

Лекция 1. Теоретическое введение

План лекции:

1. *Предмет органической химии и основные этапы ее развития.*
2. *Теория Бутлерова.*
3. *Ковалентная связь в органической химии.*
4. *Электронные эффекты заместителей.*
5. *Основы стереохимии.*
6. *Классификация реагентов и реакций.*
7. *Основы номенклатуры органических соединений.*
8. *Типы углеродного скелета, ациклические, циклические и гетероциклические соединения.*
9. *Изомерия и ее виды.*
10. *Гомология.*
11. *Основные функциональные группы.*
12. *Классификация органических соединений.*
13. *Заместительная номенклатура, ИЮПАК.*

1. Предмет органической химии и основные этапы ее развития.

Органическая химия рассматривается как **химия углеродсодержащих соединений**. Однако термин “органическая”, предполагающий роль в образовании живых организмов органических соединений все еще сохраняет силу, поскольку химия соединений углерода более важна для жизни, чем химия любого другого элемента.

Органическая химия как предмет занимает важное место в формировании химической идеологии современного химика-исследователя, инженера – химика-технолога, преподавателя химии. Это обусловлено рядом причин. К ним относятся:

- широкое разнообразие органических соединений, характеризующихся уникальностью структуры и свойств. Изучение таких объектов приводит к новым концепциям, которые определяют прогресс химии и сопряженных с ней наук. Так, в частности, возникла концепция ароматичности, теория реакционной способности в основном развивается на основе исследования химического поведения органических реагентов, носителями генетической информации являются органические молекулы. Катализаторами будущего являются биоорганические катализаторы, а изучение кинетики биоорганических реакций во многом проливают свет на механизм процессов жизнедеятельности организмов;

- разнообразие органических объектов и их свойств обуславливает разнообразие приемов и процедур синтеза различных соединений и во многом определяют прогресс в химической технологии;

- органическая химия предоставляет обширный материал во взаимосвязи структуры химических соединений с их свойствами и способствует успешному решению одной из фундаментальных проблем химии – синтезу новых материалов с заданными свойствами.

В качестве естественных источников углеродсодержащего сырья для синтеза органических соединений используют природный и попутный газ, нефть, горючие сланцы, торф, каменный уголь.

Традиционные способы получения органических соединений из природных источников основаны на методах физической и химической переработки природного сырья.

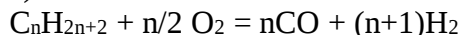
Природный газ содержит в качестве основного компонента метан (до 97%) и его низшие гомологи.

Попутный газ – углеводороды C_1 – C_5 ряда метана. Попутный газ получил свое название из-за совместного залегания с нефтью и поэтому добывается вместе с нефтью.

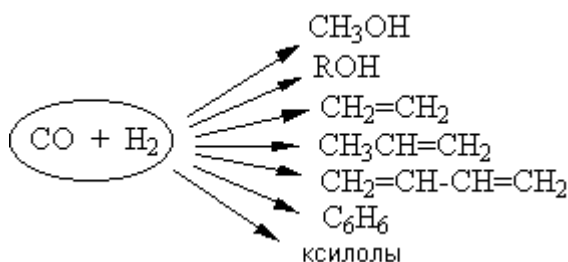
Основные направления переработки природного и попутного газов в сырье для

органического синтеза основано на двух процессах:

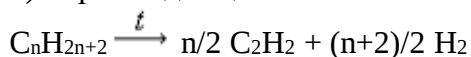
а) неполное окисление



Смесь CO и H₂, называемая “синтез-газом” является важным источником для получения целой гаммы продуктов, например:



б) пиролиз до ацетилена

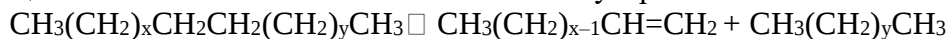


Нефть представляет собой маслянистую жидкость с окраской от желтого до черного цвета. Нефть – сложная смесь большого разнообразия углеводородов, таких как алканы, нафтены, ароматические углеводороды. В качестве примесей в нефтях содержатся O-, S- и N-органические соединения.

Очищенная от газов, воды и механических примесей нефть разгонкой при обычном давлении разделяется на три фракции: бензин (30–180°C), керосин (180–300°C) и мазут (остаток от перегонки). Из этих основных фракций нефти выделяют более узкие фракции, причем в разных странах их отбирают в различных интервалах температур: петролейный эфир (30–80°C) лигроин (110–140°C), уайт-спирт (150–210°C), газойль (270–300°C). Из мазута перегонкой под пониженным давлением или с водяным паром получают горючие (соляровые) и смазочные масла, вазелин, а также твердый парафин.

К химическим методам переработки нефти относятся крекинг, риформинг, алкилирование, изомеризация.

Крекинг. В процессе крекинга происходит разрыв связей C–C и C–H в углеводородной цепи с образованием радикалов или карбокатионов, которые затем превращаются в алканы и алкены меньшей молекулярной массы



Существуют три модификации крекинга – термический, каталитический и гидрокрекинг.

Разновидностью термического крекинга является процесс пиролиза, в результате которого деструктивные процессы идут настолько глубоко, что в качестве основного продукта образуется этилен – важное сырье для промышленного органического синтеза.

Риформинг. В отличие от процессов крекинга, при котором тяжелые фракции превращаются в легкие путем расщепления молекул углеводородов, риформинг основывается на изменении молекулярной структуры углеводородов. Этот процесс используется для получения ароматических соединений.

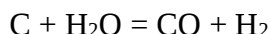
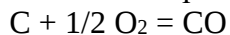
Алкилирование в нефтехимии – это процесс между алкенами и алканами, приводящей к получению разветвленных алканов, обладающих высоким октановым числом. Используется для получения высокооктановых бензинов.

Изомеризация в нефтепереработке – совокупность реакций перегруппировки n-алканов в изоалканы. Имеет значение для получения высокооктановых бензинов.

Расчеты показывают, что запасов нефти при темпах ее добычи и использования должно хватить на 30-50 лет. В этой связи важное значение как вид углеродсодержащего сырья приобретает каменный уголь, запасов которого должно хватить на тысячелетия.

Из процессов переработки угля, имеющих важное значение в сырьевой базе промышленного органического синтеза следует отметить:

– газификацию, основанную на взаимодействии паровоздушной смеси, обогащенной кислородом с углеродом



В результате образуется смесь CO и H₂, о значении которой для синтеза органических продуктов говорилось выше;

– гидрирование угля, приводящее к образованию смеси жидких углеводородов;

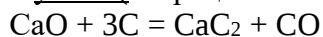
– сухая перегонка угля. В результате этого процесса получается кокс, каменноугольная смола, надсмольная вода и газы коксования;

Из каменноугольной смолы получают ароматические углеводороды, фенолы, гетероциклические соединения – пиридин, хинолин и его гомологи;

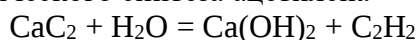
– газы коксования содержат метан, этилен, водород, CO. Частично они сжигаются, частично перерабатываются;

– кокс используется в металлургии;

– уголь (антрацит и кокс) используется в процессе синтеза карбида кальция



являющегося сырьем для синтеза важнейшего реагента промышленного органического синтеза ацетилена



- сланцы

Газификация сланцев приводит к образованию синтез-газа, универсальное сырье для органического синтеза. Пиролизом сланцев можно получить фенолы. Органическая составляющая сланцев – кероген – может быть переработана окислением в двухосновные карбоновые кислоты.

- Торф

Органическая составляющая торфа может быть превращена в синтез-газ методом газификации (парокислородная конверсия). Окислением торфяной массы получают щавелевую кислоту.

История развития органической химии включает 4 периода:

1. Период развития до XIV века, называемый стихийным.
2. XV - XVII века - начало развития или, ятрохимия, алхимия.
3. Век XVIII - XIX - теории витализма.
4. XIX - XX века - интенсивное развитие, научный этап.

Стихийный период, когда люди научились добывать красящие вещества из природного сырья - листьев и стеблей растений, животные жиры, смолы и растительные масла, различные яды и др. Все эти вещества являются продуктами органической химии. Однако понятия "химия" не существовало, все открытия носили случайный, нецеленаправленный характер бытового значения, поэтому данный период и называется **стихийным**.

Ятрохимия (иатро с греч *врач*) – это донаучная школа мысли, создание лекарств на службу медицине. **Алхимия** – это первая классификация органических веществ на: масла, спирты и соли. Развитие именно органической химии можно считать в период 16 — 17 века.

Витализм начался в XVII веке и продолжался до середины XIX века. В это время Антуан Лавуазье установил различие между минеральными веществами и продуктами живой природы, а Йенс Берцелиус предложил термин «органическая химия».

Интенсивное развитие начинается в середине XIX века и продолжается до наших дней. Проводятся систематические исследования органических веществ и разработаны различные теории и подходы к их изучению.

Наиболее значимые достижения периода зарождения органической химии следующие:

- Фридрих Вёлер осуществил первый органический синтез (1824 год),

- Йенс Берцелиус предложил теорию радикалов (1832 год),
- Александр Бутлеров сформулировал основные положения теории строения органических веществ (1861 год).

2. Теория химического строения А.М. Бутлерова

В 1861 году А.М. Бутлеровым была предложена теория химического строения органических соединений, которая состоит из следующих основных положений.

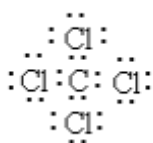
1. В молекулах веществ существует строгая последовательность химического связывания атомов, которая называется химическим строением.
2. Химические свойства вещества определяются природой элементарных составных частей, их количеством и химическим строением.
3. Если у веществ с одинаковым составом и молекулярной массой различное строение, то возникает явление изомерии.
4. Так как в конкретных реакциях изменяются только некоторые части молекулы, то исследование строения продукта помогает определить строение исходной молекулы.
5. Химическая природа (реакционная способность) отдельных атомов в молекуле меняется в зависимости от окружения, т.е. от того, с какими атомами других элементов они соединены.

Теория Бутлерова дает принципиальную возможность познания геометрии молекулы (микроскопических свойств) через познание химических свойств (макроскопических свойств). Основные положения теории строения сохраняют свое значение до сих пор.

3. Ковалентная связь в органической химии.

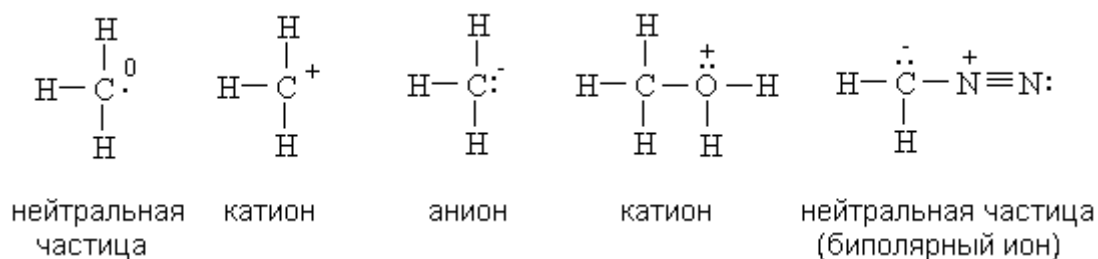
Г.Льюисом и В.Косселем (1916 г.) была предложена электронная теория химической связи. Согласно этой теории ковалентная связь образуется за счет пары электронов, общей для двух связываемых атомов. Частица устойчива, если валентная оболочка элементов первого периода (H) содержит два (*правило дублета*), а элементов второго периода (C, N, O, F) - восемь электронов (*правило октета*).

Электронное строение органических соединений изображают с помощью электронных формул Льюиса. В них с помощью точек указывают положение всех валентных электронов: электронов химических связей и неподеленных пар электронов. При этом считают, что неподеленные пары электронов составляют часть внешней оболочки только одного атома, а электроны, участвующие в образовании ковалентной связи, являются частью внешней оболочки обоих атомов. Например, в приведенной ниже формуле Льюиса для тетрахлорметана все атомы имеют октет электронов.

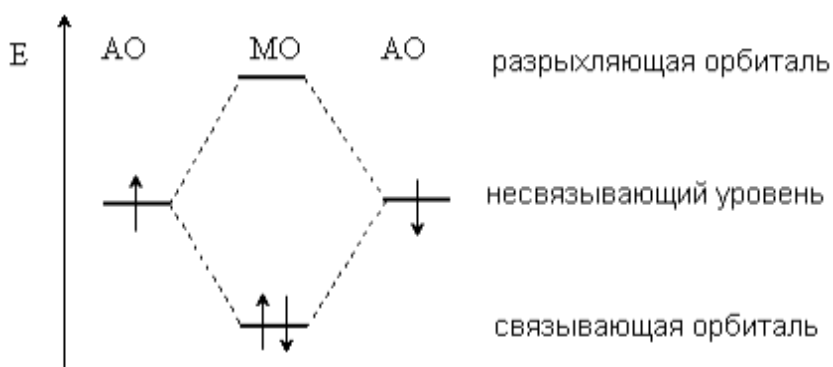


Для каждого атома в структуре Льюиса определяют формальный заряд. При этом полагают, что атому принадлежат все неподеленные электроны и половина электронов ковалентных связей.

Избыток электронов, принадлежащих атому в молекуле по сравнению со свободным атомом, обуславливает отрицательный заряд, а недостаток - положительный заряд. Сумма формальных зарядов всех атомов дает заряд частицы в целом.



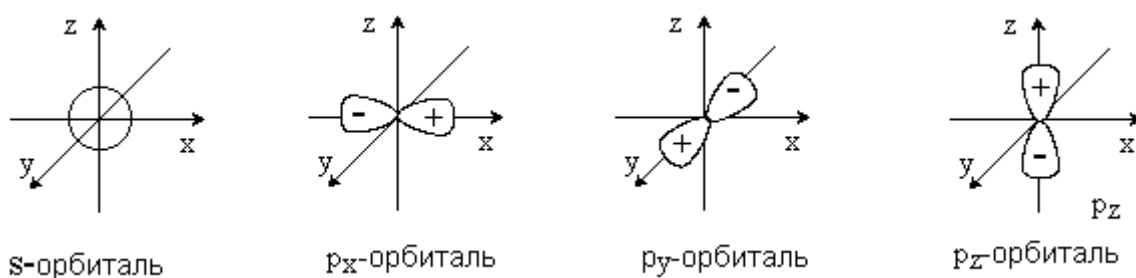
Современные теории ковалентной связи основаны на представлениях квантовой механики. Согласно принципам квантовой механики состояние электрона в атоме определяется волновой функцией, которую называют атомной орбиталью. Образование химической связи между атомами рассматривается как результат взаимодействия двух орбиталей, на каждой из которых находится по одному электрону. При этом происходит образование молекулярных орбиталей (МО). Из двух атомных орбиталей образуются две молекулярные орбитали, одна из которых (*связывающая*) имеет более низкую энергию, а другая (*разрыхляющая*) – более высокую энергию, чем исходные АО.



Электроны связи занимают более низкую по энергии связывающую орбиталь, таким образом, взаимодействие орбиталей приводит к выигрышу в энергии.

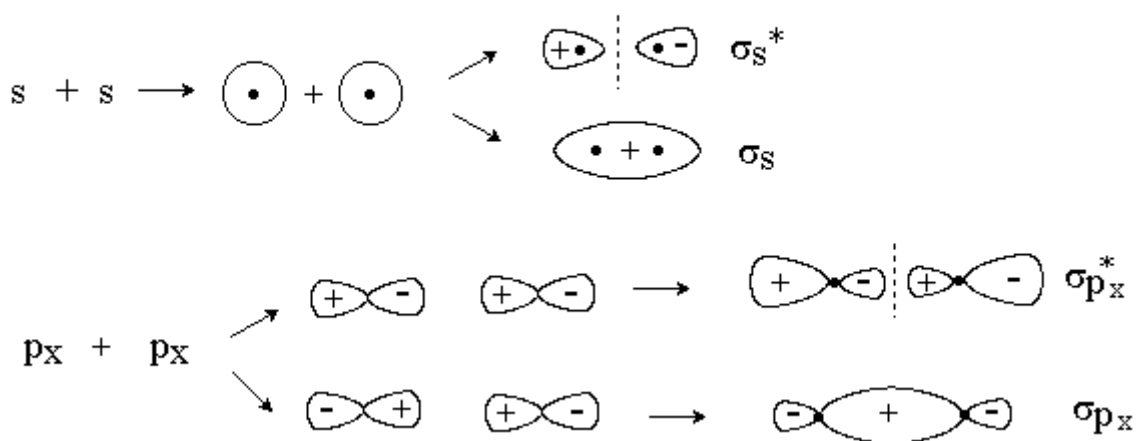
В зависимости от типа комбинирующихся атомных орбиталей образуются разные типы МО. Определяющую роль в этом играют симметрия и узловые свойства орбиталей.

Атомные s-орбитали имеют симметрию шара и не имеют узловых поверхностей, проходящих через центр атома. Атомные p-орбитали имеют цилиндрическую симметрию и три состояния p_x , p_y и p_z . Каждая p-орбиталь имеет узловую плоскость, проходящую через центр атома и перпендикулярную соответственно оси x, y или z.



Узловая поверхность – это место, где вероятность нахождения электрона равна нулю, а волновая функция меняет знак. Чем больше узлов, тем выше энергия орбитали. Таким образом, p-орбиталь состоит из двух частей, в которых знаки волновых функций противоположны.

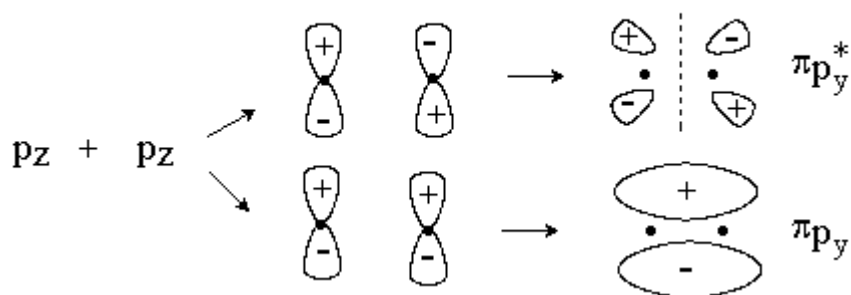
При комбинировании по оси x двух s-орбиталей, s-орбитали и p_x -орбитали или двух p_x -орбиталей образуются s-МО: связывающие (s) и разрыхляющие (s^*).



s-МО имеют цилиндрическую симметрию.

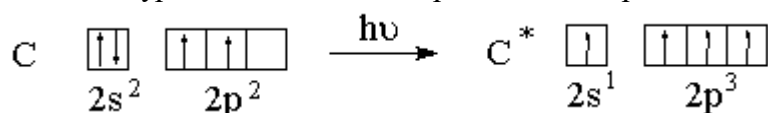
Разрыхляющие s*-МО имеет узловую плоскость, проходящую между ядрами.

При комбинировании вдоль оси x двух p_y или двух p_z-орбиталей образуются МО р-типа.



Связывающая р-МО имеет узловую плоскость, проходящую через линию, соединяющую ядра атомов. Разрыхляющая р*-МО имеет, кроме того, узловую плоскость, проходящую между ядрами.

При рассмотрении электронного строения многоатомных молекул необходимо использовать такой набор орбиталей, при котором достигается их максимальное перекрывание. В связи с этим вводится понятие **гибридизации** орбиталей. Атом углерода в возбужденном состоянии содержит четыре неспаренных электрона на внешнем энергетическом уровне и способен образовать четыре ковалентных связи.

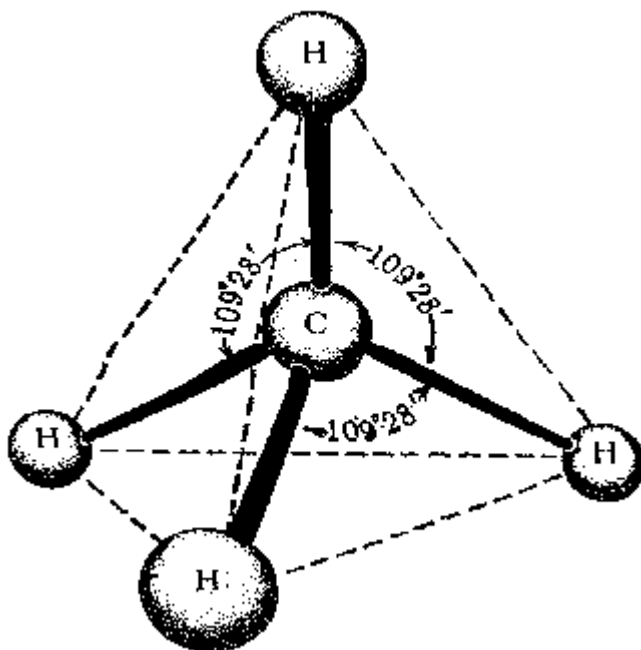


В образовании связей участвуют гибридные орбитали.

Первое валентное состояние – sp^3 -гибридизация. В результате гибридизации с участием одной s и трех p орбиталей атома углерода образуются четыре эквивалентные sp^3 -гибридные орбитали, направленные к вершинам тетраэдра под углами $109,5^\circ$:

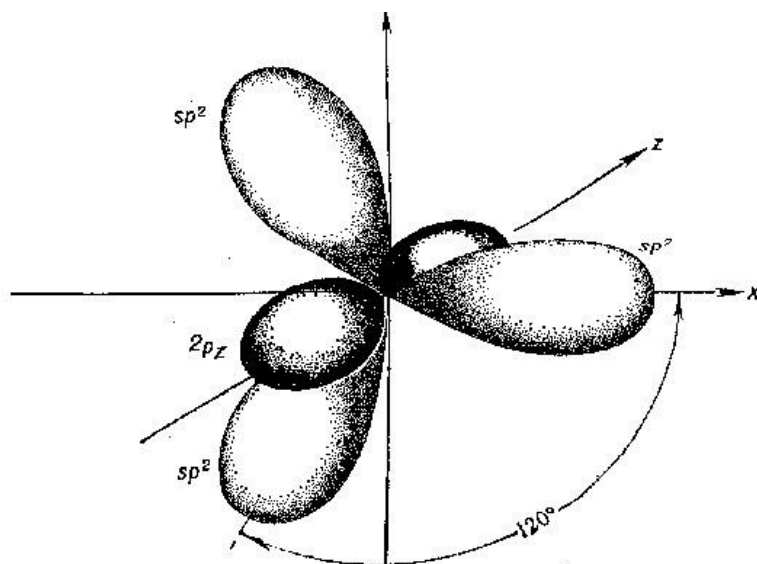


В состоянии sp^3 -гибридизации атом углерода образует четыре s -связи с четырьмя заместителями и имеет тетраэдрическую конфигурацию с валентными углами, равными или близкими $109,5^\circ$:



Метан

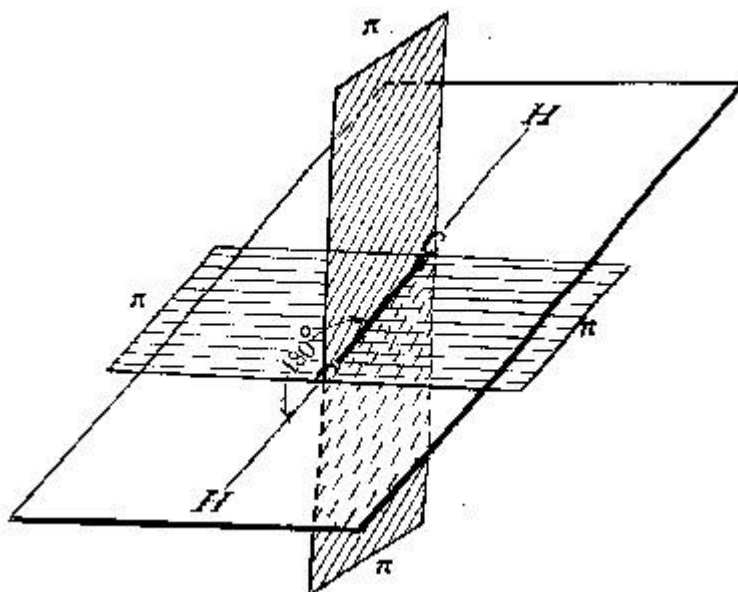
Второе валентное состояние – sp^2 -гибридизация. В результате гибридизации с участием одной s - и двух p -орбиталей атома углерода образуются три эквивалентные sp^2 -гибридные орбитали, лежащие в одной плоскости под углами 120° , а не участвующая в гибридизации p -орбиталь расположена перпендикулярно плоскости гибридных орбиталей.



В состоянии sp^2 -гибридизации атом углерода образует три s -связи за счет гибридных орбиталей и одну p -связь за счет не участвующей в гибридизации p -орбитали и имеет три заместителя.

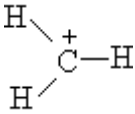
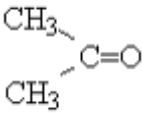
Третье валентное состояние углерода – sp -гибридизация. В результате гибридизации с участием одной s - и одной p -орбитали образуются две эквивалентные sp -

гибридные орбитали, лежащие под углом 180° , а не участвующие в гибридизации р-орбитали расположены перпендикулярно плоскости гибридных орбиталей и друг другу. В состоянии sp -гибридизации атом углерода образует две σ -связи за счет гибридных орбиталей и две p -связи за счет не участвующих в гибридизации p -орбиталей и имеет два заместителя:



Ацетилен

Таблица 3.1. Зависимость структуры соединений от типа гибридизации углерода.

Тип гибридизации	Число заместителей	Геометрия и валентный угол	Примеры
sp^3	4	Тетраэдрическая $109,5$	CH_4, CCl_4, CH_3OH
sp^2	3	Тригональная 120	$CH_2=CH_2$,  
sp	2	Линейная 180	$HC\equiv CH$ $CH_3C\equiv N$ $O=C=O$ $CH_2=C=O$

4. Электронные эффекты заместителей

Электронные эффекты

Теория электронных смещений предполагает, что вследствие различия в **электроотрицательности** атомов и благодаря динамичности электронного облака, происходит перестройка электронной плотности в молекуле, которая обеспечивает максимальную термодинамическую стабильность.

Электроотрицательность – способность атомов притягивать к себе электроны собственной электронной оболочки или электроны, участвующие в образовании связей.

Электронными эффектами называют смещение электронной плотности в молекуле под влиянием заместителей.

Электронные смещения передаются по σ -связям и сопряженным π -связям и разделяются на два эффекта: **индуктивный** и **мезомерный** (или эффект сопряжения).

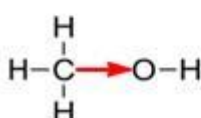
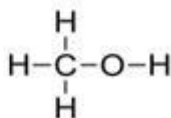
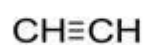
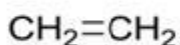
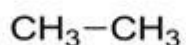
Индуктивный эффект (I-эффект) – это смещение электронной плотности в молекулах вдоль σ -связей в сторону более электроотрицательного атома или группы атомов.

Индуктивный от латинского *inductio* – наведение, побуждение.

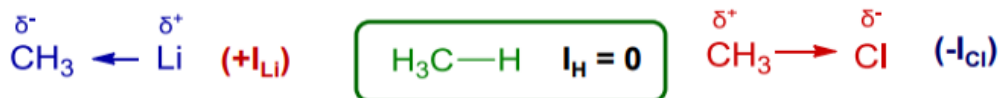
Принятое графическое обозначение



Индуктивный эффект атома водорода принято считать равным «0»



Индуктивный эффект обозначается «I», бывает положительным (+I) - **электронодонорный** и отрицательным (-I) - **электроноакцепторный**. Знак индуктивного эффекта определяется зарядом, полученным реакционным центром



Атомы, связанные полярной связью, несут частичные заряды, обозначаемые греческой буквой δ .

Атом, «оттягивающий» электронную плотность σ -связи в свою сторону, приобретает астичный отрицательный заряд δ^- . **Это электроноакцептор.**

Атом, «отдающий» электронную плотность σ -связи, приобретает частичный положительный заряд δ^+ . **Это электронодонор.**

Индуктивный эффект



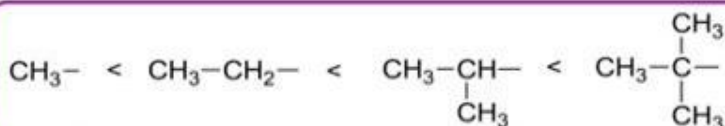
Источник возмущения в этой системе – атом хлора (ключевой атом).

Индуктивный эффект затухает с расстоянием. Дальше третьего атома углерода *I-эффект* не распространяется.

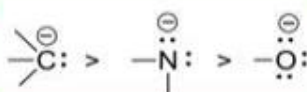
Электронодоноры:

- Атомы металлов: **Na, Li, Mg, Ca** и др.

- Алкильные группы:

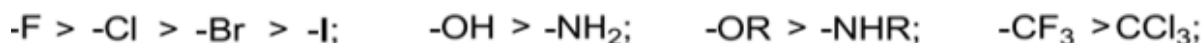


- Анионные заместители:

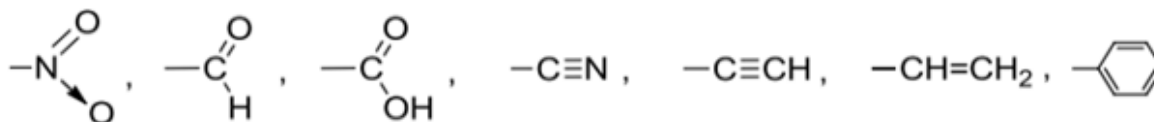


Электроноакцепторы:

- Электроотрицательные атомы или группы:



- Ненасыщенные и ароматические заместители:



- Катионные заместители:

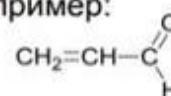
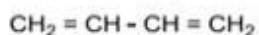


Мезомерный эффект

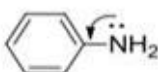
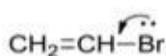
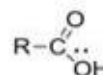
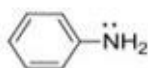
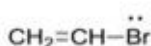
Мезомерным эффектом (*эффектом сопряжения*) называется смещение, распределение или перераспределение электронной плотности в соединениях ненасыщенного характера.

Типы сопряженных систем

1) π - π – Сопряженные системы ($= - =$). Характеризуются чередованием двойных (тройных) и простых связей, например:



2) p - π (n - π) – Сопряженные системы ($\ddot{\text{A}} - =$). Данный вид сопряжения имеет место в молекулах, в которых атом с неподеленной электронной парой отделен простой связью от кратной (двойной, тройной) связи, например:



5. Основы стереохимии

Стереохимия (от греческого stereos – пространственный) — это раздел органической химии, который изучает пространственное строение молекул и его влияние на свойства веществ.

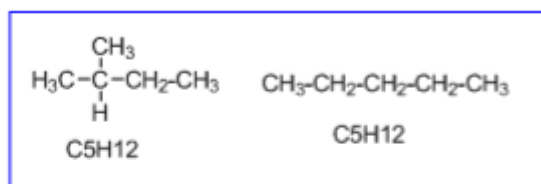
Современная наука о пространственном строении органических соединений включает три основных раздела:

1. **Статическая (конфигурационная) стереохимия.** Изучает пространственное строение молекул и его влияние на физические свойства веществ.

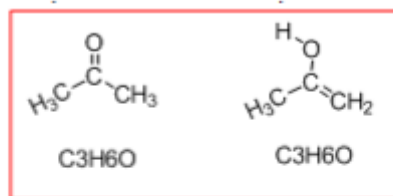
2. **Конформационный анализ.** Изучает зависимость физических и химических свойств от конформаций молекул.

3. **Динамическая стереохимия.** Изучает стерический ход химических реакций.

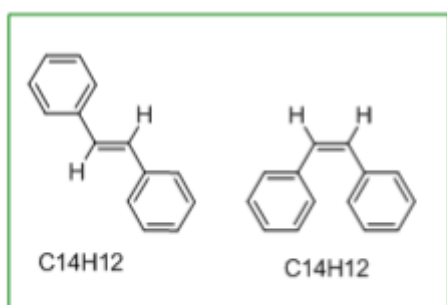
В основе стереохимии лежат такие фундаментальные понятия, как хиральность, конформация и конфигурация.



Изомерия углеродного скелета



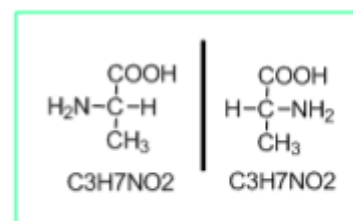
Таутомерия



цис-, транс-Изомерия



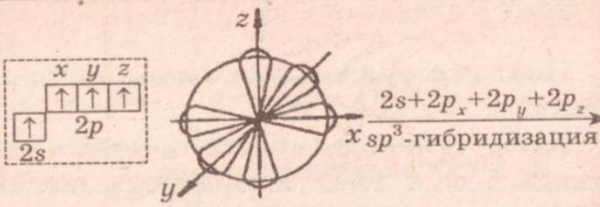
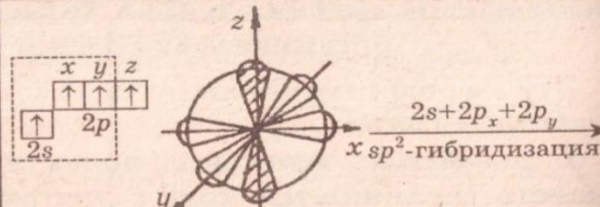
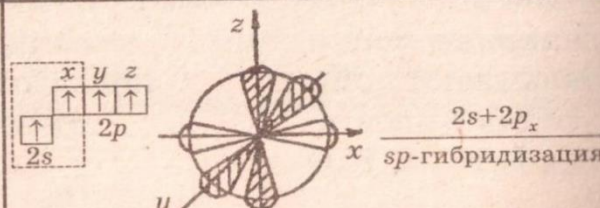
Конформационная
изомерия

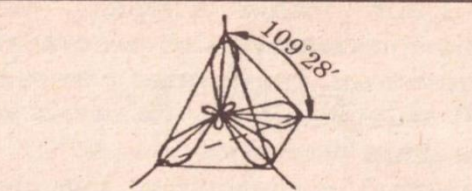
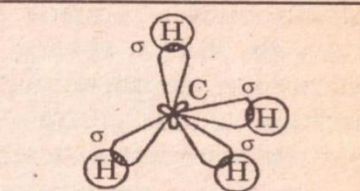
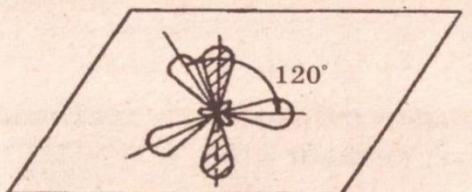
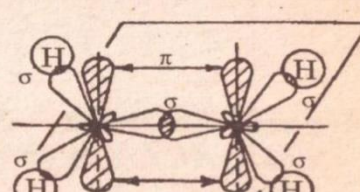
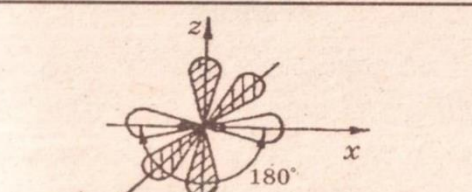
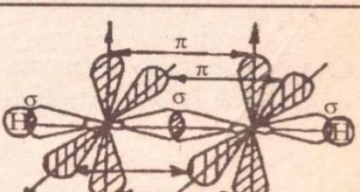


Оптическая
изомерия

Валентные состояния и типы

гибридизации атома углерода

Валентное состояние	Типы связей	Тип гибридизации
Первое	$\begin{array}{c} \sigma \\ \\ \sigma - C - \sigma \\ \\ \sigma \end{array}$ Атом углерода соединен с 4-мя атомами, образует 4 σ -связи	 $2s+2p_x+2p_y+2p_z \rightarrow x sp^3$ -гибридизация Смешиваются все 4 электронных облака
Второе	$\begin{array}{c} \sigma \\ \diagdown \\ C \\ \diagup \sigma \\ \sigma \end{array} \quad \begin{array}{c} \sigma \\ \diagdown \\ C \\ \diagup \pi \\ \sigma \end{array}$ Атом углерода соединен с 3-мя атомами, образует 3 σ -связи и 1 π -связь	 $2s+2p_x+2p_y \rightarrow x sp^2$ -гибридизация Смешиваются 3 электронных облака
Третье	$\begin{array}{c} \sigma \\ \diagdown \\ C \\ \diagup \pi \\ \sigma \end{array} \quad \begin{array}{c} \sigma \\ \diagdown \\ C \\ \diagup \pi \\ \sigma \end{array}$ Атом углерода соединен с 2-мя атомами, образует 2 σ -связи и 2 π -связи	 $2s+2p_x \rightarrow sp$ -гибридизация Смешиваются 2 электронных облака

Схематическое изображение электронных облаков	Примеры молекул
 Образуются 4 новых гибридных облака, которые направлены в пространстве к вершинам тетраэдра	 $\begin{array}{c} H \\ \\ H - C - H \\ \\ H \end{array}$ Метан
 Образуются 3 новых гибридных облака, которые располагаются в одной плоскости под углом 120°. Электронное облако, не участвующее в гибридизации, перпендикулярно этой плоскости	 $\begin{array}{c} H & & H \\ \sigma & & \sigma \\ & \pi & \\ H & & H \end{array}$ Этен
 Образуются 2 новых гибридных облака, которые располагаются на линии под углом 180°. Электронные облака, не участвующие в гибридизации, взаимно перпендикулярны	 $H - C \equiv C - H$ Этин

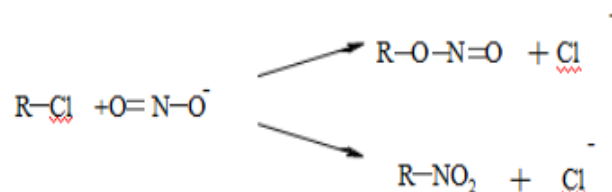
6. Классификация реагентов и реакций

Вещества, участвующие в реакции, называются **реагентом** и **субстратом**.

Когда реакция проходит между органическими и неорганическими соединениями, реагентом называется неорганическое, а субстратом – органическое вещество. В случае реакции между органическими соединениями субстратом называется вещество с более сложной структурой.

Реакционный центр – атом, у которого происходит разрыв или образование связей.

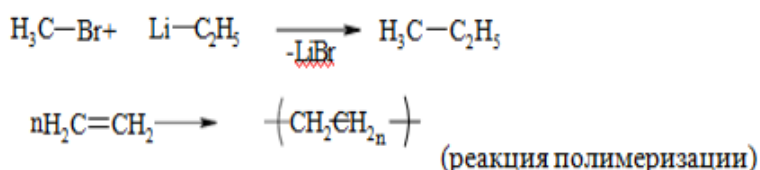
Если в реагенте имеется 2 реакционных центра, он называется **амбидентным**:



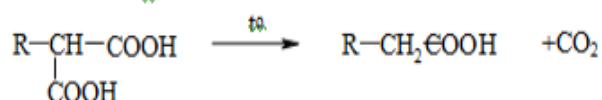
Механизм реакции – это детальное описание пути, ведущего от исходных веществ к продуктам реакции, включающее как можно более полную характеристику состава, строения и других свойств промежуточных соединений и активированных комплексов, а также предположения, касающиеся смещения электронов в ходе последовательных превращений частицы.

I. Классификация реакций по изменениям углеродного скелета

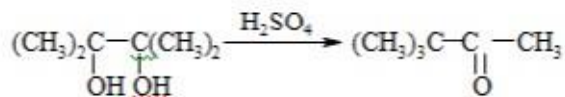
- 1) **Конденсации** – реакции, сопровождающиеся увеличением числа атомов углерода за счёт образования новых C–C-связей:



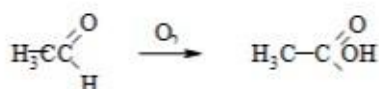
- 2) **Дегградации** – реакции, сопровождающиеся уменьшением числа атомов углерода за счёт разрыва C–C-связей:



- 3) **Перегруппировки** – реакции, в которых число связей C–C остаётся тем же, но изменяется относительное расположение атомов:



- 4) **Изменение функциональных групп** (изменяется природа функциональных групп с сохранением углеродного скелета):



II. Классификация на основе природы реагирующих частиц

1) Гетеролитические (ионные) реакции:

- катализируются кислотами или основаниями, не подвержены влиянию света или свободных радикалов;
- неподвержены влиянию акцепторов свободных радикалов;
- на ход реакции оказывает влияние природа растворителя (особенно полярные растворители);
- редко протекают в газовой фазе.

Реакции, в которых одним из реагентов является растворитель, называются *Сольволизом* (когда растворитель H_2O – гидролиз, спирт – *алкоголиз*).

а). Электрофильные реакции



б). Нуклеофильные реакции



Электрофил – любая частица или фрагмент молекулы, характеризующиеся наличием свободной орбитали (например, катионы) или пониженной электронной плотностью и способные акцептировать электронную пару атома-партнёра для образования ковалентной связи.

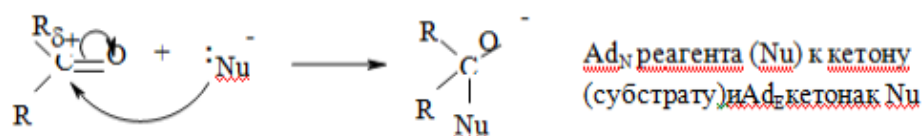
Нуклеофил – любой атом или группа атомов, которые могут быть донорами электронной пары, т. е. являются основаниями Льюиса.

Нуклеофильные и электрофильные реагенты классифицируют в зависимости от типа атома.



Тип нуклеофила	Примеры	Тип электрофила	Примеры
<u>Н-нуклеофилы</u>	H^- (гидрид-ион), $NaBH_4$, $LiAlH_4$	<u>Н-электрофилы</u>	H^+X^- (сильные кислоты)
<u>С-нуклеофилы</u>	R^- (карбанионы), RM (металлоорганические соединения), алкены, алкадиены, арены	<u>С-электрофилы</u>	R_3C^+ (карбокатионы), соединения с сильно полярной связью $R_3C^{\delta+}-X^{\delta-}$, $R_2C^{\delta+}=X^{\delta-}$, $RC^{\delta+}\equiv N^{\delta-}$, хиноны
<u>Н-нуклеофилы</u>	R_2N^- (амиды металлов и их производные), R_3N , R_2NH , RNH_2 , NH_3	<u>Н-электрофилы</u>	N^+OX^- (соли нитрозония), $N^+O_2X^-$ (соли нитрония), KN_2X (соли диазония), $R_2N^{\delta+}-X^{\delta-}$
<u>О-нуклеофилы</u>	OH^- , OR^- , H_2O , $R-O-R'$	<u>О-электрофилы</u>	$R-O^{\delta+}-X^{\delta-}$, $R-O-O-R$ (пероксиды)
<u>Р-нуклеофилы</u>	R_3P	<u>В-электрофилы</u>	BF_3 , BCl_3 , BR_3
<u>С-нуклеофилы</u>	HS^- , RS^- , H_2S , $R-S-R'$	<u>С-электрофилы</u>	$R-S^{\delta+}-X^{\delta-}$, $HS^+O_3X^-$, SO_3
<u>галогенид-ионы</u>	F^- , Br^- , Cl^- , I^-	<u>галогены</u>	F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2

Утверждение, что та или иная реакция является нуклеофильной или электрофильной, условно всегда относится к реагенту.



2) Гомолитические (свободнорадикальные) реакции

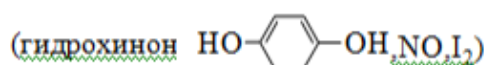
Протекают с участием радикалов: $\text{Cl}\cdot + \text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{H}\cdot$

- эти реакции инициируются светом, высокой температурой, свободными радикалами, образующимися при разложении других веществ;

- Проходят в неполярных растворителях или газовой фазе;

- Часто являются цепными;

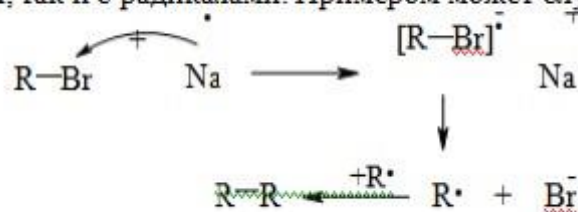
- тормозятся веществами, легко реагирующими со свободными радикалами



3) Реакции одно электронного переноса (SET-реакции, single electron transfer):



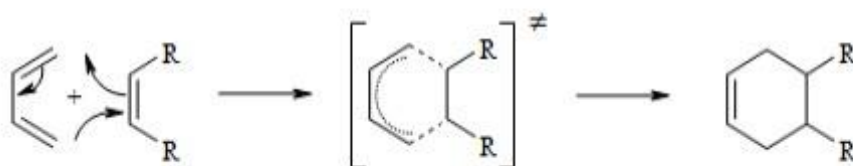
В результате переноса одного электрона образуются ион-радикалы, которые дальше реагируют как с ионами, так и с радикалами. Примером может служить реакция Вюрца:

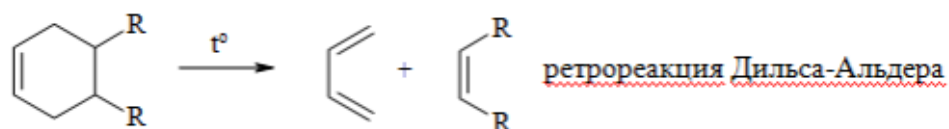


Ион-радикалы очень активны и быстро вступают в дальнейшие превращения, либо распадаясь на ионы и радикалы, либо не распадаясь.

4) **Перициклические реакции** – реакции, в которых реорганизация связей происходит согласованно через циклическую последовательность непрерывно связанных атомов, т. е. разрыв старых и образование новых связей происходит одновременно в полностью сопряженном циклическом активированном комплексе. Эти реакции осуществляются без участия заряженных частиц или свободных радикалов.

а). **Реакция Дильса-Альдера** и часть других реакций циклоприсоединения, а также циклораспада.





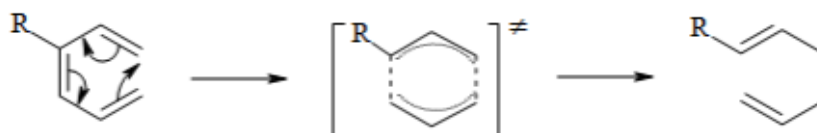
б) Электроциклические реакции – реакции, при которых концы сопряженной системы соединяются с образованием σ -связи, причём в системе становится на одну π -связь меньше:



Сюда же относятся и противоположные случаи.

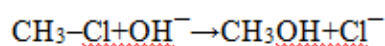
в). Сигматропные перегруппировки: включают образование новой σ -связи между ранее не связанными атомами и разрыв существующей σ -связи.

Примером может служить перегруппировка Ковча:

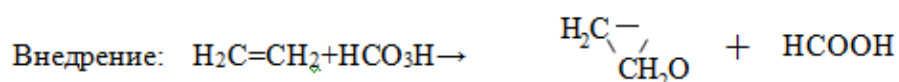
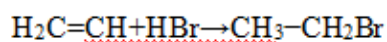


III. Классификация на основе связывания или удаления структурных фрагментов

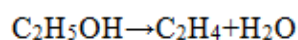
1) Реакции замещения (S, substitution): $AB + C \rightarrow AC + B$



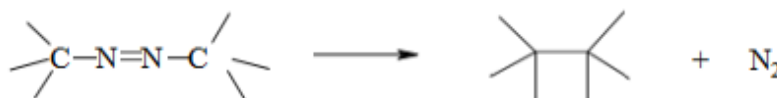
2) Реакции присоединения (Ad, addition): $A + B \rightarrow AB$



3) Элиминирование (отщепление) (E, elimination): $AB \rightarrow A + B$

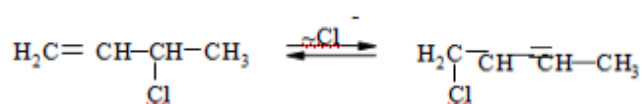


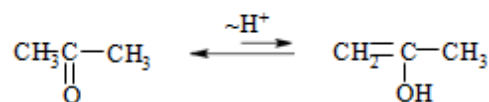
Экструзия (выбрасывание):



4) Перегруппировка (изомеризация)

а) *Без изменения углеродного скелета*

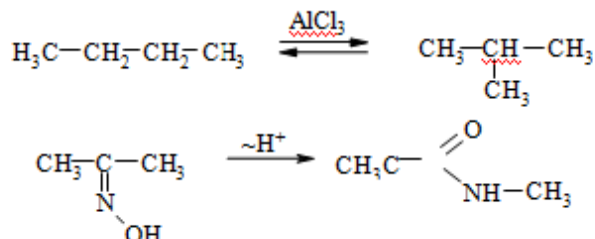




Таутомерия – быстрая самопроизвольная обратимая изомеризация одного соединения в другое. Структурные изомеры, образующиеся в ходе таких превращений называются таутомерами.

Таутомерия, связанная смиграцией H^+ , называется прототропией.

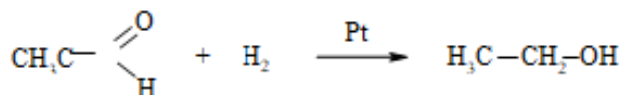
б). С изменением углеродного скелета (молекулярные перегруппировки)



III. Классификация на основе окислительно-восстановительного характера реагентов

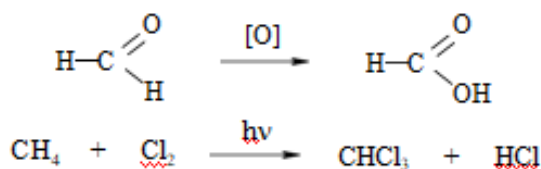
1) Реакции восстановления

Под восстановлением в органической химии подразумевается присоединение водорода к органическому соединению и часто удаление кислорода или какого-либо электроотрицательного элемента.



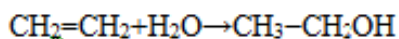
При восстановлении повышается электронная плотность на атоме, являющегося реакционным центром.

2) Реакции окисления–процессы, в которых соединения обедняются водородом и (или) обогащаются кислородом или другими электроотрицательными элементами.



При окислении уменьшается электронная плотность на реакционном центре.

3) Реакции, не сопровождающиеся окислением или восстановлением



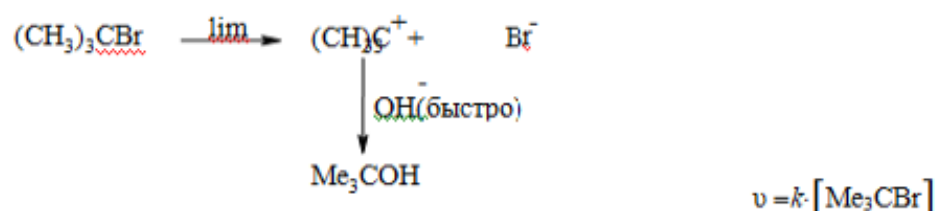
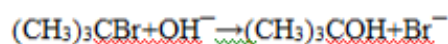
IV. Классификация на основе кинетики реакции

$$v = -\frac{dc}{dt} \quad \text{где } c - \text{концентрация исходного вещества или} \quad v = \frac{dc}{dt} \quad \text{где } x - \text{концентрация}$$

продукта $\left[\frac{\text{моль}}{\text{л} \cdot \text{с}} \right]$

Если реакция включает несколько последовательных стадий, то наименее медленная из них (лимитирующая) определяет кинетику реакции.

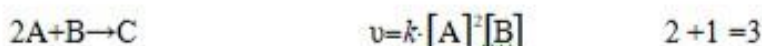
1). Реакции 1-го порядка:



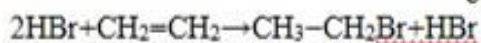
2). Реакции 2-го порядка:



3). Реакции 3-го порядка:



↑
Реакция имеет 2-ой порядок по отношению к А и 1-ый по отношению к В, суммарный порядок n=3.



Молекулярность реакции – число молекул, участвующих в элементарном акте реакции. Тримолекулярные реакции очень редки. Порядок реакции не учитывает молекулы растворителя, т.к. они находятся в большом избытке, но в элементарном акте они могут участвовать. Для реакций 1-го и 2-го порядка порядок часто совпадает с молекулярностью.

4) Цепные реакции

Характеризуются появлением первоначального реакционноспособного центра или частицы (чаще всего радикала), энергия которой передаётся далее от одной молекулы к другой, вызывая превращение большого числа молекул.

Для цепных реакций характерно наличие медленного индукционного периода, после которого реакция протекает очень быстро, иногда со взрывом. Примером может служить галогенирование алканов на свету.

Контрольные вопросы:

1. Этапы зарождения органической химии как науки.

2. Перечислите основные положения теории химического строения органических соединений А.М. Бутлерова.
3. Что показывает номенклатура органических соединений?
4. Какие типы углеродного скелета можете назвать?

Рекомендуемая литература:

1. Москва, В. В. Органическая химия: базовые принципы: учебник для вузов / В. В. Москва. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 143 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09419-0. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/585896/p.28>
2. Гаршин, А. П. Органическая химия: учебное пособие для вузов / А. П. Гаршин. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 189 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20434-6. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/584325/p.3>
3. Каминский, В. А. Органическая химия: учебник для вузов / В. А. Каминский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2026. — 583 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20926-6. — Текст: электронный — URL: <https://urait.ru/bcode/590051/p.528>.
4. Слабко, О. Ю. Органическая химия. Лабораторный практикум: учебное пособие для вузов / О. Ю. Слабко. — Санкт-Петербург: Лань, 2026. — 100 с. — ISBN 978-5-507-53553-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/508910>.
5. Реутов, О.А. и др. Органическая химия: В 4-х ч. /О.А. Реутов, А.И Курц, К.П. Бутин.- 3-е изд.- М.:БИНОМ, 2011.