирует с водой, но реагирует с водным раствором щелочи, образуя $C_8H_9NO_3$. При окислении исходного образуется $C_7H_5NO_4$ с согласованной ориентацией заместителей.

9) состава C_4H_9Br которое:



Медико-биологическое значение и применение отдельных представителей различных классов органических соединений

Метан – образуется из клетчатки под действием микроорганизмов и содержится в газах кишечника. В большом количестве (до 98%) содержится в природном газе и широко используется в качестве топлива и химического сырья.

Вазелин – смесь жидких и твердых предельных углеводородов с числом атомов углерода от 12 до 25; применяется в качестве основы для различных мазей.

Парафин твердый – смесь твердых предельных углеводородов; применяется для лечения теплом при невралгиях и других заболеваниях ("парафиновые ванны").

Этилен и пропилен – сырье для получения полиэтилена и полипропилена.

Изопрен – мономер натурального каучука (природный полимер). Изопреновое звено – один из наиболее распространенных в природе структурных фрагментов (каротины, витамин А, ретиналь и др.).

Ацетилен – обладает сильным наркотическим действием, но для наркоза не применяется, так как с воздухом образует взрывчатую смесь. Используется в промышленности для синтеза уксусного альдегида, каучуков, искусственного волокна.

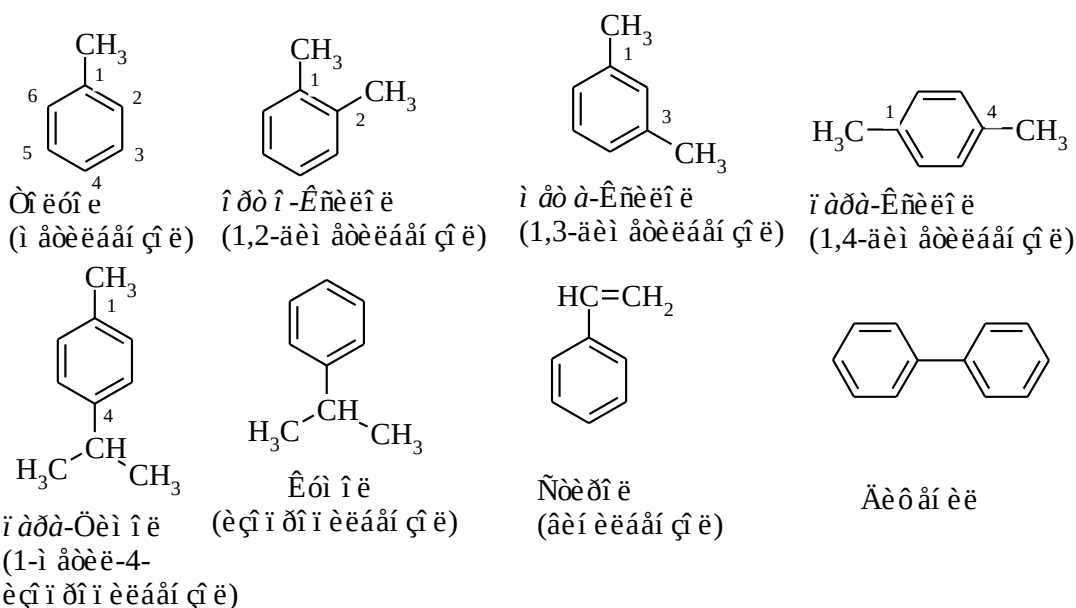
Бензол и его гомологи (толуол и ксилолы) – исходные вещества в синтезе лекарственных средств, взрывчатых веществ, волокон, красителей и т.д.

Кумол используется для получения фенола и капронового волокна.

Цимол по строению близок к терпенам, содержится в эфирных маслах некоторых растений.

Стирол – исходное вещество для производства ценных полимеров (ионообменных смол медицинского назначения).

Циклопентанпергидрофенантрен (стеран, гонан) – лежит в основе строения многих биологически активных веществ: витаминов "Д", желчных кислот, холестерина, гормонов коркового вещества надпочечников, половых гормонов, входит в состав лекарственных препаратов – сердечных гликозидов.

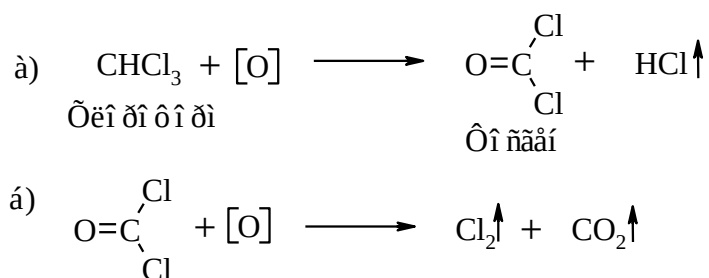


Галогенопроизводные. Введение галогена в алифатический углеводород оказывает сильное влияние на физиологическую активность соединения. Метилхлорид (CH_3Cl), этилхлорид ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$), хлороформ (CHCl_3) обладают наркотическим действием. Введение хлора в ароматическое ядро увеличивает токсичность соединения, а введение галогенов в боковую цепь рядом с ароматическим кольцом приводит к появлению слезоточивых свойств, например, в случае бензилгалогенидов.

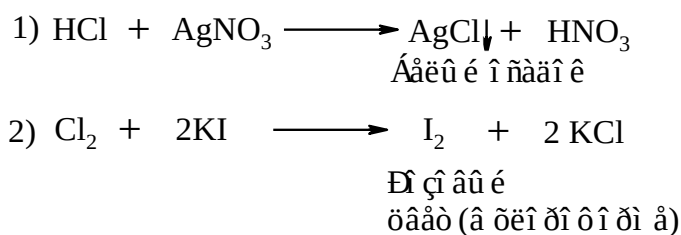
Этилхлорид ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$) применяется как местноанестезирующее (обезболивающее) средство. Действие обусловлено быстрым испарением ввиду низкой $t^\circ\text{C}_{\text{кип.}} = +13^\circ\text{C}$, вызывающим сильное охлаждение.

Хлороформ (CHCl_3) – средство для ингаляционного наркоза. Его преимущество – невоспламеняемость и быстрое действие. Относительно токсичен.

Хлороформ под влиянием света и кислорода воздуха окисляется с образованием ядовитого фосгена, который при дальнейшем окислении разлагается, выделяя свободный хлор:

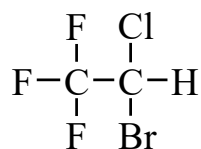


Эти процессы приводят в негодность медицинский препарат. Доброкачественность хлороформа проверяют следующими реакциями:



Йодоформ (CHI_3) – антисептическое (обеззараживающее) средство, используется наружно в виде присыпок и мазей.

Фторотан



2-Бром-1,1,1-трифтор-2-хлорэтан

Фторотан – наркотическое средство для общего наркоза, одно из самых эффективных средств. Имеет ряд преимуществ перед хлороформом (мало токсичен, почти не дает стадии возбуждения, наркоз быстро проходит).

Трихлорэтилен ($\text{CCl}_2=\text{CHCl}$) – мощное наркотическое средство, особенно при необходимости кратковременного наркоза.

Метиловый спирт (метанол, древесный спирт, CH_3OH) – сильный сосудистый и нервный яд. При приеме 15 мл метилового спирта поражается зрительный нерв и сетчатка глаза, в 50% случаев наступает частичная или полная потеря зрения, а также поражения блуждающего, слухового, а иногда и тройничного и обонятельного нервов. В организме метиловый спирт окисляется в муравьиный альдегид и муравьиную кислоту, которые и обуславливают токсическое действие метилового спирта. Смертельная доза 30-60 мл.

Этиловый спирт (этанол, винный спирт, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) действует опьяняюще, а в больших дозах вызывает состояние, близкое к наркозу. Используется для приготовления настоек и в качестве обеззараживающего средства. При длительном приеме (у взрослых 5-10 лет, а в юношеском возрасте 1 год) возникает психологическая и физическая зависимость, которая называется хроническим алкоголизмом или алкогольной наркоманией. При больших концентрациях алкоголя блокируется центр дыхания в продолговатом мозге, состояние опьянения переходит в смерть. Смертельная доза этилового спирта 7-8 г на 1 кг веса тела.

Фенол (карболовая кислота, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) – первый антисептик, введенный в хирургию. Токсичен и может вызвать ожог кожи. 5% Раствор фенола служит эталоном, с которым сравнивают бактерицидность всех других препаратов. Фенол широко используется для производства пластмасс, лекарственных средств, красителей, взрывчатых веществ.

Диэтиловый эфир ($\text{C}_2\text{H}_5\text{-O-C}_2\text{H}_5$) применяется для ингаляционного наркоза, растираний и приготовления настоек и экстрактов.

Часто используется как растворитель веществ животного и растительного происхождения. Диэтиловый эфир, применяемый для наркоза, должен быть особо чистым, не содержащим вредных примесей. При хранении диэтиловый эфир под влиянием солнечного света в присутствии кислорода воздуха окисляется, образуя пероксидные соединения, которые часто служат причиной взрывов при неосторожной работе с эфиром, а также уксусный

альдегид, который токсичен. Перед использованием необходимо проверить **доброкачественность** эфира. Для открытия пероксидов используют *иодид калия*, образуется желтый цвет вследствие выделения свободного йода. Для открытия уксусного альдегида добавляют *фуксинсернистую кислоту*, при наличии его появляется розовое окрашивание.

Этиленгликоль (этандиол, $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$) – токсичная высококипящая жидкость, температура плавления – 16°C , температура кипения $+197^\circ\text{C}$.

Используется в технике для приготовления антифризов – жидкостей с низкой температурой замерзания, применяющихся для охлаждения двигателей внутреннего сгорания, особенно в зимнее время.

Глицерин (пропантриол, $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$) – нетоксичная, вязкая, бесцветная жидкость сладкого вкуса. Широко распространен в природе; входит в состав большинства омыляемых липидов. Применяется как компонент мазей для смягчения кожи.

Альдегидная группа обуславливает наркотическое действие и дезинфицирующие свойства соединений.

Муравьиный альдегид (формальдегид, метаналь) обладает способностью свертывать белки. Его 40% водный раствор, называемый **формалином**, применяется в медицине как дезинфицирующее средство и консервант анатомических препаратов. Для дезинфекции хирургических инструментов применяется 4% раствор, а для полоскания полости рта и горла при ангинах – 0,05% раствор формальдегида. При вдыхании воздуха, содержащего большое количество формальдегида, развивается явление острого отравления со слезотечением, резким кашлем, чувством стеснения в груди.

Уксусный альдегид (ацетальдегид, этаналь) легко летучая жидкость. В больших концентрациях обладает неприятным удушливым запахом, в малых концентрациях имеет запах яблок, в которых он и содержится в небольших количествах. Циклический тример уксусного альдегида $(\text{CH}_3\text{CHO})_3$ – **паральдегид** является медицинским препаратом, применяемым в качестве снотворного средства. Циклический тетрамер $(\text{CH}_3\text{CHO})_4$ – метальдегид

применяется в быту в качестве горючего под названием "сухого спирта".

Трихлор - уксусный альдегид (хлоралгидрат) применяется в качестве снотворного.

Ацетон (диметилкетон, пропанон) в больших количествах используется как растворитель многих органических веществ, а также как исходный продукт для получения хлороформа, йодоформа, искусственного каучука.

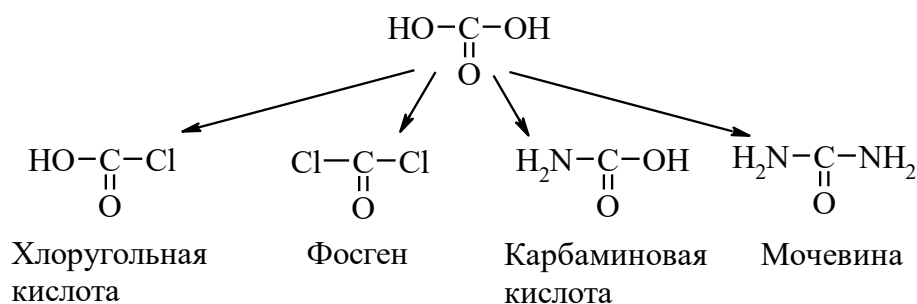
Ацетон образуется в организме при сахарном диабете из продуктов неполного окисления жиров – ацетоуксусной, β -гидроксимасляной кислот, он накапливается в крови, появляется в моче. *Качественные реакции на ацетон* имеют большое значение в клинике.

1. Иодоформная проба (проба Либена) – в щелочной среде при добавлении йода в йодистом калии образуются беловато-желтоватые кристаллы йодоформа с характерным запахом.

2. Нитропруссидная проба (проба Легаля) – при добавлении раствора нитропрусида натрия развивается вишнево-красное окрашивание.

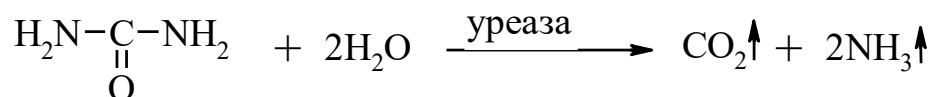
Функциональные производные угольной кислоты

Угольная кислота занимает особое место среди соединений углерода. Она не имеет гомологов и любое замещение в ней приводит к получению функционального производного. Формально ее можно рассматривать как гидроксимурavinую кислоту, и как двухосновную карбоновую.

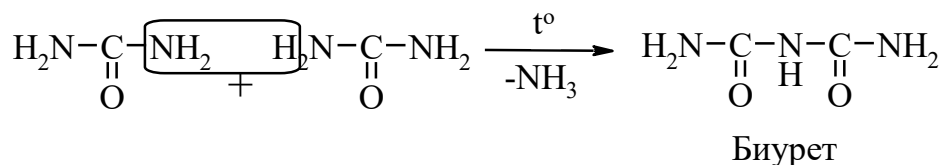


Мочевина (карбамид) – диамид угольной кислоты – важнейший азотсодержащий конечный продукт обмена веществ у человека (с мочой выделяется около 20-30 г мочевины в сутки). В промышленности мочевины

(как добавку в корм домашних животных и удобрение) синтезируют из диоксида углерода и аммиака при нагревании их под давлением. Мочевина обладает основными свойствами, поэтому дает соли с кислотами (азотной, щавелевой). Мочевина способна гидролизоваться под действием кислот, щелочей, а в организме – под действием фермента **уреазы**.

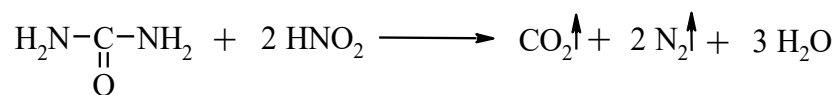


При медленном нагревании до 150-160°C мочевина разлагается с выделением аммиака и **биурета**

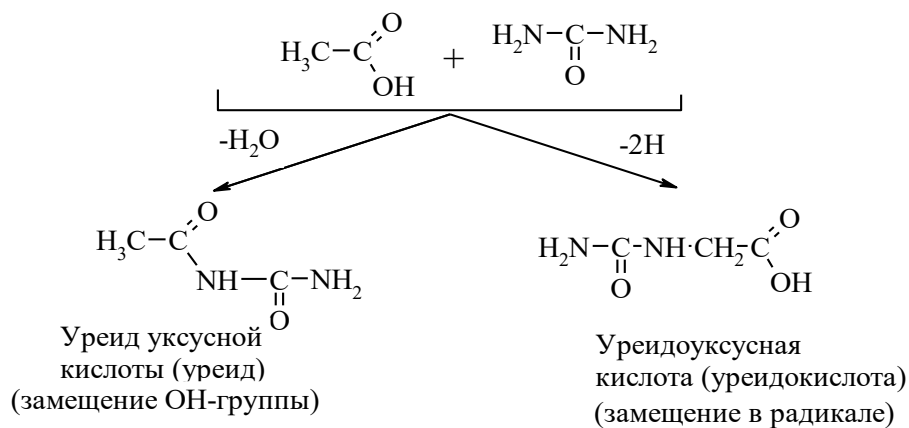


В щелочных растворах **биурет** дает с ионами меди (II) характерное фиолетовое окрашивание, обусловленное образованием хелатного комплекса (**биуретовая реакция**).

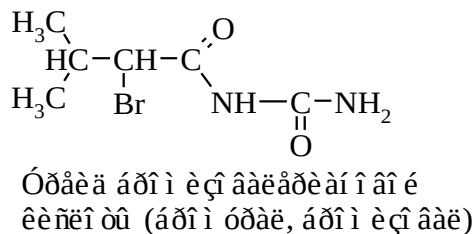
Для количественного определения мочевины (по объему выделившегося газообразного азота) используется её реакция с азотистой кислотой (метод Ван-Слайка).



Большое значение имеют производные карбоновых кислот, содержащие остаток мочевины в качестве заместителя – **уреиды и уреидокислоты** (по аналогии – амиды и аминокислоты).

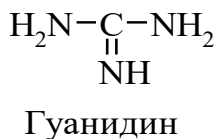


Некоторые уреиды применяются в медицине. В частности, уреид α-бромизовалериановой кислоты (**бромурал, бромизовал**) используется как мягкое снотворное средство.

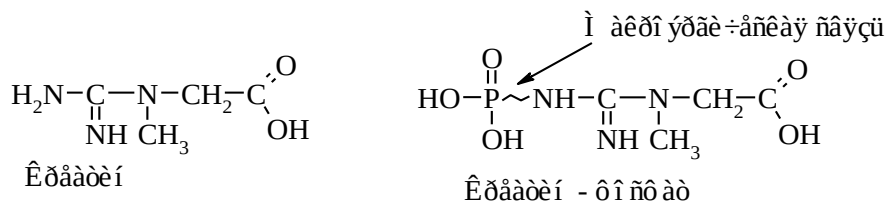


Его эффект обусловлен сочетанием известных своим угнетающим действием на центральную нервную систему брома и остатка изовалериановой кислоты. Наличие мочевины смягчает действие препарата. Большое значение имеют циклические уреиды малоновой кислоты – **барбитураты**.

Азотистое производное мочевины – **иминомочевина** (гуанидин) – сильное основание.



Остаток гуанидина входит в состав α-аминокислоты **аргинина, гуанина** – одного из азотистых оснований нуклеиновых кислот, а также молекулы **креатина**.

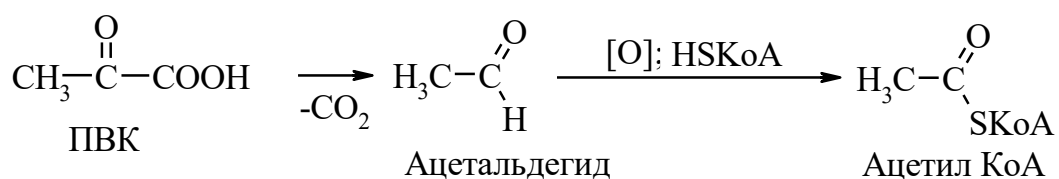


Креатин в виде фосфата содержится в мышечной ткани позвоночных. Он относится к так называемым **макроэргическим веществам**, при гидролизе которых высвобождается необходимая организму энергия (универсальным макроэргом является АТФ). В креатинфосфате макроэргической является Р~N связь (обозначается волнистой линией); её гидролиз протекает с выделением значительного количества энергии.

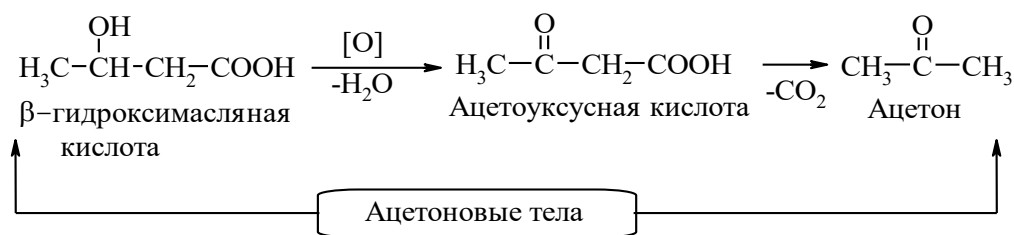
Оксокислоты – это соединения, содержащие одновременно карбоксильную и альдегидную (или кетонную) группу. В соответствии с этим различают **альдегидокислоты и кетокислоты**.

Пировиноградная кислота (ПВК) занимает одно из центральных мест в цикле трикарбоновых кислот (цикле Кребса) – универсальном «котле», в котором сгорают белки, жиры, углеводы, давая организму энергию. Она является также одним из промежуточных продуктов при молочнокислом и спиртовом брожении углеводов. **Соли** пировиноградной кислоты называют **пируваты**.

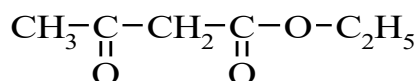
ПВК **декарбоксилируется** *in vivo* (в организме) в присутствии фермента **декарбоксилазы** и кофермента с образованием ацетальдегида, который легко окисляется и в присутствии коэнзима А (HSCoA), превращается в активную форму уксусной кислоты (ацетилкоэнзим А):



Ацетоуксусная кислота образуется в организме при окислении β-гидроксимасляной кислоты и наряду с ацетоном накапливается в организме и появляется в моче у больных сахарным диабетом (так называемые "ацетоновые" или "кетонные" тела), присутствие их открывается в моче качественными реакциями Либена и Легала (см. тему: «Альдегиды и кетоны» стр. 75).



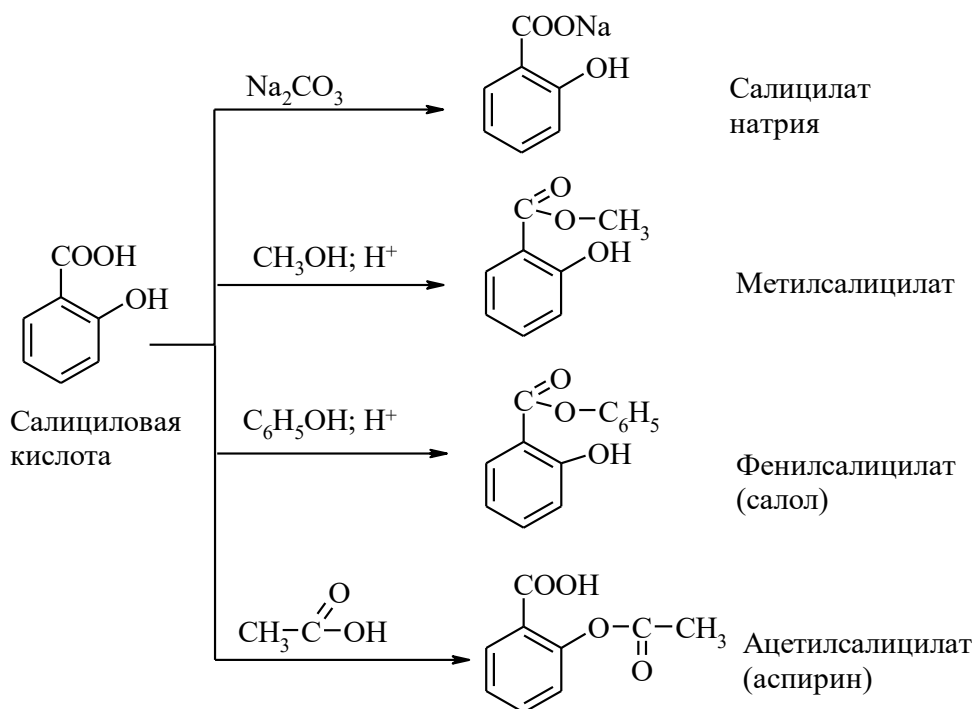
Большое теоретическое значение имеет, в связи с вопросами таутомерии и двойственной реакционной способности, этиловый эфир ацетоуксусной кислоты, так называемый **ацетоуксусный эфир**:



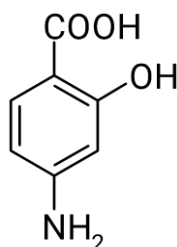
Специальные исследования показали, что **ацетоуксусный эфир** представляет собой смесь двух изомеров – кетона (92,5%) и енола (7,5%), находящихся в таутомерном равновесии (кето-енольная таутомерия).

Ацетоуксусный эфир широко применяется в органическом синтезе как исходное вещество для получения кетонов, карбоновых кислот, гетерофункциональных соединений, в том числе производных гетероциклов, представляющих интерес в качестве лекарственных средств.

Фенолокислоты и их производные – лекарственные препараты



Перечисленные выше производные салициловой кислоты (кроме салола) оказывают анальгетическое, жаропонижающее и противовоспалительное действие. Метилсалицилат из-за раздражающего действия используется наружно в составе мазей. Салол применяется как дезинфицирующее средство при кишечных заболеваниях.



p-Аминосалициловая кислота (ПАСК) – обладает противотуберкулезным действием.

Противотуберкулезное действие ПАСК объясняется тем, что она является **антагонистом** (веществом противоположным по действию) *p*-аминобензойной кислоты (ПАБК), необходимой для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов.

Салициловая кислота и ее производные, имеющие свободный фенольный гидроксил, дает **качественную реакцию с FeCl₃** – сине-фиолетовое окрашивание.

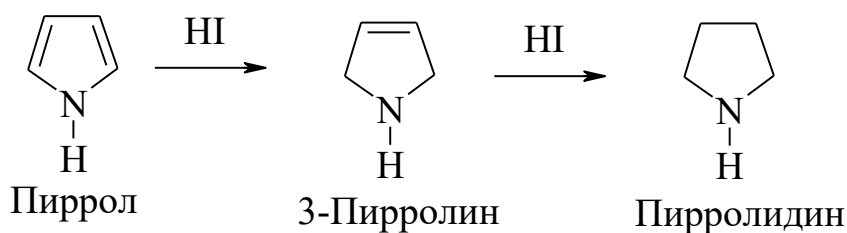
Биогенные амины (катехоламины) – образуются в организме в результате процессов обмена веществ. Они являются представителями **аминоспиртов**, содержащих в качестве структурного фрагмента остаток пирокатехина (1,2-дигидроксibenзол, **катехол**). К **катехоламинам** относятся: **дофамин, норадреналин, адреналин**, которые образуются в организме из незаменимой α-аминокислоты фенилаланин и подобно ацетилхолину выполняют роль нейромедиаторов. Адреналин является гормоном мозгового вещества надпочечников, а норадреналин и дофамин – его предшественниками.

Адреналин участвует в регуляции сердечной деятельности, обмене углеводов.

Катехоламины с раствором FeCl₃ дают изумрудное окрашивание, переходящее в вишнево-красное при добавлении раствора аммиака, что может служить **качественной реакцией на эти соединения**.

Адреналин – гормон мозгового вещества надпочечников, «гормон страха», повышает уровень сахара в крови, при физиологических стрессах выделяется в кровь.

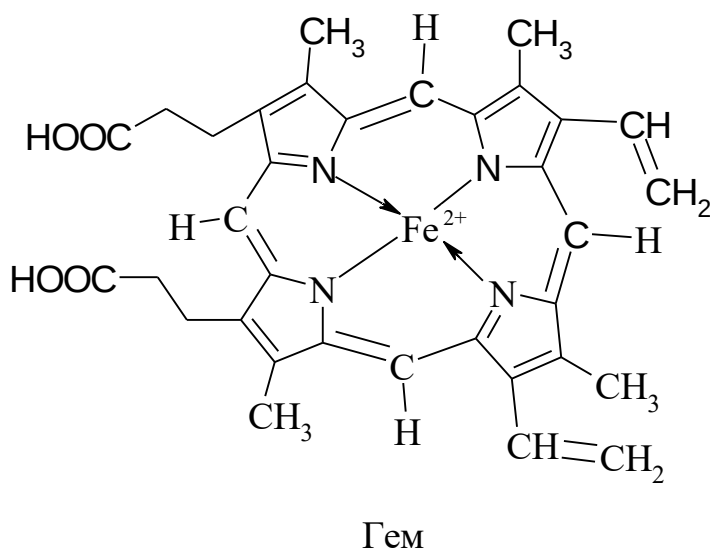
Пиррол способен к **восстановлению** в присутствии HI, процесс идет ступенчато:



Пирролидин (циклический вторичный амин) обладает сильноосновными свойствами. Его ядро входит в состав ряда органических соединений.

Тетрапиррольные соединения – важная группа азотсодержащих природных веществ, в состав которых входят четыре пиррольных кольца

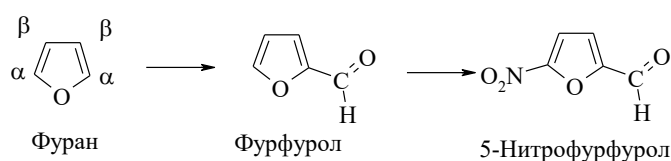
Пиррол → Порфин → Протопорфирин → Гем



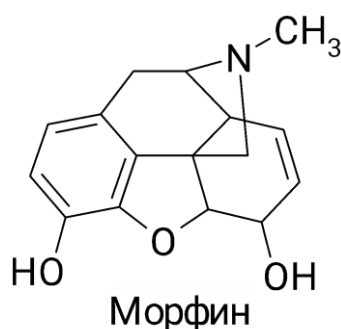
Гем – содержит атом двухвалентного железа, связанного с порфирином – **это простетическая группа сложного белка гемоглобина** (кислородпереносящего).

Комплекс порфирина с железом входит в состав ряда ферментных систем: **цитохромы, каталаза, пероксидаза**. Комплекс порфирина с магнием является основой молекулы **хлорофилла**. Пиррольные ядра, связанные с кобальтом, входят в состав **витамина В₁₂** (цианкобаламина), который необходим для нормального кроветворения.

Фуран и его производные напоминают соединения пиррольного ряда, они легко вступают в реакции электрофильного замещения – нитруются, сульфируются. Заместитель при этом вступает в α -положение. Фуран способен к реакциям восстановления, окисления.



Нитропроизводные фуранового ряда являются лекарственными средствами – **фурацилин, фуразомедон**, которые эффективны при гнойно-



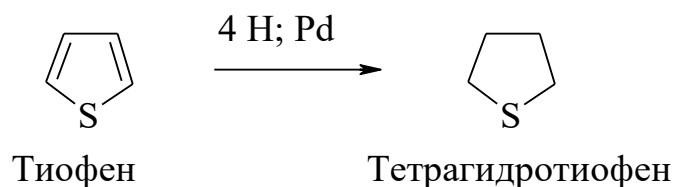
воспалительных процессах, вызываемых микроорганизмами (дизентерии, брюшном тифе). Фуран входит в состав наркотических веществ – **морфина, героина, кодеина** и др.

Морфин – обладает сильным обезболивающим действием. В его состав входит фенантреновая

структура. Известно возникновение привыкания к морфину, что приводит к развитию наркомании.

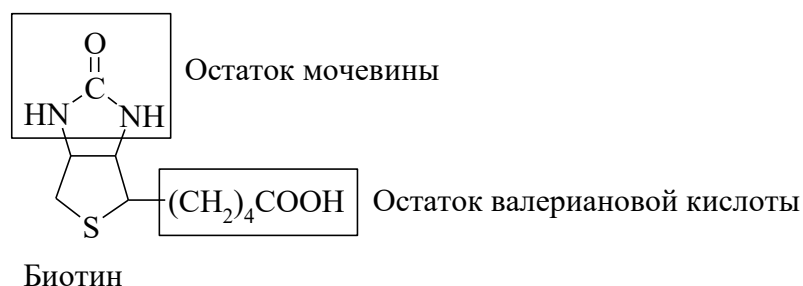
Тиофен – из рассматриваемых пятичленных гетероциклических соединений с одним гетероатомом наиболее близок к бензолу по химическим и физическим свойствам (температура кипения тиофена 84°C, бензола 80°C). Тиофен содержится в каменноугольной смоле. Тиофен и его производные входят в состав **ихтиоловой мази**, обладающей противовоспалительным, антисептическим и местным обезболивающим действиями.

Восстановление тиофена в присутствии палладиевого катализатора приводит к образованию **тетрагидротиофена**.

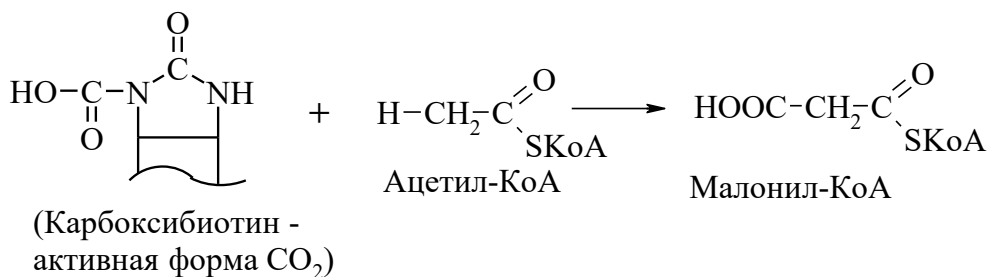


Производным тетрагидротиофена является **биотин** (витамин «Н»), отсутствие которого в пище нарушает обмен белков и жиров в организме и ведет к кожным заболеваниям.

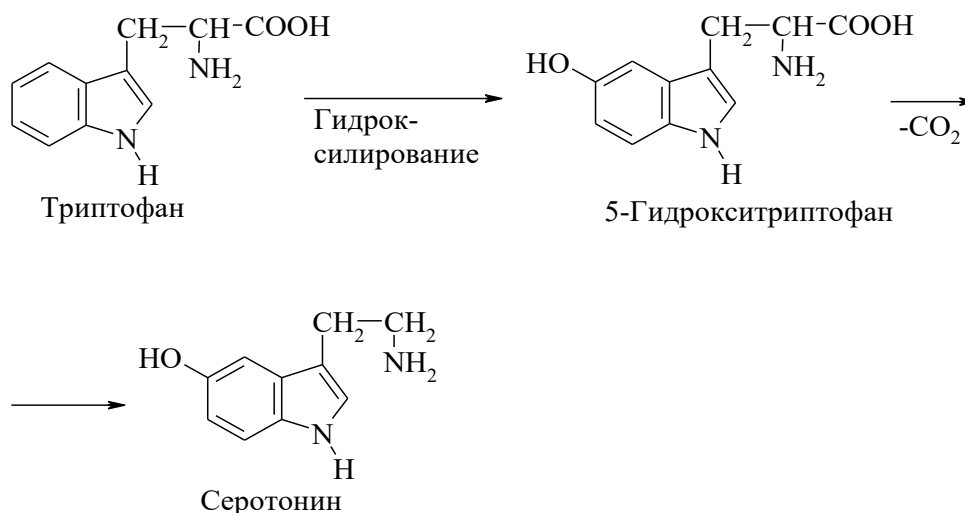
Молекула биотина представляет собой бициклическую систему, в которой тетрагидротиофеновое кольцо, содержащее остаток валериановой кислоты, конденсированной с мочевиной.



Биотин принимает участие в реакциях переноса карбоксильных групп в организме, образует активную форму CO_2 . Примером служит **образование малонил-КоА** из ацетил-КоА и диоксида углерода:

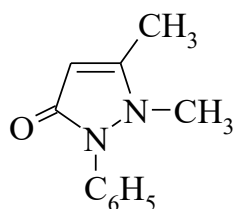


Триптофан (α -амино- β -индолилпропионовая кислота) аминокислота, входящая в состав белков. В процессе метаболизма триптофан способен к гидроксилированию, декарбоксилированию, давая 5-гидрокситриптамин (**серотонин**)

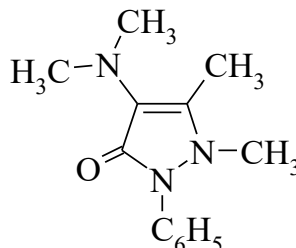


Серотонин является одним из медиаторов головного мозга. Нарушение его нормального обмена в организме ведет к развитию шизофрении. Серотонин входит в состав некоторых биологически активных веществ, резко нарушающих психическую деятельность. Так псилоцибин, диэтиламид лизергиновой кислоты (ЛСД), вызывающие зрительные галлюцинации, содержат в своем составе серотонин.

Лекарственные средства пиразолонового ряда



Антипирин
(2,3-диметил-1-фенил-
пиразолон-5)



Амидопирин
(2,3-диметил-1-фенил-
4-диметиламинопиразолон-5)

Антипирин и **амидопирин** широко применяются в медицине как жаропонижающие, болеутоляющие и успокаивающие средства. Синтезируются из ацетоуксусного эфира конденсацией его с фенилгидразином.

Никотиновая кислота и её амид, **никотинамид**, получили известность как две формы **витамина РР**, применяющегося в медицине для лечения пеллагры (антипеллагрический витамин).

Никотинамид является составной частью ферментных систем дегидрогеназ, ответственных за окислительно-восстановительные процессы в организме (НАД-никотинамидадениндинуклеотид), а диэтиламид никотиновой кислоты – **кордиамин** служит эффективным стимулятором центральной нервной системы.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 4-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 401 с.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — (Учебник для высшей школы). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10".

ISBN 978-5-9963-2939-7(Т. I)

ISBN 978-5-9963-2938-0

Дополнительная.

1. Шабаров Ю.С. Органическая химия, М: Химия, 1996, Т1,Т2.
2. Нейланд О.Я Органическая химия, М: Высшая школа, 1990.
3. Веселовская Т.К., Мачинская И.В. Вопросы и задачи по органической химии, М: Высшая школа, 1988.
4. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии, М: Химия, 1977, Л: Химия, 1979.
5. Потапов В.М. Стереохимия, М: Химия, 1988.
6. Казицина Л.А. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М: Изд.-во Моск. ун-та, 1974.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методические указания по организации и проведению самостоятельной
работы студентов
по дисциплине
Органическая химия**

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль) Химический инжиниринг и цифровые технологии

Ставрополь, 2026

Пояснительная записка

Цель самостоятельной работы:

1. Систематизировать современные процессы интеграции Российского высшего образования в общеевропейскую и мировую образовательную практику; раскрыть сущность проблем организации учебно-воспитательного процесса на современном этапе развития высшего образования.
2. Подобрать такой дидактический материал для самостоятельной работы студентов, который бы позволил применить полученные знания на практике и развивать инициативу, активность и творческие способности.
3. Помочь обучающимся в формировании у них обоснованной гуманистической идеологии, в осмыслении с этих позиций новаторских и традиционных педагогических систем и педагогического опыта.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе дисциплины «Высокомолекулярные соединения». По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Основными **формами работы и контроля** являются:

Контрольная работа - форма проверки и оценки усвоенных знаний, получения информации о характере познавательной деятельности, уровня самостоятельности и активности студентов в учебном процессе, эффективности методов, форм и способов учебной деятельности. Эта форма самостоятельной работы студента выявляет умение применять теоретические знания на практике, помогает проверить усвоение курса перед экзаменом (зачетом).

Собеседование - форма учебной деятельности, специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п., позволяющая оценить их умение аргументировать собственную точку зрения, предполагающая всестороннее обсуждение какого-либо вопроса, проблемы или сопоставлении информации, идей, мнений, предложений.

Реферат – раскрытие сущности исследуемой проблемы, включающее обращение к различным точкам зрения на вопрос, а также изложение собственных взглядов на нее.

Для подготовки к каждой теме следует изучить и законспектировать рекомендованные источники и научную литературу и на их основании подготовиться к указанным в методических материалах вопросам для обсуждения.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования указанными конспектами.

При проверке задания, оцениваются:

- активное участие в работе;
- уверенное владение материалом;
- умение четко и логично излагать свои мысли;
- умение творчески подходить к решению основных вопросов темы;
- самостоятельность мышления;
- полное соответствие конспекта установленным требованиям;
- самостоятельная устная речь, полностью раскрывающая суть проблематики собеседования.

Реферат – раскрытие сущности исследуемой проблемы, включающее обращение к различным точкам зрения на вопрос, а также изложение собственных взглядов на нее.

Структура и содержание реферата

Структура реферата включает в себя следующие элементы:

- титульный лист;
- оглавление;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список литературы и источников;
- приложение.

Титульный лист – это информация о выходных данных вашей работы. Он является первой страницей научной работы и заполняется по строго определенным правилам. Титульный лист не нумеруется.

В *оглавлении* текста последовательно излагаются названия пунктов реферата с указанием страницы, с которой начинается каждый пункт. Заголовки оглавления должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности и соподчиненности по сравнению с заголовками в тексте нельзя. Заголовки одинаковых ступеней рубрикации необходимо располагать друг под другом. Заголовки каждой последующей ступени смещают на три–пять знаков вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени. Все заголовки начинают с прописной буквы без точки на конце. Последнее слово каждого заголовка соединяют отточием с соответствующим ему номером страницы в правом столбце оглавления.

Введение к работе. Здесь обычно обосновываются актуальность выбранной темы, цель и содержание поставленных задач, формулируются объект и предмет исследования, указывается избранный метод (или методы) исследования.

Содержание глав основной части должно точно соответствовать теме реферата и полностью её раскрывать. Эти главы должны показать умение автора сжато, логично и аргументировано излагать материал. Важно понимать, что каждая глава должна представлять собой законченное произведение. Её следует начинать постановкой рассматриваемой задачи, а завершать четкими, аргументированными выводами. Все приводимые в работе данные обязательно следует сопровождать подстрочной ссылкой на источник, описание которого должно приводиться в соответствии с требованиями библиографических стандартов. Как правило, основная часть реферата состоит из 2–3 глав, которые в случае необходимости разбиваются на параграфы.

Реферат заканчивается заключительной частью, которая так и называется «*заключение*». Этот синтез – последовательное, логически стройное изложение полученных итогов и их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными во введении.

После заключения помещается *библиографический список использованной литературы*, куда включаются оригинальные тексты, монографические исследования, научные статьи, учебные пособия и др. Каждый включенный в такой список литературный источник должен иметь отражение в тексте реферата. Если автор реферата делает ссылку на какие-либо заимствованные факты или цитирует работы других авторов, то он должен обязательно указать в подстрочной ссылке, откуда взяты приведенные материалы. Список литературы должен включать не менее 10 источников.

Объем реферата должен составлять не менее 20 страниц машинописного текста. Объем приложений не ограничивается.

Общие требования к оформлению реферата

Текст реферата должен быть напечатан на одной стороне стандартного листа белой бумаги формата А4 (210х297 мм) через полтора интервала (14 кегль) с применением черных чернил с полями вокруг текста. Размер левого поля 30 мм, правого – 10 мм, верхнего – 20 мм, нижнего – 20 мм. При таких полях каждая страница должна содержать приблизительно 1800 знаков (30 строк, по 60 знаков в строке, считая каждый знак препинания и пробел между словами также за печатный знак).

Текст перепечатывается в строго последовательном порядке. Не допускаются разного рода текстовые вставки и дополнения, помещаемые на отдельных страницах или на оборотной стороне листа, и переносы кусков текста в другие места. Все сноски и подстрочные примечания перепечатываются (через один интервал) на той странице, к которой они относятся. Все страницы нумеруются, начиная с титульного листа. Цифру, обозначающую порядковый номер страницы, ставят в правом углу верхнего поля листа (на

первой и второй странице цифру, обозначающую порядковый номер, не ставят).

Приложение для рефератов являются желательным, но необязательным элементом. В приложение обычно входят различные таблицы, графики, схемы, рисунки и т.п. Приложения помещают после списка использованных библиографических источников в порядке их упоминания в тексте. Каждое приложение следует начинать с нового листа. Приложение не входит в параметры минимального объема работы

Критерии оценки самостоятельной работы студентов

Задания, выносимые на самостоятельную работу, оцениваются по шкале «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет делать выводы относительно возможного механизма реакции, причем не затрудняется с ответом при прогнозировании не только структурных, но и пространственных результатов важнейших реакций с участием органических соединений, показывает высокий уровень владения основными методами определения пространственного строения веществ в соответствии с программными требованиями, ответы на вопросы логически выстроены и убедительны.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если студент твердо знает материал, грамотно и по существу использует принципы конфигурационного и конформационного строения молекул, не допуская существенных неточностей, демонстрирует высокий уровень владения навыками изучения механизма реакции на основе современных физико-химических методов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент показывает небольшое количество ошибок, не препятствующих общему пониманию механизма реакции, использует и знает взаимосвязь между пространственным строением молекул и механизмом реакций, отвечает на вопросы в основном полно при слабой логической оформленности высказывания.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные теоретические ошибки, не может логически правильно передать информацию.

Вопросы для самостоятельной подготовки:

:

1. Предмет органической химии. Основные положения теории строения органических соединений.
2. Классификация органических соединений. Функциональные группы. Основные классы и ряды.
3. Правила номенклатуры.

4. Формулы Льюиса. Правило октетов. Формальный заряд.
5. Типы перекрывания орбиталей (σ и π -связи). Принцип максимального перекрывания.
6. Теория гибридизации. Теория отталкивания электронных пар валентных оболочек (ОЭВПО).
7. Полярность ковалентной связи. Индукционный эффект заместителей.
8. Резонансные структуры. Мезомерия. Мезомерный эффект заместителей. Сверхсопряжение.
9. Теория кислот и оснований Бренстеда. Факторы, влияющие на силу кислот и оснований.
10. Обобщенная теория кислот и оснований Льюиса. “Жесткие” и “мягкие” кислоты и основания (ЖМКО).
11. Кинетический и термодинамический контроль на примере реакций присоединения к диенам.
12. Орбитальный и зарядовый контроль на примере нуклеофильного алифатического замещения по S_N1 и S_N2 с участием амбидентных нуклеофилов.
13. Классификация органических реакций: по типу превращения, по типу разрыва связей, по характеру активации. Классификация реагентов.
14. Электронное и пространственное строение алканов на примере метана и бутана.
15. Электронное и пространственное строение алкенов.
16. Геометрическая изомерия алкенов. Цис-, транс- и Z,E номенклатуры.
17. Геометрическая изомерия циклоалканов.
18. Электронное и пространственное строение циклопропанов.
19. Электронное и пространственное строение цикlobутанов.
20. Электронное и пространственное строение циклогексанов.
21. Электронное и пространственное строение алкинов.
22. Электронное и пространственное строение сопряженных диенов.
23. Относительная устойчивость циклов, типы напряжений.
24. Оптическая активность, хиральность, хиральные молекулы, асимметрический центр, энантиомеры, рацемические формы.
25. Способы изображения энантиомеров. D, L и R, S-Номенклатуры.
26. Соединения с двумя и более асимметрическими центрами: диастереомеры, эритро-, treo-, мезо-формы.
27. Циклодимеризация алкенов. Стереохимия реакций. Коцепция граничных орбиталей. Правило Вудворда- Гофмана. Супра- и антара поверхностные взаимодействия.
28. Диеновый синтез (реакция Дильса-Альдера). Стереохимия реакций. Коцепция граничных орбиталей. Правило Вудворда- Гофмана.
29. Электроциклические реакции. Коцепция граничных орбиталей. Правило Вудворда- Гофмана.
30. Электронное строение бензольного кольца. Понятие ароматичности, правило Хюккеля.

31. Небензоидные ароматические системы: циклопропенилий- и тропилий катионы, циклопентадиенилий-анион, азулен, анулены.
32. Спирты: классификация, номенклатура, изомерия и методы синтеза (из алкилгалогенидов, из алкенов, из альдегидов и кетонов).
33. Химические свойства спиртов: кислотные свойства, свойства как оснований, нуклеофилов и гетеронуклеофилов (взаимодействие с галогенангидридами карбоновых и минеральных кислот).
34. Реакции замещения гидроксильной группы спиртов (замещение на галоген, алкокси-группу). Механизмы реакций (SN1, SN2, SNi). Кислотный катализ.
35. Дегидратация спиртов, механизмы E1 и E2. Дегидрирование и окисление спиртов.
36. Простые эфиры: номенклатура, классификация, методы синтеза и свойства. Понятие о межфазном катализе.
37. *-Оксиды (эпоксиды): номенклатура, изомерия, методы синтеза и химические свойства.
38. Фенолы: классификация, номенклатура, методы синтеза (из солей сульфокислот, нуклеофильное замещение галогена, получение из кумола – реакция Сергеева, из ароматических аминов).
39. Реакции электрофильного замещения по кольцу фенолов: галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование, нитрозирование, азосочетание.
40. Реакции электрофильного замещения по кольцу фенолов: карбоксилирование (реакция Кольбе), ацилирование, формилирование (реакции Гаттермана, Вильсмайера, Реймера–Тиммана).
41. Номенклатура и методы синтеза альдегидов и кетонов.
42. Кето–енольная таутомерия альдегидов кетонов. Енолы и еноляты. Способы енолизации. Амбидент-ность енолов и енолятов. Нитрозирование кетонов.
43. Альдольно-кратоновая конденсация альдегидов и кетонов. Перекрестная конденсация. Механизм реакции в щелочной и кислой среде.
44. Реакции диспропорционирования альдегидов (реакция Канниццаро, механизм, перекрестная реакция Канниццаро, реакция Тищенко).
45. Свойства азотсодержащих аналогов карбонильных соединений (оксимов, гидразонов, фенилгидразонов, семикарбазонов, оснований Шиффа): восстановление, перегруппировка Бекмана (I и II рода).
46. Дикарбонильные соединения: классификация и основные свойства. Ацетилацетон.
47. Непредельные альдегиды и кетоны: особенности химических свойств *,*-непредельных альдегидов и кетонов.
48. Кетены и хиноны. Общая характеристика методов получения и свойств.
49. Карбоновые кислоты: классификация, номенклатура, методы синтеза и физические свойства.

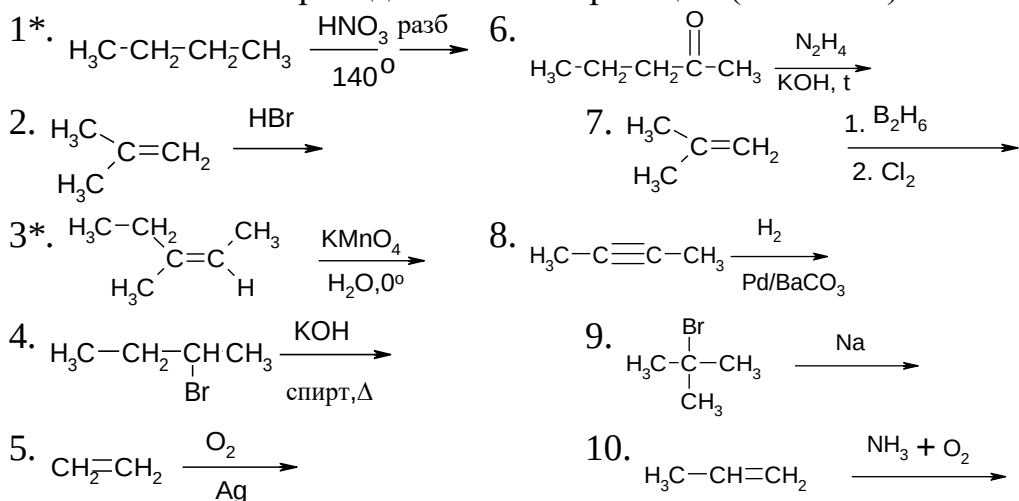
50. Номенклатура и химические свойства солей карбоновых кислот (пиролиз аммонийных и кальциевых солей, восстановление, взаимодействие с реактивом Гриньяра, декарбоксилирование).
51. Номенклатура и химические свойства галогенангидридов карбоновых кислот.
52. Номенклатура и химические свойства ангидридов кислот. Реакция Перкина.
53. Сложные эфиры: номенклатура и химические свойства (гидролиз, переэтерификация, взаимодействие с аммиаком и аминами, восстановление). Реакции Реформатского и Дарзана.
54. Сложные эфиры: взаимодействие с реактивом Гриньяра, ацилоиновая конденсация, конденсация Кляйзена.
55. Амиды кислот: номенклатура и химические свойства. Реакция (перегруппировка) Гофмана.
56. Нитрилы кислот: номенклатура, получение и химические свойства.
57. Липиды. Жиры: строение, физические и химические свойства. Мыла, их моющее действие.
58. Алифатические нитросоединения: классификация, получение, химические свойства.
59. Ароматические нитросоединения: синтез и реакции восстановления.
60. Амины: классификация, номенклатура, методы синтеза. Кислотно-основные свойства аминов.
61. Ароматические diaзосоединения: реакции без выделения азота (восстановление, азосочетание, взаимодействие с первичными ариламинами).
62. Ароматические diaзосоединения: реакции, сопровождающиеся выделением азота (получение фенолов, арилйодидов, реакция Зандмейера, замещение diaзогруппы на водород).
63. Классификация углеводов. Стереохимия моносахаридов. Таутомерные превращения D-глюкозы в растворе, *- и *-аномеры. Эпимеры.
64. Таутомерные превращения D-маннозы и D-фруктозы в растворе. Названия всех таутомеров. Различные способы их изображения.
65. Химические свойства моносахаридов. Классификация дисахаридов. Мальтоза и целлобиоза, их таутомерные формы.
66. Классификация дисахаридов. Таутомерия лактозы. Строение сахарозы. Высшие полисахариды: крахмал, гликоген, целлюлоза, гиалуроновая кислота. Особенности строения, свойств. Биологическое значение.
67. Аминокислоты: классификация, номенклатура, изомерия. Методы синтеза и свойства аминокислот.
68. Белки. Классификация. Пептидная связь, пептиды. Методы синтеза пептидов, их номенклатура. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белков, их биологические функции. Денатурация белков.
69. Гетероциклические соединения. Классификация и основные типы гетероароматических систем.

70. Пиррол, его ароматичность, химические свойства.
71. Индол, его ароматичность. Синтез индола, его важнейшие свойства.
72. Пиридин и его гомологи. Важнейшие химические свойства пиридина.
73. Хинолин. Синтез и свойства производных хинолинового ряда.
74. Имидазол, пиримидин, пурин; общая характеристика. Производные пиримидина и пурина, входящие в состав нуклеиновых кислот. Понятие об алкалоидах.

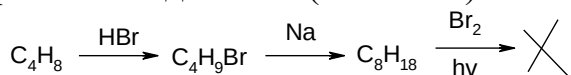
Пример контрольной работы

Вариант 11

1. Напишите приведенные ниже реакции (3.5 балла):



2. В приведенных в задании 1 реакциях назовите все исходные и образующиеся алканы и алкены по рациональной и IUPAC номенклатурам (0.5 балла).
3. Приведите механизмы реакций отмеченных в задании 1 звездочкой (2 балла).
4. Стереохимический результат реакции 3 первого задания. Относятся образующиеся соединения к treo- или эритро-? Обозначьте конфигурацию хиральных центров в образующихся в этой реакции соединениях по R,S номенклатуре (3.2 балла).
5. Предложите схему синтеза приведенных ниже соединений, используя только неорганические соединения:
 - а) из бутана 2-бутен (0.5 балла)
 - б) из пропена 2-гексен (1 балл)
6. Определите строение соединения (0.8 балла) состава C_4H_8 , которое:



РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

2. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 4-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 401 с.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — (Учебник для высшей школы). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10".

ISBN 978-5-9963-2939-7(Т. I)

ISBN 978-5-9963-2938-0

Дополнительная.

1. Шабаров Ю.С. Органическая химия, М: Химия, 1996, Т1,Т2.
2. Нейланд О.Я Органическая химия, М: Высшая школа, 1990.
3. Веселовская Т.К., Мачинская И.В. Вопросы и задачи по органической химии, М: Высшая школа, 1988.
4. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии, М: Химия, 1977, Л: Химия, 1979.
5. Потапов В.М. Стереохимия, М: Химия, 1988.
6. Казицина Л.А. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М: Изд.-во Моск. ун-та, 1974.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации и проведения самостоятельной работы
студентов по дисциплине
Лабораторный практику по органической химии
Модуль: Математическая и естественно-научная подготовка
(ядро СКФУ химическая направленность)

для студентов направления подготовки студентов химии 4.03.01 Химия
Направление подготовки 04.03.01 Химия
профиль Органическая и медицинская химия

Ставрополь
2026

Содержание

Пояснительная записка	3
<u>Требования к представлению и оформлению результатов</u> самостоятельной работы	5
Критерии оценки самостоятельной работы	10
Рекомендуемая литература	12

Цель самостоятельной работы:

1. Систематизировать современные процессы интеграции Российского высшего образования в общеевропейскую и мировую образовательную практику; раскрыть сущность проблем организации учебно-воспитательного процесса на современном этапе развития высшего образования; обобщить требования к подготовке.
2. Подобрать такой дидактический материал для самостоятельной работы, который бы позволил применить полученные знания на практике и развивать инициативу, активность и творческие способности.
3. Помочь студентам в формировании у них обоснованной гуманистической идеологии, в осмыслении с этих позиций новаторских и традиционных педагогических систем, своего собственного жизненного и педагогического опыта.

Основными **формами работы и контроля** аспирантов являются:

Индивидуальное решение репродуктивных, реконструктивных и творческих заданий, позволяющих оценивать и диагностировать уровень обученности, уровень умений и навыков по дисциплине.

Собеседование - форма учебной деятельности, специальная беседа преподавателя на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний аспиранта по определенному разделу, теме, проблеме и т. п., позволяющая оценить их умение аргументировать собственную точку зрения, предполагающая всестороннее обсуждение какого-либо вопроса, проблемы или сопоставлении информации, идей, мнений, предложений.

Реферат – раскрытие сущности исследуемой проблемы, включающее обращение к различным точкам зрения на вопрос, а также изложение собственных взглядов на нее.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Индивидуальное решение репродуктивных, реконструктивных и творческих заданий, позволяющих оценивать и диагностировать уровень обученности, уровень умений и навыков студентов по дисциплине.

Для подготовки к выполнению задания следует изучить и проанализировать рекомендованную литературу и на их основании подготовиться к изложению темы.

При проверке задания оцениваются

- уверенное владение материалом;
- умение четко и логично излагать свои мысли;
- умение творчески подходить к решению основных проблем темы;
- самостоятельность мышления, умение отстаивать свою позицию в ходе последующих дискуссий,
- самостоятельная и выразительная устная речь, полностью раскрывающая суть проблематики задания.

Собеседование - форма учебной деятельности, специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний аспиранта по определенному разделу, теме, проблеме и т.п., позволяющая оценить их умение аргументировать собственную точку зрения, предполагающая всестороннее обсуждение какого-либо вопроса, проблемы или сопоставлении информации, идей, мнений, предложений.

Принципиальные отличия заданий базового уровня от повышенного заключаются в большем объеме фактов и событий, в сравнительно-аналитическом характере изложения материала, его теоретической (методологической) составляющей.

Для подготовки к каждой теме следует изучить и законспектировать рекомендованные источники и научную литературу и на их основании подготовиться к указанным в методических материалах вопросам для обсуждения.

При подготовке к ответу предоставляется право пользования указанными конспектами.

При проверке задания, оцениваются:

- активное участие в работе;
- уверенное владение материалом;
- умение четко и логично излагать свои мысли;
- умение творчески подходить к решению основных вопросов темы;
- самостоятельность мышления,
- полное соответствие конспекта установленным требованиям;
- самостоятельная устная речь, полностью раскрывающая суть проблематики собеседования.

Реферат – раскрытие сущности исследуемой проблемы, включающее обращение к различным точкам зрения на вопрос, а также изложение собственных взглядов на нее.

Структура и содержание реферата

Структура реферата включает в себя следующие элементы:

- титульный лист;
- оглавление;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список литературы и источников;
- приложение.

Титульный лист – это информация о выходных данных вашей работы. Он является первой страницей научной работы и заполняется по строго определенным правилам. Титульный лист не нумеруется.

В *оглавлении* текста последовательно излагаются названия пунктов реферата с указанием страницы, с которой начинается каждый пункт. Заголовки оглавления

должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности и соподчиненности по сравнению с заголовками в тексте нельзя. Заголовки одинаковых ступеней рубрикации необходимо располагать друг под другом. Заголовки каждой последующей ступени смещают на три–пять знаков вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени. Все заголовки начинают с прописной буквы без точки на конце. Последнее слово каждого заголовка соединяют отточием с соответствующим ему номером страницы в правом столбце оглавления.

Введение к работе. Здесь обычно обосновываются актуальность выбранной темы, цель и содержание поставленных задач, формулируются объект и предмет исследования, указывается избранный метод (или методы) исследования.

Содержание глав основной части должно точно соответствовать теме реферата и полностью её раскрывать. Эти главы должны показать умение автора сжато, логично и аргументировано излагать материал. Важно понимать, что каждая глава должна представлять собой законченное произведение. Её следует начинать постановкой рассматриваемой задачи, а завершать четкими, аргументированными выводами. Все приводимые в работе данные обязательно следует сопровождать подстрочной ссылкой на источник, описание которого должно приводиться в соответствии с требованиями библиографических стандартов. Как правило, основная часть реферата состоит из 2–3 глав, которые в случае необходимости разбиваются на параграфы.

Реферат заканчивается заключительной частью, которая так и называется «*заключение*». Этот синтез – последовательное, логически стройное изложение полученных итогов и их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными во введении.

После заключения помещается *библиографический список использованной литературы*, куда включаются оригинальные тексты, монографические исследования, научные статьи, учебные пособия и др. Каждый включенный в

такой список литературный источник должен иметь отражение в тексте реферата. Если автор реферата делает ссылку на какие-либо заимствованные факты или цитирует работы других авторов, то он должен обязательно указать в подстрочной ссылке, откуда взяты приведенные материалы. Список литературы должен включать не менее 10 источников.

Объем реферата должен составлять не менее 24 страниц машинописного текста. Объем приложений не ограничивается.

Общие требования к оформлению реферата

Текст реферата должен быть напечатан на одной стороне стандартного листа белой односторонней бумаги формата А4 (210×297 мм) через полтора интервала (размер шрифта – 14) с применением черных чернил с полями вокруг текста. Размер левого поля 30 мм, правого – 10 мм, верхнего – 20 мм, нижнего – 20 мм. При таких полях каждая страница должна содержать приблизительно 1800 знаков (30 строк, по 60 знаков в строке, считая каждый знак препинания и пробел между словами также за печатный знак).

Текст перепечатывается в строго последовательном порядке. Не допускаются разного рода текстовые вставки и дополнения, помещаемые на отдельных страницах или на оборотной стороне листа, и переносы кусков текста в другие места. Все сноски и подстрочные примечания перепечатываются (через один интервал) на той странице, к которой они относятся. Все страницы нумеруются, начиная с титульного листа. Цифру, обозначающую порядковый номер страницы, ставят в правом углу верхнего поля листа (на первой и второй странице цифру, обозначающую порядковый номер, не ставят).

Приложение для рефератов является желательным, но необязательным элементом. В приложение обычно входят различные таблицы, графики, схемы, рисунки и т.п. Приложения помещают после списка использованных библиографических источников в порядке их упоминания в тексте. Каждое

приложение следует начинать с нового листа. Приложение не входит в параметры минимального объема работы

Критерии оценки самостоятельной работы

Критерии оценивания результатов самостоятельной работы разработаны с учетом требований ФГОС ВО. Задания, выносимые на самостоятельную работу, оцениваются по шкале «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Оценка **«отлично»** выставляется при следующих условиях:

- даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные в задании, выносимом на самостоятельную работу;
- показано умение грамотно применять полученные теоретические знания при анализе событий действительности;
- показано глубокое и творческое овладение основной и дополнительной литературой;
- материал излагается аргументировано и логически стройно.

Оценка **«хорошо»** выставляется при следующих условиях:

- даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные в задании, выносимом на самостоятельную работу;
- показаны достаточно прочные практические навыки;
- даны полные, но недостаточно обоснованные ответы на дополнительные вопросы;
- показаны глубокие знания основной и недостаточное знакомство с дополнительной литературой;
- показано умение теоретически обосновывать высказываемые положения;
- ответы в основном были краткими, но в них не всегда выдерживалась логическая последовательность.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется при следующих условиях.

- даны в основном правильные ответы на все вопросы задания, выносимого на самостоятельную работу, но без должной глубины и обоснования;
- показаны недостаточно прочные практические навыки;
- не даны положительные ответы на некоторые дополнительные вопросы;
- показаны недостаточные знания основной литературы;
- ответы были многословными, мысли излагались недостаточно четко и без должной логической последовательности.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется в случаях, когда не выполнены условия, позволяющие поставить оценку «удовлетворительно», когда студент не усвоил основного содержания предмета и слабо знает рекомендованную литературу.

Перечень вопросов для собеседования:

:

1. Предмет органической химии. Основные положения теории строения органических соединений.
2. Классификация органических соединений. Функциональные группы. Основные классы и ряды.
3. Правила номенклатуры.
4. Формулы Льюиса. Правило октетов. Формальный заряд.
5. Типы перекрывания орбиталей (σ и π -связи). Принцип максимального перекрывания.
6. Теория гибридизации. Теория отталкивания электронных пар валентных оболочек (ОЭВПО).
7. Полярность ковалентной связи. Индукционный эффект заместителей.
8. Резонансные структуры. Мезомерия. Мезомерный эффект заместителей. Сверхсопряжение.
9. Теория кислот и оснований Бренстеда. Факторы, влияющие на силу кислот и оснований.
10. Обобщенная теория кислот и оснований Льюиса. “Жесткие” и “мягкие” кислоты и основания (ЖМКО).
11. Кинетический и термодинамический контроль на примере реакций присоединения к диенам.
12. Орбитальный и зарядовый контроль на примере нуклеофильного алифатического замещения по S_N1 и S_N2 с участием амбидентных нуклеофилов.

13. Классификация органических реакций: по типу превращения, по типу разрыва связей, по характеру активации. Классификация реагентов.
14. Электронное и пространственное строение алканов на примере метана и бутана.
15. Электронное и пространственное строение алкенов.
16. Геометрическая изомерия алкенов. Цис-, транс- и Z,E номенклатуры.
17. Геометрическая изомерия циклоалканов.
18. Электронное и пространственное строение циклопропанов.
19. Электронное и пространственное строение цикlobутанов.
20. Электронное и пространственное строение циклогексанов.
21. Электронное и пространственное строение алкинов.
22. Электронное и пространственное строение сопряженных диенов.
23. Относительная устойчивость циклов, типы напряжений.
24. Оптическая активность, хиральность, хиральные молекулы, асимметрический центр, энантиомеры, рацемические формы.
25. Способы изображения энантиомеров. D, L и R, S-Номенклатуры.
26. Соединения с двумя и более асимметрическими центрами: диастереомеры, эритро-, treo-, мезо-формы.
27. Циклодимеризация алкенов. Стереохимия реакций. Коцепция граничных орбиталей. Правило Вудворда- Гофмана. Супра- и антара поверхностные взаимодействия.
28. Диеновый синтез (реакция Дильса-Альдера). Стереохимия реакций. Коцепция граничных орбиталей. Правило Вудворда- Гофмана.
29. Электроциклические реакции. Коцепция граничных орбиталей. Правило Вудворда- Гофмана.
30. Электронное строение бензольного кольца. Понятие ароматичности, правило Хюккеля.
31. Небензоидные ароматические системы: циклопропенилий- и тропилий катионы, цикlopентаденилий-анион, азулен, анулены.
32. Спирты: классификация, номенклатура, изомерия и методы синтеза (из алкилгалогенидов, из алкенов, из альдегидов и кетонов).
33. Химические свойства спиртов: кислотные свойства, свойства как оснований, нуклеофилов и гетеронуклеофилов (взаимодействие с галогенангидридами карбоновых и минеральных кислот).
34. Реакции замещения гидроксильной группы спиртов (замещение на галоген, алкокси-группу). Механизмы реакций (S_N1, S_N2, S_Ni). Кислотный катализ.
35. Дегидратация спиртов, механизмы E1 и E2. Дегидрирование и окисление спиртов.
36. Простые эфиры: номенклатура, классификация, методы синтеза и свойства. Понятие о межфазном катализе.
37. *-Оксиды (эпоксиды): номенклатура, изомерия, методы синтеза и химические свойства.

38. Фенолы: классификация, номенклатура, методы синтеза (из солей сульфокислот, нуклеофильное замещение галогена, получение из кумола – реакция Сергеева, из ароматических аминов).
39. Реакции электрофильного замещения по кольцу фенолов: галогенирование, нитрование, сульфирование, алкилирование, нитрозирование, азосочетание.
40. Реакции электрофильного замещения по кольцу фенолов: карбоксилирование (реакция Кольбе), ацилирование, формилирование (реакции Гаттермана, Вильсмайера, Реймера–Тиммана).
41. Номенклатура и методы синтеза альдегидов и кетонов.
42. Кето–енольная таутомерия альдегидов кетонов. Енолы и еноляты. Способы енолизации. Амбидент-ность енолов и енолятов. Нитрозирование кетонов.
43. Альдольно-кетоновая конденсация альдегидов и кетонов. Перекрестная конденсация. Механизм реакции в щелочной и кислой среде.
44. Реакции диспропорционирования альдегидов (реакция Канниццаро, механизм, перекрестная реакция Канниццаро, реакция Тищенко).
45. Свойства азотсодержащих аналогов карбонильных соединений (оксимов, гидразонов, фенилгидразонов, семикарбазонов, оснований Шиффа): восстановление, перегруппировка Бекмана (I и II рода).
46. Дикарбонильные соединения: классификация и основные свойства. Ацетилацетон.
47. Непредельные альдегиды и кетоны: особенности химических свойств *,*-непредельных альдегидов и кетонов.
48. Кетены и хиноны. Общая характеристика методов получения и свойств.
49. Карбоновые кислоты: классификация, номенклатура, методы синтеза и физические свойства.
50. Номенклатура и химические свойства солей карбоновых кислот (пиролиз аммонийных и кальциевых солей, восстановление, взаимодействие с реактивом Гриньяра, декарбоксилирование).
51. Номенклатура и химические свойства галогенангидридов карбоновых кислот.
52. Номенклатура и химические свойства ангидридов кислот. Реакция Перкина.
53. Сложные эфиры: номенклатура и химические свойства (гидролиз, переэтерификация, взаимодействие с аммиаком и аминами, восстановление). Реакции Реформатского и Дарзана.
54. Сложные эфиры: взаимодействие с реактивом Гриньяра, ацилоиновая конденсация, конденсация Кляйзена.
55. Амиды кислот: номенклатура и химические свойства. Реакция (перегруппировка) Гофмана.
56. Нитрилы кислот: номенклатура, получение и химические свойства.
57. Липиды. Жиры: строение, физические и химические свойства. Мыла, их моющее действие.

58. Алифатические нитросоединения: классификация, получение, химические свойства.
59. Ароматические нитросоединения: синтез и реакции восстановления.
60. Амины: классификация, номенклатура, методы синтеза. Кислотно-основные свойства аминов.
61. Ароматические диазосоединения: реакции без выделения азота (восстановление, азосочетание, взаимодействие с первичными ариламинами).
62. Ароматические диазосоединения: реакции, сопровождающиеся выделением азота (получение фенолов, арилйодидов, реакция Зандмейера, замещение диазогруппы на водород).
63. Классификация углеводов. Стереохимия моносахаридов. Таутомерные превращения D-глюкозы в растворе, *- и *-аномеры. Эпимеры.
64. Таутомерные превращения D-маннозы и D-фруктозы в растворе. Названия всех таутомеров. Раз-личные способы их изображения.
65. Химические свойства моносахаридов. Классификация дисахаридов. Мальтоза и целлобиоза, их таутомерные формы.
66. Классификация дисахаридов. Таутомерия лактозы. Строение сахарозы. Высшие полисахариды: крахмал, гликоген, целлюлоза, гиалуроновая кислота. Особенности строения, свойств. Биологическое значение.
67. Аминокислоты: классификация, номенклатура, изомерия. Методы синтеза и свойства аминокислот.
68. Белки. Классификация. Пептидная связь, пептиды. Методы синтеза пептидов, их номенклатура. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белков, их биологические функции. Денатурация белков.
69. Гетероциклические соединения. Классификация и основные типы гетероароматических систем.
70. Пиррол, его ароматичность, химические свойства.
71. Индол, его ароматичность. Синтез индола, его важнейшие свойства.
72. Пиридин и его гомологи. Важнейшие химические свойства пиридина.
73. Хинолин. Синтез и свойства производных хинолинового ряда.
74. Имидазол, пиримидин, пурин; общая характеристика. Производные пиримидина и пурина, входящие в состав нуклеиновых кислот. Понятие об алкалоидах.

Рекомендуемая литература

Основная

33. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : в 3 т. Т. I / В. Ф. Травень. — 4-е изд. (эл.). — Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 401 с.). — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — (Учебник для высшей школы). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10".

ISBN 978-5-9963-2939-7(Т. I)

ISBN 978-5-9963-2938-0

Дополнительная.

1. Шабаров Ю.С. Органическая химия, М: Химия, 1996, Т1,Т2.
2. Нейланд О.Я Органическая химия, М: Высшая школа, 1990.
3. Веселовская Т.К., Мачинская И.В. Вопросы и задачи по органической химии, М: Высшая школа, 1988.
4. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии, М: Химия, 1977, Л: Химия, 1979.
5. Потапов В.М. Стереохимия, М: Химия, 1988.
6. Казицина Л.А. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М: Изд.-во Моск. ун-та, 1974

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
Лабораторный практикум по органической химии

для студентов направления подготовки
18.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль) Основной органический и нефтехимический синтез

Ставрополь
2026

Методические рекомендации предназначены для выполнения курсовой работы включают порядок выполнения, оформления и защиты работы. Выполнение курсовой работы является неотъемлемой частью подготовки студентов по дисциплине «Теоретические основы органической химии».

Выполнение курсовой работы (проекта) имеет целью расширение знаний студентов по профильным химическим дисциплинам, обучение методам теоретического анализа явлений и закономерностей химической науки, отработку навыков самостоятельного применения теоретических знаний к комплексному решению профессиональных задач, использования справочной литературы, методов математической обработки экспериментальных данных, компьютерных технологий. Системой курсовых работ (проектов) студент подготавливается к выполнению выпускной квалификационной работы.

Курсовая работа является частью научно-исследовательской работы студента и имеет целью закрепление студентом навыков самостоятельного выполнения фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального направления, владением навыками проведения химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций, работы с оригинальной литературой – монографиями, статьями в научных журналах, работы с реферативной литературой, а также представления материала в общепринятой форме научного отчета.

Тематика курсовых работ.

Одним из важных компонентов при выполнении курсовой работы является определение тематики. Тематика курсовых работ является актуальной, отвечает учебным задачам дисциплин неорганическая химия, а также потребностям науки и практики. Актуальность тематики курсовых работ обусловлена научностью, современностью и направленностью к получению студентами навыков самостоятельной творческой и научно-исследовательской работы.

Темы курсовых работ (проектов) являются комплексными, т.е. содержат ряд взаимосвязанных между собой проблем и опираются на фактический материал профильных предприятий и учреждений химического профиля, а также на итоги НИР студентов, на научные работы членов кафедры, студенческих научных кружков и проблемных групп; используют новейшие достижения отечественной и зарубежной науки, актуальные прикладные аспекты.

Темы курсовых работ (проектов) утверждаются на заседании кафедры химии, в течение 2-х недель после начала семестра, затем распоряжением института об утверждении тем курсовых работ (проектов).

Основные содержательные и процессуальные аспекты, необходимые для выполнения работы, оформляются кафедрой в заданиях по курсовому проектированию. В заданиях четко формулируется тема работы (проекта) и требования, определяющие ее объем, содержание, а также исходные данные.

Научно-исследовательскую работу по темам курсовых проектов студент выполняет в лабораториях кафедры химии. Работать с научной литературой студент может в библиотеке СКФУ.

Каждый обучающийся имеет доступ к базам данных и библиотечным фондам. Для самостоятельной подготовки к курсовому проектированию обучающиеся обеспечены доступом к сети Интернет.

Библиотечный фонд укомплектован печатными и/или электронными изданиями основной учебной литературы по всем дисциплинам, изданными за последние 5 лет. Фонд дополнительной литературы помимо учебной включает официальные справочно-библиографические и периодические издания.

Каждому обучающемуся обеспечен доступ к комплектам библиотечного фонда, состоящего из отечественных и зарубежных журналов из следующего перечня:

1. Биомедицинская химия
2. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии
3. Журнал прикладной спектроскопии

4. Журнал физической химии
5. Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология
6. Коллоидная химия
7. Нанотехнологии: разработка, применение - ххi век
8. Нефтехимия
9. Российские нанотехнологии
10. Успехи химии
11. Химия гетероциклических соединений
12. Химия природных соединений
13. Химико-фармацевтический журнал

В СКФУ обеспечивается доступ к современным информационным ресурсам:

- Росстата – www.gks.ru;
- международная реферативная база данных – www.scopus.com;
- электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» – www.biblioclub.ru;
- электронно-библиотечная система «Лань» – e.lanbook.com;
- научная электронная библиотека e-Library – elibrary.ru

Содержание и структура курсовых работ (проектов)

Курсовая работа (проект) должна содержать элементы новизны, наряду с фундаментальным аспектом должен быть проведен анализ современного состояния изучаемой проблемы. В связи с чем, задание по курсовой работе (проекту) индивидуализировано с учетом интересов и способностей студентов.

Курсовая работа (проект) должна состоять из введения, теоретической части, эмпирической (практической) части, заключения, списка литературы и приложения. В отдельных случаях, в соответствии с тематикой работы (проекта), эмпирическая часть может отсутствовать.

Титульный лист оформляется в соответствии с Положением об организации и выполнении курсовых работ (проектов) в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы исследования; отражаются объект, предмет, задачи, цели, методы, новизна, теоретическая и практическая значимость исследования.

Теоретическая часть должна содержать анализ состояния изучаемой проблемы на основе обзора научной, научно-информационной, справочной литературы. Представленный материал должен быть логически связан с целью исследования. В параграфах теоретической части необходимо отражать отдельные компоненты проблемы и завершать их выводами.

Эмпирическая (практическая) часть включает описание системы экспериментального исследования, обоснование методов исследования, анализ результатов экспериментального исследования, схемы, графические и математические способы интерпретации полученных данных, выводы.

Заключение содержит выводы, подтверждающие или опровергающие первоначальные предположения (гипотезы), перспективы дальнейшего изучения проблемы, связь с практикой, анализ реализации целей и задач исследования.

Список литературы должен быть составлен в соответствии с требованиями ГОСТа к оформлению библиографии.

Приложение содержит весь фактический материал экспериментальных исследований (схемы, чертежи, расчетные материалы, рисунки и т.д.).

Курсовую работу(проект) рекомендуется представлять в объеме 1–2 печатных листа. Текст работы должен быть напечатан через 1,5 интервала на одной стороне стандартного листа белой бумаги (А-4). Текст и другие отпечатанные элементы работы должны быть черными, контуры букв и знаков четкими, без ореола и затенения. Шрифт Times New Roman, кегель 14. Названия глав и

параграфов выделяются полужирным шрифтом. Лист с текстом должен иметь поля: слева –30 мм, справа –10 мм, сверху –20 мм, снизу –20 мм. Нумерация страниц текста делается в правом нижнем углу листа. Проставлять номер страницы необходимо со страницы, где печатается «Введение», на которой ставится цифра «3». После этого нумеруются все страницы, включая приложения.

Между названием главы и названием параграфа этой главы ставится пробел равный двум интервалам, а название параграфа не должно отделяться от текста этого параграфа пробелом. Названия параграфов отделяются от текста предыдущего параграфа пробелом, равным двум интервалам. Каждая глава, а также введение, выводы, приложения и список использованной литературы начинаются с новой страницы. Слово «Глава» не пишется. Главы имеют порядковые номера в пределах всей работы, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1,2,3), после которых ставится точка. Слово «параграф» или значок параграфа в названии не ставятся. Параграфы имеют порядковые номера в пределах глав, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1.1. и 1.2.). Заголовки глав и параграфов в тексте работы должны располагаться по центру, точку в конце названия главы и параграфа не ставят. Не допускается переносить часть слова в заголовке.

Нумерация таблиц и рисунков может быть сквозной или соотноситься с номером главы и параграфа. Например, если таблица или рисунок включены в текст первого параграфа второй главы, нумерация следующая: Таблица 2.1.1., рис. 2.1.1. Последняя цифра означает порядковый номер таблицы (или рисунка) в данном параграфе. Таблица помещается в качестве следующей страницы после первого упоминания о ней в тексте.

Курсовая работа складывается из нескольких частей

Первая часть курсовой работы заключается в написании литературного обзора на тему, определяемую преподавателем и связанную с выполняемой студентом

синтетической частью работы. Тема обзора отражает либо способы получения и свойства класса соединений, входящих в одну из стадий экспериментальной работы, либо тип реакции, характеризующей одну из стадий эксперимента. Соответствующая литература может быть рекомендована преподавателем или самостоятельно найдена студентом.

Вторая часть курсовой работы заключается в отыскании имеющихся в мировой химической (справочной и реферативной) литературе данных по методам получения, свойствам и превращениям одного из изучаемых или синтезируемых веществ. При подборе литературных данных, кроме хорошо известных “Справочника химика”, “Краткого справочника химика”, “Спутника химика”, студенту рекомендуется пользоваться “Систематическим справочником по органической химии” Бельштейна (*Beilstein Hundbuch der Organische Chemie*), реферативными журналами “Химия”, “Chemical Abstracts”, “Указателем препаративных синтезов органических соединений” (И. М. Лернер, А. И. Берлин, Н. М. Славачевская).

Третья часть заключается в анализе или выполнении синтеза соответствующих химических соединений по имеющимся в химической литературе методам синтеза данного вещества или его близких аналогов. Эта часть работы может выполняться полностью или частично в учебное время. Итогом этой части работы является сдача преподавателю теоретического материала или синтезированного вещества, индивидуальность и строение которого исчерпывающе подтверждены, в частности физико-химическими методами анализа, методами качественного и количественного анализа, спектральными методами (ИК, масс и ЯМР-спектроскопии).

Отчет по курсовой работе должен состоять из следующих частей:

1. *Введение*, в котором излагается цель работы и сообщаются сведения о некоторых свойствах изучаемого или синтезируемого вещества (или класса соединений, к которому оно принадлежит), обуславливающих проявляемый к

нему интерес. Введение должно быть кратким и наглядно демонстрировать зачем проводилась эта работа;

2. *Литературный обзор*, в котором приводятся и обсуждаются литературные данные по теме работы, а также по методам получения, свойствам и применению вещества, которое изучается или синтезируется студентом по оригинальной методике. При подборе литературы можно использовать учебники, монографии или обзорные статьи, где имеются ссылки на литературу. Литературный обзор не должен быть формальной сводкой литературы. Необходимо критически проанализировать литературные данные и на этой основе сформулировать выводы, отражающие соответственную сравнительную оценку рассматриваемых свойств и методов синтеза.

Литературный материал настоятельно рекомендуется иллюстрировать схемами реакций. Каждому из упоминаемых соединений необходимо присвоить номер (обычно арабской цифрой). Это сильно упрощает его упоминание в тексте, особенно если номенклатурное название достаточно громоздко. В подобных случаях можно использовать формулировки типа "...кетон 10 при взаимодействии с амином 12 образует енамин 13...". В том случае, если соединение необходимо назвать (например, если речь идет о соединении, синтезируемом студентом) следует применять единую номенклатуру, для чего рекомендуется пользоваться номенклатурой ИЮПАК для неорганических и органических соединений. Для уточнения названия можно обратиться к справочным изданиям или использовать существующие для этого компьютерные программы.

Следует применять сквозную нумерацию ссылок по всей работе – от первой и до последней. Это означает, что при повторном цитировании какой-либо работы сохраняется тот номер ссылки, каким она была обозначена при первом упоминании. Ссылки на литературу в тексте следует давать в квадратных скобках, например [2], либо в виде надстрочного индекса, например². Если по

какой-либо причине удалось ознакомиться с работой лишь по реферату, то ссылка должна обязательно последовательно указывать как оригинальную статью, так и реферативный журнал, в котором помещен реферат;

3. *Обсуждение полученных результатов* посвящается описанию выполненной работы и обсуждению полученных результатов. Построение этой части определяется спецификой работы и соображениями автора о наиболее оптимальном варианте подачи материала. В то же время представляется целесообразным придерживаться следующих основных принципов построения этого раздела. В первую очередь, на основе результатов критического анализа описанных в литературе методов синтеза обосновывается выбор использованного в работе способа получения целевого соединения. В том случае, если работа посвящена изучению химических свойств какого-либо соединения, следует продемонстрировать целесообразность этой работы, опираясь на данные, изложенные в обзоре литературы. Далее приводятся наиболее существенные сведения о выполненных экспериментах. Особое внимание следует уделить подтверждению или доказательству строения полученных соединений на основе методов качественного и количественного анализа, их спектральных характеристик. Следует привести полную интерпретацию приведенных спектров, доказывающую наличие определенных неорганических группировок, элементов, функциональных групп органических и неорганических соединений или фрагментов в составе молекулы, на основании чего можно делать вывод о ее строении. Раздел завершается обсуждением полученных результатов в сопоставлении с литературными данными;

4. *Экспериментальная часть*¹

При оформлении этой части работы следует руководствоваться правилами принятыми для публикации статей в журнале, Неорганическая химия,

¹ В соответствии с правилами журнала Химия гетероциклических соединений
http://www.osi.lv/hgs/Pravila_HGS_2014-09_published.pdf

Органическая химия, Химия гетероциклических соединений и других, соответствующих тематики курсового проекта. В начале экспериментальной части приводятся названия приборов, на которых зарегистрированы физико-химические характеристики веществ, указываются либо источники использованных нетривиальных реагентов (например "коммерческие препараты, название фирмы"), либо даются ссылки на методики их получения, методики идентификации веществ. Каждый параграф экспериментальной части, описывающий получение конкретного соединения, должен содержать его полное наименование по номенклатуре ИЮПАК и его порядковый номер. Для всех впервые синтезированных соединений необходимо привести доказательства приписываемого им строения и данные, позволяющие судить об их индивидуальности и степени чистоты. В частности, должны быть представлены данные элементного анализа или масс-спектры высокого разрешения и спектры ЯМР ^1H и ^{13}C . Для известных веществ, синтезированных опубликованным ранее методом, должна быть приведена ссылка на литературные данные. Для известных веществ, полученных новыми или модифицированными методами, должны быть представлены их физические и спектральные характеристики, использованные для подтверждения идентичности структуры, метод синтеза и ссылка на литературные данные.

Приветствуется использование стандартных сокращений или однозначных молекулярных формул для реагентов и растворителей, а также цифровых шифров вместо химических названий для идентификации исходных веществ и промежуточных продуктов. При сочетании цифровых шифров с буквенными индексами используются буквы латинского алфавита. При упоминании полного названия соединения шифр даётся в скобках. Нельзя употреблять шифры без обобщающего слова (например: "реакция соединения **2d** с амидом **3**", но не "реакция **2d** с **3**"). Стереохимические символы и приставки, характеризующие структурные особенности или положение заместителя в молекуле, следует

набирать курсивом (*italic*), например: (*R*)-энантиомер, *трет*-бутил, *пара*-ксилол. Вместо громоздких названий неорганических и часто употребляемых органических соединений следует давать их формулы, например NaBr, TsOH вместо бромид натрия, толуолсульфоновая кислота.

Описание экспериментов в Экспериментальной части должно быть написано в настоящем времени (кипятят, сушат и т. д.). В числах дробная часть отделяется от целой точкой. Масса введенных в реакцию реагентов приводится в граммах (миллиграммах) с обязательным указанием количества в молях (миллимолях), например: "...103 мг (1.0 ммоль) 2-этинилпиридина...". Выходы соединений приводятся в граммах (миллиграммах) и в процентах. Предпочтительнее использовать целые числа, например: "Выход 93 мг (78%)" вместо "Выход 0.093 г (78%)". В эмпирических брутто-формулах элементы располагаются по системе *Chemical Abstracts*: C, H и далее согласно латинскому алфавиту. При описании использования тонкослойной и препаративной хроматографии должны быть указаны как сорбент, так и элюент. Физические и спектральные характеристики большого количества однотипных соединений рекомендуется оформлять в виде таблиц. Упоминаемые в заголовках граф таблицы величины должны через запятую сопровождаться указанием, в каких единицах они выражены (например: "Выход, %").

Физико-химические характеристики веществ необходимо указать в ниже-приведённом порядке. Внешний вид, температура плавления и кипения. Для каждого кристаллического продукта следует указывать диапазон температуры плавления вместе с растворителем, используемым при перекристаллизации. Например "жёлтые иглы, т. пл. 78–80 °C (EtOH)". Аналогично для жидких продуктов – температура кипения, например "бесцветное масло, т. кип. 126–128 °C (10 мм рт. ст.)". Для известных соединений необходимо указать и литературные данные: "т. пл. 200–202 °C (2-PrOH) (т. пл. 202–203 °C (EtOH)¹⁴)".

ИК и УФ спектры. В экспериментальной части для ИК и УФ спектров должны быть указаны характеристические частоты полос, длины волн максимумов поглощения, коэффициенты экстинкции (или их логарифмы) и условия, при которых записан спектр.

Примеры записи: ИК спектр (тонкий слой), ν , см⁻¹: 1650 (C=N), 3200–3440 (O–H). УФ спектр (EtOH), λ_{max} , нм ($\lg \epsilon$): 242 (4.55), 380 (4.22).

Спектры ЯМР ¹H и ¹³C. Должны быть указаны рабочая частота прибора, использованный стандарт и растворитель. Если для спектров ЯМР в качестве стандарта используется не ТМС, следует указать химический сдвиг стандарта в шкале δ . Для обозначения положения атомов водорода следует использовать обозначения типа H-3, H-2,6 (для ароматических протонов) или 3-CH, 4,5-CH₂ (для алифатических протонов). Протоны в составе сложных групп, к которым относится сигнал, следует подчеркнуть снизу – 3.17–3.55 (4H, м, N(CH₂CH₃)₂); для положения заместителей использовать обозначения 3-CH₃; для обозначения положения атомов – C-3, N-4 и т. д. Если какой-либо сигнал в спектре описывается как дублет, триплет, дублет дублетов и т. п. (а не синглет или мультиплет), необходимо привести соответствующие КССВ. Если проведены дополнительные исследования для установления строения или пространственных взаимодействий атомов, должны быть указаны использованные двумерные методы. В описании спектров ЯМР ¹³C отнесение конкретного сигнала к конкретному атому углерода приводится только тогда, когда определение проведено на основании двумерных экспериментов.

Примеры записи: Спектр ЯМР ¹H (400 МГц, CDCl₃), δ , м. д. (J , Гц): 0.97 (3H, т, J = 7.0, CH₃); 3.91 (2H, к, J = 7.0, COOCH₂); 4.46 (2H, д, J = 6.1, NCH₂); 7.10–7.55 (9H, м, H-6,7,8, NHCH₂C₆H₅); 7.80 (1H, с, H Ar); 7.97 (1H, с, H-5'); 8.13 (1H, д. д, J = 8.2, J = 2.3, H-5); 11.13 (1H, с, NH).

Спектр ЯМР ^{13}C (100 МГц, CDCl_3), δ , м. д. (J , Гц): 36.3 (CH_2CH_3); 48.5 (C-5); 62.3 (CH_2CH_3); 123.0 (C Ar); 125.8 (д, $2J_{\text{CF}} = 26.1$, C-3',5' Ar); 128.9 (C Ph); 134.4 (C-5a); 168.3 (C=O).

Масс-спектры приводятся в виде числовых значений m/z и относительных значений ионного тока. Необходимо указывать метод и энергию ионизации, массовые числа характеристических ионов, их интенсивность по отношению к основному иону и по возможности их генезис. В случае химической ионизации при описании прибора необходимо указать газ-реагент. В масс-спектрах высокого разрешения найденные и вычисленные значения m/z приводятся с четырьмя десятичными знаками; если найденное значение m/z соответствует не молекулярному иону, брутто-формула и вычисленное значение m/z также приводится для того же иона.

Пример записи данных масс-спектра:

Масс-спектр (ЭУ, 70 эВ), m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 386 $[\text{M}]^+$ (36), 368 $[\text{M}-\text{H}_2\text{O}]^+$ (100), 353 $[\text{M}-\text{H}_2\text{O}-\text{CH}_3]^+$ (23).

Масс-спектр (ХИ, 200 эВ), m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 387 $[\text{M}+\text{H}]^+$ (100), 369 $[\text{M}+\text{H}-\text{H}_2\text{O}]^+$ (23).

Пример записи данных масс-спектра высокого разрешения:

Найдено, m/z : 282.1819 $[\text{M}+\text{Na}]^+$. $\text{C}_{17}\text{H}_{25}\text{NNaO}$. Вычислено, m/z : 282.1828.

Пример записи данных элементного анализа:

Найдено, %: С 55.22; Н 4.09; Br 20.42; Cl 9.04; N 7.18. $\text{C}_{18}\text{H}_{16}\text{BrClN}_2\text{O}$.
Вычислено, %: С 55.19; Н 4.12; Br 20.40; Cl 9.05; N 7.15. 4.8.

Данные рентгеноструктурного исследования следует представлять в виде рисунка молекулы с пронумерованными атомами, например C(1), N(3) (по возможности в представлении атомов эллипсоидами тепловых колебаний). Полные кристаллографические данные, таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов температурные факторы, в журнале не публикуются, а депонируются в Кембриджском банке структурных данных (в статье

указывается регистрационный номер депонента) или приводятся в файле сопроводительной информации.

Список использованной литературы нумеруется в порядке упоминания в тексте и печатается с указанием инициалов и фамилий всех авторов. Все ссылки даются в оригинальной транскрипции; иероглифические тексты могут цитироваться как в русской (см. *Реферативный журнал Химии*), так и в латинской (см. *Chemical Abstracts*) транскрипции, но единообразно. Предпочтительнее латинская.

Книги. При обсуждении частных вопросов следует указывать конкретную страницу.

Общая органическая химия; Бартон, Д.; Оллис, У. Д., Ред.; Химия: Москва, 1985, т. 9, с. 45.

Трофимов, Б. А.; Михалева, А. И.; Шмидт, Е. Ю.; Собенина, Л. Н. Химия пиррола. Новые страницы; Толстиков, Г. А., Ред.; Наука: Новосибирск, 2012.

Bioactive Heterocycles: Synthesis and Biological Evaluation; Ameta, K. L.; Pawar, R. P.; Domb, A. J., Eds.; Nova Science Publishers Inc., 2013, p. 97.

Статьи в сборниках и справочниках.

Краснов, К. А. В кн. Избранные методы синтеза и модификации гетероциклов, Карцев, В.Г., Ред.; IBS Press, Москва, 2003, т. 1, с. 314.

Gulevskaya, A. V.; Pozharskii, A. F. In *Advances in Heterocyclic Chemistry*, Katritzky, A. R., Ed.; Elsevier: New York, 2007, vol. 93, p. 57.

Hulme, C. In *Multicomponent Reactions*, Zhu, J.; Bienaymé, H., Eds.; Wiley-VCH: Weinheim, 2005, p. 311.

Статьи в журналах. Для журналов со сквозной пагинацией тома или за год номер выпуска не указывается. При цитировании статьи из журнала, который переводится на английский язык, сначала дается ссылка на переводную (английскую) версию, а в квадратных скобках ссылка на оригинальную версию.

1. Uchuskin, M. G.; Makarov, A. S.; Butin, A. V. *Chem. Heterocycl. Compd.* 2014, 50, 791. [Химия гетероцикл. соединений 2014, 860.]

2. По полисопряженным структурам см.: (a) Wang, C.; Dong, H.; Hu, W.; Liu, Y.; Zhu, D. Chem. Rev. 2012, 112, 2208. (b) Anthony, J. E. Angew. Chem., Int. Ed. 2008, 47, 452. (c) Thompson, B. C.; Fréchet, J. M. J. Angew. Chem., Int. Ed. 2008, 47, 58.
3. Лукевиц, Э.; Ерчак, Н. П.; Демичева, Л. Е. Хим.-фарм. журн. 1992, 26(1), 45.
4. Котов, В. Ю.; Никольский, А. Б.; Попов, А. М. Вестн. ЛГУ 1985, 25, вып. 4, 39.
5. Kahveci, B.; Menteşe, E.; Özil, M.; Ülker, S.; Ertürk, M. Monatsh. Chem. DOI: 10.1007/s00706-012-0916-0.
6. Sato, T. Yakugaku Zasshi 1957, 77, 771; Chem. Abstr. 1957, 51, 17941.

Авторские свидетельства, патенты. Ссылаясь на патент или авторское свидетельство, необходимо указать инициалы и фамилии изобретателей, номер патента, а также желательно указать номер цитирования в Chemical Abstracts.

Насакин, О. Е.; Николаев, Е. Г. А. с. СССР 1168554; Бюл. изобрет. 1985, № 27, 90.

Slade, R.; Klimova, Y.; Halter, R. J.; Yungai, A. J.; Weiner, W. S.; Walton, R. J.; Willardsen, J. A.; Anderson, M. B.; Zavitz, K. US Patent 2008249135.

Dunbar, J. E.; Zemba, J. W. US Patent 4764608; Chem. Abstr. 1994, 100, 14852.

Авторефераты и диссертации.

Майборода, Д. А. Автореф. дис. канд. хим. наук, Москва, 1998.

Родиновская, Л. А. Дис. докт. хим. наук, Москва, 1994.

Brines, J. L. Ph. D. Thesis, Rockefeller University: New York, 1989.

Для диссертаций можно указывать адрес сайта в Интернете.

Описание хода синтеза должно быть более подробным и уточненным, чем в оригинальной статье, чтобы в наибольшей степени обеспечить воспроизводимость опыта. Особое внимание следует уделять способам выделения и очистки продуктов реакции, обязательно указывая выход неочищенного препарата. Выход надо давать как в граммах, так и в процентах от теоретического.

Для кристаллических веществ описывают способ их очистки с указанием взятых для перекристаллизации количеств вещества и растворителя. Если вещество перекристаллизовывали из смеси растворителей, необходимо указать их соотношение. Обязательно указывают температуру плавления вещества до и после каждой перекристаллизации. Для всех выделенных веществ приводят физические константы, подтверждающие их чистоту в сравнении с соответствующими литературными данными. Если вещество описывается впервые или было описано, но мало изучено и не охарактеризовано в достаточной степени, то необходимо привести результаты элементного анализа, данные УФ-, ИК-, ЯМР- и масс-спектров. Можно также привести внешний вид синтезированных веществ, их запах, растворимость (качественно) в важнейших растворителях, устойчивость при хранении.

Если в реакции образуется смесь нескольких соединений, то необходимо стремиться к тому, чтобы выделить и охарактеризовать как можно больше индивидуальных веществ, в том числе и не вошедшие в реакцию исходные соединения, как указано выше. При использовании адсорбционной хроматографии (тонкослойной или колоночной) для разделения смесей веществ следует указать тип и объем используемого адсорбента или толщину слоя, растворитель, способ обнаружения пятен (в УФ-свете на тонкослойной пластинке “Silufol”, химическое проявление, например парами йода и т. п.).

Для ГЖХ следует привести размеры и вид колонки, твердую и жидкие фазы, газ-носитель и его скорость, тип детектора, температурный режим.

Если несколько соединений синтезировано по общей методике, то можно подробно описать получение только одного вещества, а в дальнейшем ссылаться на этот опыт.

При описании эксперимента необходимо не допускать вульгаризмов. Так, не следует писать “прикапывали” (правильно “прибавляли по каплям”), “маточник” (правильно “маточный раствор”), “сырой фенол” (правильно “неочищенный

фенол”) и т.п. Неопределенные выражения типа “нагревали на сетке” или “нагревали с обратным холодильником” без указания температуры нагревания лишены смысла, так как не позволяют воспроизвести эксперимент. Если имеется в виду кипячение, то, следует сказать “кипятили с обратным холодильником”. Не следует писать “реакция взаимодействия”, поскольку взаимодействие веществ это и есть реакция между ними.

Физические константы, спектральные или аналитические характеристики, а также выходы синтезированных веществ можно обобщать в таблицах или давать в тексте экспериментальной части по форме.

Студент докладывает полученные результаты в течение 10 мин, излагая существо работы четко и ясно, иллюстрируя сказанное схемами и таблицами. Оценка за курсовую работу складывается из трех параметров. Первый: качество и объем выполненной экспериментальной работы; второй: качество оформления отчета о проделанной работе; третий: доклад и ответы на поставленные на защите вопросы.

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он полностью владеет материалом, раскрыл цели и задачи научного исследования

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он владеет материалом, в раскрытии целей и задач, допущены неточности.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он не полностью владеет материалом по теме курсовой работы, цели и задачи не раскрыты полностью

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если не владеет материалов по теме курсовой работы.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний,

умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедура проведения данного оценочного мероприятия осуществляется в соответствии Положением о выполнении и защите курсовых работ в СКФУ.

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить ОПК-1 и ОПК-2 компетенции.

При проверке задания, оцениваются последовательность и логичность выбора литературных источников, научных статей, патентов по теме курсовой работы,

- соблюдение правил техники безопасности;
- правильность подбора и выполнения методики;

При защите работы оцениваются:

- умение представить основные результаты исследования в виде отчета по данной проблематике;
- владение материалом по теме курсовой работы;
- соответствие проведенного исследования целям и задачам.

