ЛЕКЦИЯ

Тема: Углеводороды

Цель: описывать и различать основные классы углеводородов, выдвигать гипотезы на основе знаний о составе, строении вещества и основных химических свойств.

Органической химией изначально называлась химия веществ, полученных из организмов растений и животных. С такими веществами человечество знакомо с глубокой древности. Сейчас органическую химию чаще всего называют ***химией соединений углерода***.

Особенности органических соединений:

1. В состав всех органических веществ входят углерод и водород, поэтому большинство из них горючи и при горении обязательно образуют углекислый газ и воду.

2. Органические вещества построены более сложно, чем неорганические, и многие из них имеют огромную молекулярную массу, например те, благодаря которым происходят жизненные процессы: белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты и т. д.

3. Органические вещества можно расположить в ряды сходных по составу, строению и свойствам – ***гомологов***.

Гомологическим рядом называется ряд веществ, расположенных в порядке возрастания их относительных молекулярных масс, сходных по строению и химическим свойствам, где каждый член отличается от предыдущего на ***гомологическую разность*** CH_2.

4. Для органических веществ характерной является ***изомерия***.

Изомерия – это явление существования разных веществ – ***изомеров*** с одинаковым качественным и количественным составом, то есть одинаковой молекулярной формулой.

Величайшим обобщением знаний о неорганических веществах является Периодический закон и Периодическая система элементов Д. И. Менделеева. Для органических веществ аналогом такого обобщения служит ***теория строения органических соединений А. М. Бутлерова***:

1. Атомы в молекулах веществ соединены согласно их валентности. Углерод в органических соединениях всегда четырехвалентен, а его атомы способны соединяться друг с другом, образуя различные цепи.

2. Свойства веществ определяются не только их качественным и количественным составом, но и порядком соединения атомов в молекуле, т.е. химическим строением вещества.

3. Свойства органических соединений зависят не только от состава вещества и порядка соединения атомов в его молекуле, но и от взаимного влияния атомов и групп атомов друг на друга.

Свойства вещества зависят от того, из каких атомов состоит его молекула. Молекула метана CH_4 состоит из атомов углерода и водорода. Это вещество при обычных условиях – газ, который вступает в химические реакции с трудом. В состав молекул метилового спирта CH_3OH, помимо атомов углерода и водорода, входит атом кислорода. Метиловый спирт в тех же условиях – это уже жидкость, которая способна реагировать с различными веществами, например с серной кислотой, металлическим натрием.

В то же время могут отличаться и свойства веществ с одинаковым качественным составом. Ацетилен C_2H_2 и бензол C_6H_6 имеют одинаковый качественный состав и простейшую формулу CH (на один атом углерода в их молекулах приходится один атом

водорода), но отличаются по количественному составу, что отражают их ***молекулярные формулы***.

Теория А. М. Бутлерова объяснила неясности и противоречия в знаниях об окружающем мире, творчески обобщила достижения в области химии и представила качественно новый подход к пониманию строения и свойств веществ.

Классификация органических веществ

Классификацию органических веществ определяют строение углеродной цепи (углеродного скелета) и наличие и особенности строения функциональных групп.

Углеродный скелет – это последовательность соединенных между собой атомов углерода в органической молекуле.

Функциональная группа – это атом или группа атомов, которая определяет принадлежность молекулы к определенному классу органических веществ и химические свойства, соответствующие данному классу веществ.

Классификация органических веществ по составу		
Углеводороды	**Кислородсодержащие вещества**	**Азотсодержащие вещества**
Состоят из атомов углерода и водорода	Содержат также атомы кислорода	Содержат также атомы азота

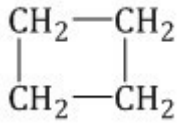
Углеводороды

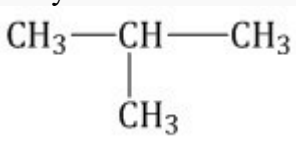
Углеводороды – это вещества, состав которых отражается формулой C_xH_y, то есть в их составе только атомы углерода и водорода.

В зависимости от типа связей между атомами С, они делятся на **предельные** или насыщенные (все связи одинарные) и **непредельные** (ненасыщенные) — в молекуле присутствуют двойные и тройные связи.

Кроме того, углеводороды делятся на **циклические** (углеродная цепь образует кольцо) и **ациклические** или алифатические (углеродная цепь не замкнута в кольцо).

Углеводороды	
Предельные (содержат только одинарные связи)	Непредельные (содержат двойные или тройные связи между атомами углерода)

Алканы	**Циклоалканы**	**Алкены**	**Алкадиены**	**Алкины**	**Ароматические углеводороды**
Углеводороды с открытой (незамкнутой) углеродной цепью	Атомы углерода соединены в замкнутый цикл	Одна двойная связь	Две двойные связи	Одна тройная связь	Циклические углеводороды с тремя двойными связями (бензольное кольцо)
C_nH_{2n+2}	**C_nH_{2n}**	**C_nH_{2n}**	**C_nH_{2n-2}**	**C_nH_{2n-2}**	**C_nH_{2n-6}**
Этан CH_3-CH_3	Циклобутан 	Этилен CH_2=CH_2	Дивинил CH_2=CH-CH=CH_2	Ацетилен CH≡CH	Бензол 

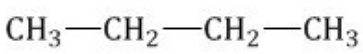
Ациклические углеводороды	
С неразветвленной цепью	С разветвленной углеродной цепью
н-Бутан CH_3-CH_2-CH_2-CH_3	Изобутан 

Изомеры – это вещества, имеющие одинаковый состав (число атомов каждого типа), но разное взаимное расположение атомов – разное строение.

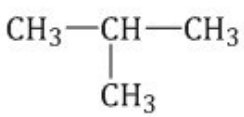
Изомерия – это явление существования веществ с одинаковым составом, но различным строением.

Например, формуле C_4H_{10} соответствуют два изомерных соединения н-бутан с линейным углеродным скелетом и изобутан **(2-метилбутан)** с разветвленным скелетом:

н-Бутан



Изобутан



При этом температура кипения н-бутана –0,5°С, а изобутана –11,4°С.

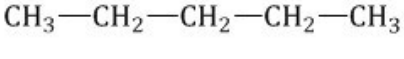
Структурные изомеры отличаются друг от друга **взаимным расположением атомов в молекуле.**

Структурные изомеры – соединения с одинаковым составом, но различным порядком связывания атомов, т.е. с различным химическим строением. Молекулярная формула у структурных изомеров одинаковая, а структурная различается.

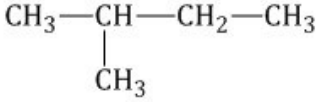
1. Изомерия углеродного скелета: вещества различаются строением углеродной цепи, которая может быть линейная или разветвленная.

Например, молекулярной формуле C_5H_{12} соответствуют три изомера:

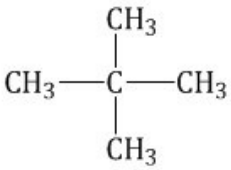
н-Пентан



2-Метилбутан (изопентан)



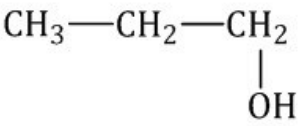
2,2-Диметилпропан



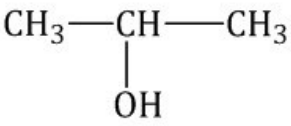
2. Изомерия положения обусловлена различным положением кратной связи, **функциональной группы** или **заместителя** при одинаковом углеродном скелете молекул.

2.1. Изомерия положения функциональной группы. Например, существует два изомерных предельных спирта с общей формулой C_3H_8O: пропанол-1 (н-пропиловый спирт) пропанол-2 (изопропиловый спирт):

Пропанол-1, *н*-пропиловый спирт

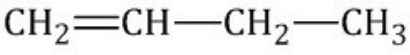


Пропанол-2, изопропиловый спирт

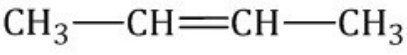


2.2. Изомерия положения кратной связи может быть вызвана различным положением кратной (двойной или тройной) связи в непредельных соединениях. Например, в бутене-1 и бутене-2:

Бутен-1



Бутен-2



2.3. Межклассовая изомерия – ещё один вид структурной изомерии, когда **вещества из разных классов веществ имеют одинаковую общую формулу**.

Например, формуле C_2H_6O соответствуют: спирт (этанол) и простой эфир (диметиловый эфир):

Спирт	Простой эфир
Этанол	Диметиловый эфир
$CH_3—CH_2—OH$	$CH_3—O—CH_3$

C_nH_{2n}	- алкены и циклоалканы
C_nH_{2n-2}	- алкины и алкадиены (а также циклоалкены)
$C_nH_{2n+2}O$	- спирты и простые эфиры.
$C_nH_{2n}O$	- альдегиды и кетоны, а также: циклические спирты, циклические эфиры, непредельные спирты и эфиры.
$C_nH_{2n}O_2$	- карбоновые кислоты и сложные эфиры.

Номенклатура органических соединений

Номенклатура органических веществ – это система правил, которые позволяют дать уникальное название каждому химическому соединению.
Перед изучением номенклатуры органических веществ обязательно рекомендую познакомиться с темой

Номенклатура органических соединений		
Тривиальная	**Систематическая**	**Рациональная**

Систематическая номенклатура ИЮПАК

В настоящее время используется номенклатура ИЮПАК (IUPAC) — Международный союз теоретической и прикладной химии (International Union of Pure and Applied Chemistry).
Основа названия органических соединений в зависимости от числа атомов углерода:

Количество атомов С в цепи	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Корень	Мет-	Эт-	Проп-	Бут-	Пент-	Гекс-	Гепт-	Окт-	Нон-

Наличие двойных или тройных связей в молекулах органических соединений обозначают, добавляя в конце слова суффикс -ен или -ин:

Тип связей	**Одинарная связь (C–C)**	**Двойная связь (C=C)**	**Тройная связь (C≡C)**
Суффикс	-ан	-ен	-ин

Наличие функциональных групп в органической молекуле обозначают добавлением в название приставки или суффикса:

Функциональная группа	**Приставка**	**Суффикс**
–COOH	-карбокси	
–COOH		— овая кислота
$–SO_3H$	Сульфо-	-сульфокислота
–(C)H=O	Оксо-	-аль
–OH	Гидрокси-	-ол
–SH	Мерканто-	-тиол
$–NH_2$	Амино-	-амин
$–NO_2$	Нитро-	
–OR	Алкокси-	
–F, –Cl, –Br, –I, –Hal	Фтор-, хлор-, бром-, йод- (галоген-)	

Для обозначения числа кратных связей и числа функциональных групп используют следующие числительные:

Количество кратных связей и функциональных групп	2	3	4	5	6	7	8

Числительное	Ди	Три	Тетра	Пента	Гекса	Гепта	Окта

Название углеводородных радикалов:

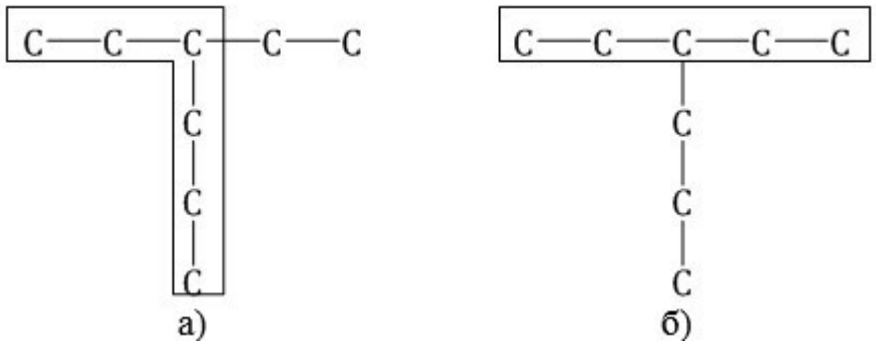
Название	**Углеводородный радикал**
Метил-	$–CH_3$
Этил-	$–CH_2CH_3$
Пропил-	$–CH_2CH_2CH_3$
Изопропил-	$–CH(CH_3)CH_3$
Бутил-	$– CH_2CH_2CH_2CH_3$
Изобутил-	$– CH_2CH(CH_3)CH_3$
Втор-бутил	$– CH(CH_3)CH_2CH_3$
Трет-бутил	$– C(CH_3)_3$

Правила составления названий алканов

1. Выбирают главную углеродную цепь

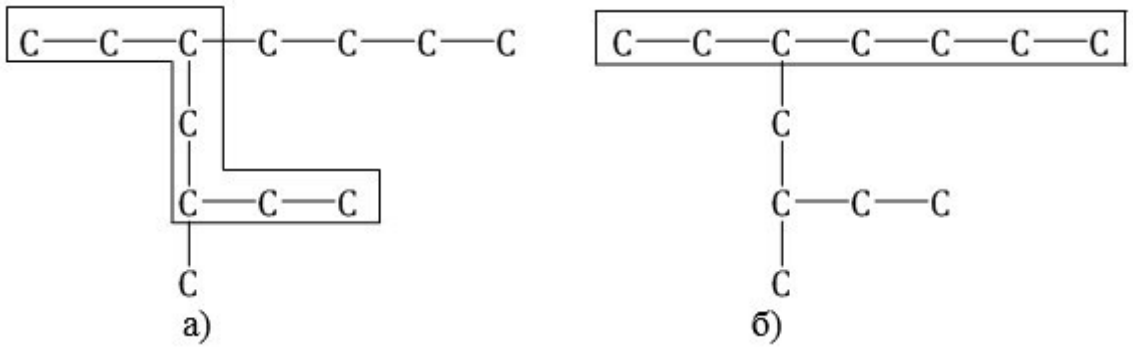
Главная цепь — это самая длинная и самая разветвленная непрерывная последовательность углеродных атомов. При этом неважно, как нарисованы на схеме углеродные атомы (вверх, вниз, влево, вправо). При этом углеводородные радикалы, которые не входят в главную цепь, являются в ней заместителями. Главная цепь должна быть самой длинной.

Например, в молекуле на рисунке главной является цепь, отмеченная на рисунке а



2. Главная цепь должна быть самой разветвленной.

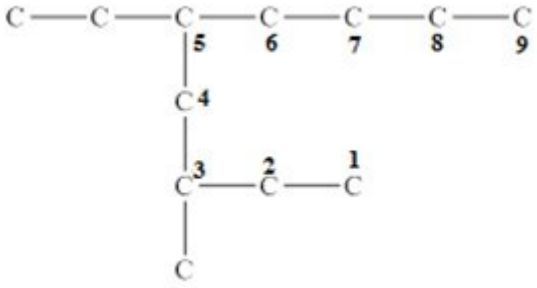
Например, в молекуле, изображенной на рисунках а и б, выделены цепи с одинаковым числом атомов углерода. Но главной будет цепь, изображенная на рисунке а, т.к. от нее отходит 2 заместителя, а от главной цепи на рисунке б – один:



3. Нумеруют атомы углерода в главной цепи.

Нумерацию следует начинать с более близкого к старшей группе конца цепи.
При наличии двух и более заместителей цепь стараются пронумеровать так, чтобы заместителям принадлежали минимальные номера.

Например, правильная нумерация в главной углеродной цепи



Характерные химические свойства углеводородов: алканов, алкенов, диенов, алкинов, ароматических углеводородов, циклоалканов.

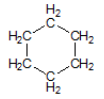
Алканы– предельные углеводороды, поэтому они не могут вступать в реакции присоединения. Для предельных углеводородов характерны реакции: • разложения, • замещения, • окисления.	
Физические свойства: CH_4-C_4H_{10} –газы, C_5H_{12}-$C_{15}H_{32}$-жидкости, высшие алканы - твѐрдые вещества	
Из синтез-газа ($CO + H_2$) получают смесь алканов:	t, kat $CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O$
Реакция Вюрца- Синтез более сложных алканов из галогенопроизводных с меньшим числом атомов углерода	$2C_nH_{2n+2}Cl+2Na \rightarrow C_{n*}H_{2n*+2}+ 2NaCl$
Гидролиз карбида алюминия	$Al_4C_3+ 12H_2O \rightarrow 3CH_4+ 4Al(OH)_3$
Крекинг алканов с изначально большей длиной цепи Процесс, используемый в промышленности, протекает в интервале температур 450-500оС в присутствии катализатора и при температуре 500-700оС в отсутствие катализатора:	$C_8H_{18}=C_4H_{10}+C_4H_8$
Гидрирование непредельных углеводородов алкенов: алкинов и алкадиенов:	$C_nH_{2n} + H_2 = C_nH_{2n+2}$ $C_nH_{2n-2} + 2H_2 = C_nH_{2n+2}$
Химические свойства	
Тип реакции	Уравнение
I. Реакции окисления.	
1. Горение: а) полное	$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ $2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$
б) неполное	$2CH_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO + 4H_2O$
2. Каталитическое окисление (различные катализаторы и t окисления) а) метан – до метанола, я или муравьиной кислоты	$2CH_4 + O_2 \rightarrow 2CH_3OH$ метанол $CH_4 + O_2 \rightarrow HCHO + H_2O$ метаналь $2CH_4 + 3O_2 \rightarrow 2HCOOH+ 2H_2O$ муравьиная кислота
б) гомологи метана окисляются с разрывом С-С цепи и образованием карбоновых кислот	$2C_4H_{10} + 5O_2 \rightarrow 4CH_3COOH+ 2H_2O$ Уксусная кислота
II. Замещение.	
1.Галогенирование (на свету или при t). Идѐт по свободнорадикальному механизму, начинается с разрыва связи в молекуле хлора.	$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$
2.Нитрование (реакция Коновалова)	$C_2H_6 + HNO_3 \rightarrow C_2H_5NO_2+ H_2O$

III. **Термические превращения алканов**	
1. Дегидрирование гомологов метана Гомологи метана превращаются в алкены:	$C_2H_6 \rightarrow C_2H_4 + H_2$
2. Изомеризация (при нагревании и в присутствии хлорида алюминия)	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3 \rightarrow CH_3\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{CH}}\text{-}CH_3$
3. Пиролиз (разложение на простые вещества): а) полное б) неполное	$CH_4 \xrightarrow{1000^oC} C + 2H_2$ $2CH_4 \xrightarrow{1500^oC} C_2H_2 + 3H_2$
4. Разрушение С - С цепи (крекинг) (400-500 оС) Алкан → новый алкан + алкен	$C_{20}H_{42} \rightarrow C_{10}H_{22} + C_{10}H_{20}$
IV**. Конверсия метана** при 800оС и в присутствии никелевого катализатора	$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$
V. **Ароматизация** алканов (С ≥ 6) при нагревании и действии катализатора	$C_6H_{14} \rightarrow C_6H_6 + 4H_2$
VI. При о.у. не обесцвечивают бромную воду и раствор перманганата калия	-
VII. Реакции присоединения не характерны	-
Алкены	
Физические свойства: C_2H_4-C_4H_8 –газы, C_5H_{10}-$C_{16}H_{32}$- жидкости, высшие алкены - твѐрдые вещества.	
Дегидрогалогенирование галогеналканов	$C_nH_{2n+1}Cl + NaOH_{(спирт)} \rightarrow C_nH_{2n} + NaCl + H_2O$
Дегидратация спиртов	$C_nH_{2n+1}OH \rightarrow C_nH_{2n} + H_2O$
Химические свойства	
Тип реакции	Уравнение химической реакции
I. **Окисление:** 1) Полное (горение)	$C_2H_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$
2) Неполное (разрывтолько π-связей) В нейтральной среде: окисление перманганатом калия сопровождается образованием диолов (двухатомных спиртов), причем гидроксильные группы присоединяются к тем атомам углерода, между которыми существовала двойная связь. Окисление этилена приводит к образованию двухатомного спирта – этиленгликоля:	$3\ CH_2 = CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow$ $3\ CH_2(OH) - CH_2(OH) + 2MnO_2 + 2KOH$ Упрощѐнно: $CH_2 = CH_2 + HOH + [O] \rightarrow CH_2(OH) - CH_2(OH)$
II. Присоединение	
1) Гидрирование при о.у.	$CH_2 = CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3 - CH_3$

2) Гидратация	$CH_2 = CH_2 + HOH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3 – CH_2OH$
Присоединение воды к несимметричному алкену происходит по правилу Марковникова: «Атом водорода присоединяется к наиболее гидрированному атому углерода, а гидроксогруппа к менее гидрированному атому углерода».	$CH_3\text{-}CH=CH_2 + HOH \rightarrow CH_3 – \underset{\displaystyle OH}{\underset{\displaystyle \vert}{CH}}– CH_3$
3) Галогенирование	$CH_2 = CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2Br – CH_2Br$
4) Гидрогалогенирование Присоединение галогеноводорода к несимметричному алкену происходит по правилу Марковникова: «Атом водорода присоединяется к наиболее гидрированному атому углерода, а галогены к менее гидрированному атому углерода».	$CH_2 = CH_2 + HBr \rightarrow CH_3– CH_2Br$ $CH_3 – CH = CH_2 + HBr \rightarrow CH_3 – CHBr – CH_3$
III. Полимеризация -процесс образования полимера изнизкомолекулярных веществ, без выделения побочных продуктов	$n\ CH_2 = CH_2 \rightarrow (– CH_2 – CH_2 –)_n$ - полиэтилен $n\ CH_2 = \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle \vert}{CH}} \rightarrow (– CH_2 – \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle \vert}{CH}} –)_n$ - полипропилен
Алкадиены	
Виды диенов: 1) алкадиены с кумулированным расположением двойных связей $CH_2 = C = CH_2$; 2) с сопряжѐнными двойными связями $CH_2 = CH - CH= CH_2$; 3) с изолированными двойными связями $CH_2 = CH – CH_2 – CH= CH_2$.	
Физические свойства: в обычных условиях пропадиен-1,2 и бутадиен-1,3 – газы; изопрен - летучая жидкость. Алкадиены с изолированными двойными связями - жидкости. Высшие диены -твѐрдые вещества.	
Способ Лебедева для бутадиена-1,3	$2C_2H_5OH \rightarrow CH_2=CH-CH=CH_2+2H_2O+ H_2$
Каталитическое двухстадийное дегидрирование алканов (через стадию образования алкенов). Этим путем получают в промышленности дивинил из бутана, содержащегося в газах нефтепереработки и в попутных газах:	$CH_3–CH_2–CH_2–CH_3 \xrightarrow{Cr_2O_3,\ Al_2O_3} CH_2=CH–CH=CH_2 + 2H_2$
Химические свойства	
Тип реакции	Уравнение химической реакции
I. **Реакции присоединения**	

У кумулированных и изолированных диенов вначале взаимодействует одна связь, затем вторая. Особенностью сопряженных диенов является то, что двойные связи в их молекулах функционируют как единое целое и присоединение идет преимущественно по крайним положениям сопряженной системы (1,4 присоединение) с образованием новой двойной связи в центре системы. Параллельно, однако, идет второстепенная реакция - присоединение по одной из двойных связей (1,2 присоединение).	
1) галогенирование Обесцвечивают бромную воду:	$CH_2 = CH - CH = CH_2 + Br_2 \rightarrow$ $CH_2Br - CH = CH - CH_2Br$ 1,4 –дибромбутен-2
2) гидрирование	$CH_2 = CH - CH = CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3 - CH = CH - CH_3$ бутен-2
3) гидрогалогенирование	$CH_2 = CH - CH = CH_2 + HBr \rightarrow$ $CH_2Br - CH = CH - CH_3$ 1 –бромбутен-2 $CH_2 = CH - CH = CH_2 + HBr \rightarrow$ $CH_3 - CHBr - CH = CH_2$ 3 –бромбутен-1
II. Реакция полимеризации (получают синтетическиекаучуки СК)	$\xrightarrow{t, p, кат}$ $nCH_2 = CH - CH = CH_2 \rightarrow$ $(- CH_2 - C = CH - CH_2 -)_n$ бутадиеновый СК $\xrightarrow{t, p, кат}$ $nCH_2 = \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}} - CH = CH_2 \rightarrow$ $(- CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\vert}{C}} = CH - CH_2 -)_n$ изопреновый СК
III. Обесцвечивают KMnO4	
Алкины **Физические свойства:** Ацетилен – газ, без запаха, малорастворим в H_2O, легче воздуха. Температуры кипения иплавления ацетиленовых углеводородов увеличиваются с ростом их молекулярной массы. При обычных условиях алкины C_2H_2 - C_4H_6 – газы, C_5H_8 - $C_{16}H_{30}$ – жидкости, с $C_{17}H_{32}$ – твердыевещества.	

Температуры кипения и плавления алкинов выше, чем у соответствующих алкенов. Алкины плохо растворимы в воде, лучше – в органических растворителях.	
Термический крекинг метана:	$2CH_4 = C_2H_2 + 3H_2$ (Температура = 1500)
Карбидный способ	$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$
Дегидрогалогенирование дигалогеналканов	$C_nH_{2n}Cl_2 + 2NaOH_{(спирт)} \rightarrow C_nH_{2n-2} + 2NaCl + 2H_2O$
Химические свойства алкинов	
Тип реакции	Уравнение химической реакции
I. Окисление:	$2\,C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$
1) Полное (горение)	
II. Присоединение (реакции могутпротекать в двестадии):	
1) Гидрирование	$H\,C{\equiv}C\,H + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t} H_2C{=}CH_2$
2) Гидратация Реакция Кучерова:	$H\,C{\equiv}C\,H + H_2O \xrightarrow{H^+,\ Hg^{2+}} CH_3\text{-}CHO$ Гомологи ацетилена – в кетоны: $HC{\equiv}C\,CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+,\ Hg^{2+}} CH_3\text{-}CO\text{-}CH_3$ (ацетон)
3) Галогенирование	$H\,C{\equiv}C\,H + Br_2 \rightarrow H\,CBr = CBr\,H$ $H\,CBr{=}CBr\,H + Br_2 \rightarrow H\,CBr_2\,CBr_2\,H$
4) Гидрогалогенирование	$HC{\equiv}CH + HCl \rightarrow CH_2 = CHCl$ хлорэтен (винилхлорид) По правилу Марковникова – несимметричные алкины: $CH_3 - C\,CH + 2HCl \rightarrow CH_3 - CCl_2 - CH_3$
III. Полимеризация Тримеризация: реакция Зелинского:	$3HC{\equiv}CH \xrightarrow{акт.\ C,\ 500\ C} C_6H_6$ (бензол)
Димеризация: получение винилацетилена	$2HC{\equiv}CH \xrightarrow{NH_4Cl,\ CuCl,\ t} CH_2 = CH\,C\,CH$
IV. Реакция алкинов с аммиакатами серебра или одновалентной меди является качественной на наличие концевой тройной связи:	$HC{\equiv}CH + Ag_2O\ Ag\text{-}\,C\,C\text{-}\,Ag + H_2O$ диацетиленид серебра (желтый осадок)
Арены	
Физические свойства: Бензол и его ближайшие гомологи – бесцветные жидкие вещества, нерастворимые в воде, но хорошо растворяющиеся во многих органических жидкостях. Легче воды. Огнеопасны. Бензол токсичен (вызывает заболевание крови – лейкемию).	
Тримеризация ацетилена	$3C_2H_2 \rightarrow C_6H_6$
Химические свойства аренов на примере бензола	
Тип реакции	Уравнение химической реакции
I. Окисление: 1) Полное (горение)	$2C_6H_6 + 15O_2 \rightarrow 12CO_2 + 6H_2O$

Неполное окисление не характерно.	
II. Реакции замещения - наиболее характерны, бензольное кольцо не разрушается (сходство с алканами): 1) галогенирование	$\xrightarrow{FeCl_3}$ $C_6H_6 + чист.Cl_2 \rightarrow C_6H_5Cl + HCl$ хлорбензол $\xrightarrow{FeBr_3}$ $C_6H_6 + чист.Br_2 \rightarrow C_6H_5Br + HBr$ бромбензол
2) нитрование	$\xrightarrow{t,\ к.H_2SO_4}$ $C_6H_6 + HNO_3 \rightarrow C_6H_5NO_2 + H_2O$ нитробензол
3) алкилирование - получение гомологов вещества	с алкенами $\xrightarrow{t}$ $C_6H_6 + CH_2{=}CH - CH_3 \rightarrow C_6H_5CH(CH_3)_2$ изопропилбензол (кумол)
III.Реакции присоединения- менее характерны, протекают с трудом (в жѐстких условиях), т.к. происходит разрушение π-электронного облака (сходство с алкенами): 1) гидрирование	$\xrightarrow{t,Ni}$ $C_6H_6 + 3H_2 \rightarrow$  циклогексан
2) присоединение Cl_2 при освещении	$\xrightarrow{h\upsilon}$ $C_6H_6 + 3Cl_2 \rightarrow C_6H_6Cl_6$ гексахлорциклогексан (гексахлоран)
Бензол в отличие от непредельных углеводородов не присоединяет воду и галогеноводороды, а также не обесцвечивает раствор KMnO4 и бромную воду.	

Задание: сделать конспект занятия.

Основные источники:

- Габриелян О. С., Остроумов И. Г. Химия для профессий и специальностей технического профиля: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. — М., 2017.