

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра химии

И.Б.Бутылина, С.И.Полушкина

**ПОЛУЧЕНИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДОВ**

*Методические указания
к лабораторной работе*

Минск
БГАТУ
2010

УДК 54(07)
ББК 24я7
Х46

*Рекомендованы научно-методическим советом
агроэнергетического факультета БГАТУ.
Протокол №1 от 5 октября 2010г.*

Рецензент – кандидат технических наук, доцент кафедры химии БГАТУ
Т.В. Соколова

Бутылина, И.Б.

Получение и физико-химические свойства углеводов: методические указания/ И.Б. Бутылина, С.И. Полушкина. – Минск: БГАТУ, 2010. – 40 с.

Методические указания содержат теоретическую и контрольные вопросы по разделу «Органические соединения» курса «Химия», а также описание экспериментальной части лабораторной работы и задания предлабораторного контроля. Методические указания предназначены для управляемой самостоятельной работы студентов стационара и выполнения лабораторной работы.

**УДК 54(7)
ББК 24я7**

© БГАТУ, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Значение органических соединений и высокомолекулярных соединений необычайно велико. Они составляют пищу людей и животных, служат сырьем для промышленности, используются как топливо и смазочные материалы, красители, синтетические моющие вещества, хладагенты, консерванты, лекарства и др. Многие органические продукты играют важную роль в современном сельском хозяйстве. Гербициды уничтожают сорняки, инсектициды и фунгициды помогают бороться с вредными насекомыми и грибковыми заболеваниями, дефолианты ускоряют опадание листьев, десиканты способствуют высушиванию растений на корню. Некоторые органические вещества применяются в качестве стимуляторов роста сельскохозяйственных культур, способствуя интенсификации сельскохозяйственного производства.

Ряд синтетических органических соединений с успехом используются в качестве кормовых добавок, восполняющих белковую недостаточность кормов (премиксов). Для составления полноценных кормовых рационов в них необходимо включать продукты, содержащие незаменимые аминокислоты (валин, лизин, лейцин, изолейцин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин), микроэлементы и витамины, обеспечивающие нормальную ферментативную деятельность. Все эти добавки органического происхождения.

Низкомолекулярные органические кислоты используются как химические консерванты кормов. Силосование и сенажирование в присутствии таких добавок приводит к улучшению качества кормов и повышению степени их сохранности. Так, при заготовке силоса из кукурузы химические консерванты позволяют сохранить до 80 % сахара, содержащегося в зелёной массе. Силосование и сенажирование кормов, утилизация органических удобрений (навоз) могут сопровождаться различного рода брожениями аэробного и анаэробного характера – молочно-кислое, маслянокислое, уксуснокислое, спиртовое и др. Все эти процессы связаны с превращением органических веществ.

Интерес представляют галогенопроизводные углеводородов, в частности, газ фреон (CCl_2F_2), используемый в качестве хладагента в холодильных установках.

Природный продукт нефть является поставщиком различного вида топлив и смазочных материалов. Различные углеводороды, как продукты перегонки нефти находят широкое применение в технике. Так, изооктан, который в смеси с нормальным гептаном (н-гептан) применяется для оценки детонационных свойств бензина (октановое число). Повышение октанового числа положительно сказывается на экономии топлива. Например, повышение октанового числа с 72 до 95 дает экономию топлива до 12 %. Иные требования предъявляются к дизельному топливу. Здесь большую роль играет «способность к воспламенению», и качество топлива определяется цетановым числом. Идеальным топливом для дизелей является н-цетан $C_{16}H_{34}$ с цетановым числом 100.

Хорошая смачиваемость металла маслом достигается с помощью маслорастворимых органических соединений, содержащих фосфор и серу. В состав смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) входят поверхностно-активные вещества (ПАВ), относящиеся к различным классам органических соединений (спирты, кислоты, амины и др.).

Органические полимерные материалы имеют широкую сферу применения. Из них изготавливают детали машин, пленки, клеи, конструкционные пластмассы. Реакции полимеризации и поликонденсации, используемые для получения полимерных материалов с уникальными физико-механическими свойствами (термопластичные и терморезистивные), простых и сложных пластмасс, обладающих свойствами как диэлектриков, так и полупроводников, заслуживают отдельного изучения.

Полимеры и пластмассы на их основе являются ценными заменителями многих природных материалов, а в ряде случаев и превосходят их по физико-механическим свойствам. Полиамиды широко используются в машиностроении вместо цветных металлов для изготовления антифрикционных изделий, работающих на контактный износ и трение: подшипников скольжения, элементов шарнирных сочленений, частей ходовых винтов, различных ползунков, шестерен и т.д. Основными преимуществами полиамидных подшипников являются небольшой вес, бесшумность работы, возможность эксплуатации без смазки, способность работать в воде, углеводородах и растворах щелочей, низкий коэффициент трения, большая прочность и устойчивость к абразивному действию твердых частиц.

Синтетические клеи склеивают разнородные поверхности, ими покрывают металлы, защищая от коррозии. При этом заметно снижается себестоимость таких изделий. Металлопласт почти в 10 раз дешевле нержавеющей стали.

Кремнийорганические полимеры (полиорганосилоксаны) используются в качестве низко- и высокотемпературных смазок (70 – 200 °С). Добавки полиизобутилена или полимеров на основе додецилметакрила обеспечивают равномерное изменение вязкости масел в широком интервале температур.

Для очистки всех видов сточных вод сельскохозяйственного производства от любых органических и неорганических компонентов используются полимерные мембраны и ионообменные смолы.

Полимерные пленки (полиэтиленовые, полипропиленовые, полистирольные, поливинилхлоридные) применяются не только для хранения силоса и сенажа, но и для теплиц в качестве укрытия, а также как хороший упаковочный материал.

Процессы приготовления кормов химико-биологическими методами нуждаются в химически стойкой полимерной посуде и оборудовании, кранах, клапанах и др.

Широкое применение органические полимерные материалы получили в качестве электроизоляционных материалов (полиэтилен, полипропилен, политетрафторэтилен, полистирол, поливинилхлорид и др.) и полупроводников (полиацетилен). Полимерные полупроводники вызывают большой интерес в связи с возможностью сочетания полупроводниковых свойств с хорошими технологическими показателями (легкость, образование пленок, волокон и др.). На их основе создаются терморезисторы, тензодатчики и другие детали приборов.

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что без органических веществ не обходится практически ни одна отрасль народного хозяйства. Вопросы, связанные с органической химией, пронизывают целый ряд общетехнических и специальных дисциплин. Следовательно, знать органическую химию особенно важно специалистам сельскохозяйственного профиля.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Органическая химия – это химия соединений углерода, точнее, химия углеводородов и их производных. Углерод обладает уникальной способностью образовывать устойчивые цепочки из большого числа атомов. Этим объясняется многочисленность органических веществ. В настоящее время известно более 6 миллионов органических соединений. Ежегодно химики обнаруживают в природе или синтезируют в лабораториях тысячи новых органических веществ.

Теория строения органических соединений А. М. Бутлерова

Великий русский химик Александр Михайлович Бутлеров обобщил накопленный в органической химии практический и теоретический материал и создал в 1858 – 1861 годах теорию химического строения органических веществ. Впоследствии эта теория была дополнена работами Н.Д. Зелинского, В.В. Марковникова, А.М. Зайцева, М.И. Коновалова, Е.Е. Вагнера, А.Е. Фаворского и других ученых.

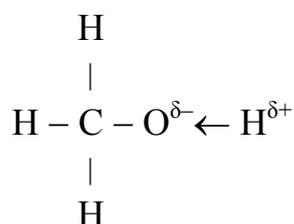
Теория А.М. Бутлерова может быть сведена к четырем основным положениям:

1. Для каждого химического соединения характерен строго определенный состав и структура. Атомы соединяются в определенной последовательности в соответствии с валентностью. Атом углерода в органических соединениях находится в возбужденном состоянии и проявляет валентность равную четырем.

2. Атомы и группы атомов в молекулах органических веществ оказывают друг на друга взаимное влияние. Это влияние определяется характером химической связи между атомами, степенью различия в их электроотрицательности и, следовательно, степенью полярности связи.

Например, в молекуле метанола CH_3OH один из атомов водорода способен замещаться щелочным металлом. Это объясняется тем, что в метаноле атом водорода непосредственно связан не с углеродом, а с ки-

слородом, имеющим большое значение электроотрицательности:



Избыточная электронная плотность приводит к появлению эффективных отрицательного заряда (δ^-) у атома кислорода и положительного (δ^+) у атома водорода. Атом водорода становится подвижным и способен к замещению (реакционноспособным).

3. Физические и химические свойства органических веществ зависят от последовательности соединения атомов друг с другом.

Так, атомы, входящие в состав вещества с общей формулой $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, можно расположить по разному и получить соединения, относящиеся к различным классам органических веществ по свойствам:

$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$
диметиловый эфир,
(простой эфир),
 $t_{\text{кип.}} = -24^\circ\text{C}$ (газ),
не реагирует с натрием.

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
Этанол,
(спирт),
 $t_{\text{кип.}} = +78^\circ\text{C}$ (жидкость),
реагирует с натрием.

Это положение объясняет также возможность существования изомеров – соединений, имеющих одинаковый качественный и количественный состав, но различное строение.

4. По структуре органического соединения можно судить о его свойствах и наоборот, зная свойства, можно судить о его структуре.

Теория строения сыграла большую роль в развитии органической химии. Она не только позволила привести в систему и объяснить накопленные знания о структуре органических соединений, но и предоставила возможность научного предвидения.

Классификация органических соединений

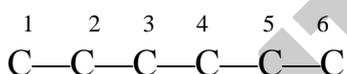
Основой органических соединений являются углеводороды (УВ) – вещества, содержащие только два элемента: углерод и водород. Более сложные органические вещества можно рассматривать как их производные.

Основу любого органического соединения составляет его углеродный скелет (углеродная цепь, углеродный остов), показывающий порядок связей атомов углерода в молекуле.

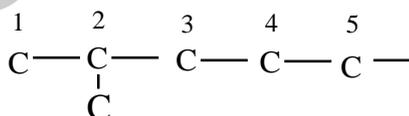
Углеродные атомы в молекулах органических соединений могут быть соединены друг с другом самыми различными способами:

1. При образовании связей между атомами углерода не возникает циклов. В этом случае углеродную цепь называют открытой. Она может быть линейной (нормальной), в которой атомы углерода соединены последовательно друг за другом, и разветвленной

нормальный
углеродный скелет

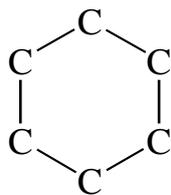


разветвленный
углеродный скелет

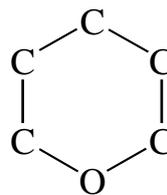


главная цепь

2. Атомы углерода способны образовать различные циклы, причем в состав последних могут включаться и атомы какого-либо другого элемента (гетероатомы):

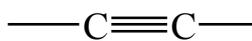
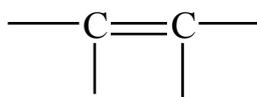


карбоцикл



гетероцикл

3. Атомы углерода могут соединяться между собой *кратными связями (двойными или тройными)*:



Если в углеродном скелете оставшиеся свободные связи атомов углерода заполнить атомами водорода, получаются органические соединения, состоящие только из углерода и водорода. Поэтому этот класс соединений назван *углеводородами*. В молекуле углеводорода один или несколько атомов водорода можно заместить на другой атом или группу атомов. В результате такого замещения получаются новые классы — *функциональные производные углеводородов*. *Атом или группа атомов, определяющая класс соединения и его химические свойства, названа функциональной группой*.

Исходя из рассмотренного выше, очевидно, что вследствие многообразия единой классификации органических соединений быть не может. Ее можно осуществить, используя различные признаки, например, характер углеродного скелета и характер функциональной группы.

Если в основу классификации положить *характер углеродного скелета*, все органические соединения можно разделить на две большие группы: соединения с открытой цепью, или ациклические (приставка «а» обозначает отрицание «не»), и циклические. Последние, в свою очередь, можно разделить на карбоциклические и гетероциклические. Ациклические соединения получили еще одно название — «алифатические» (от греч. слова «алефаир» — жир), поскольку к этому классу относятся жиры и жирные кислоты.

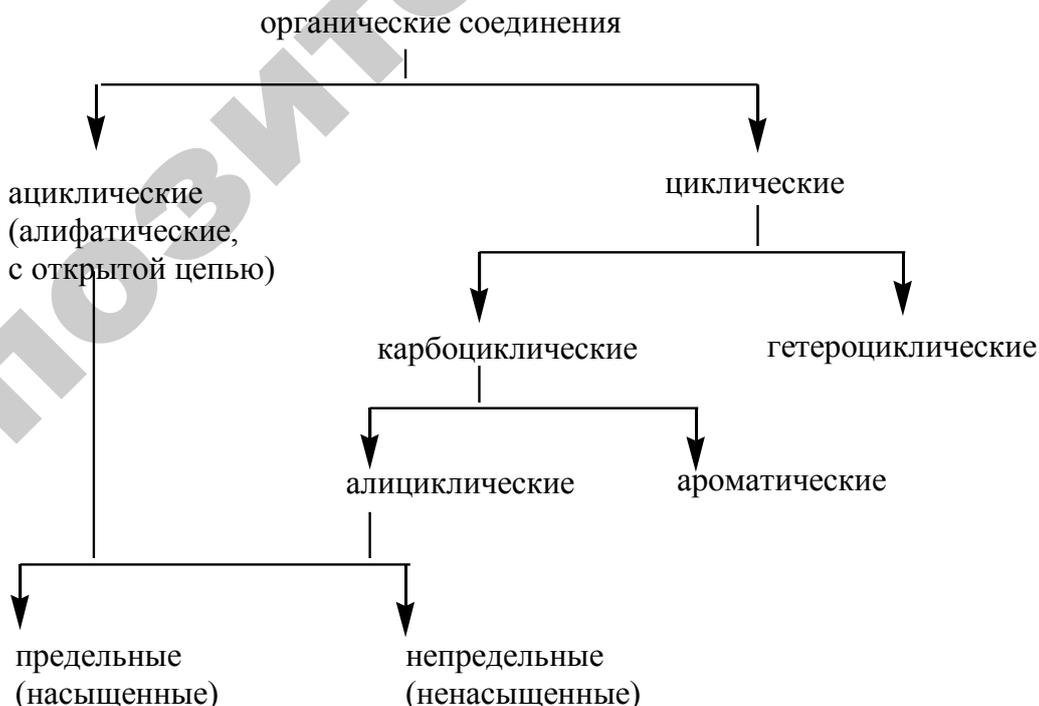
Соединения, в которых все углеродные связи одинарные, получили название насыщенных (предельных). Если же в углеродном скелете имеется хотя бы одна кратная связь, соединения относят к ненасыщенным (непредельным).

Карбоциклические соединения разнообразны. Часть из них по свойствам напоминает алифатические соединения, поэтому они названы алициклическими соединениями. Большая группа карбоциклических соединений, содержащая в составе молекул особую ненасыщенную группировку (бензольное кольцо) и сильно отличающаяся по свойствам, названа ароматическими.

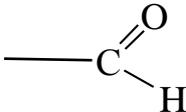
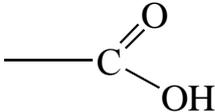
По характеру углеродного скелета углеводороды можно разделить на основные группы:

1. Алифатические (ациклические) – соединения с открытой (незамкнутой) цепью из атомов углерода.
2. Карбоциклические – соединения с замкнутой углеродной цепью.
3. Гетероциклические – соединения, содержащие в циклах наряду с атомами углерода гетероатомы (кислород, сера, азот и др.).

Классификацию органических соединений можно представить в виде следующей схемы.



В основе классификации органических соединений может лежать и характер функциональной группы. Каждой из них отвечает определенный класс соединения. Например,

	Функциональная группа	Класс органического соединения
-F, -Cl, -Br, -I		галогенпроизводные углеводов
-OH	- гидроксильная группа	- спирты
	-альдегидная группа	- альдегиды
	-карбоксильная группа	- карбоновые кислоты
-NH ₂	-аминогруппа	- амины
-NO ₂	-нитрогруппа	-нитросоединения
-SO ₃ H	-сульфогруппа	-сульфо кислоты

В общем виде формулу функционального производного углеводорода можно представить как R-X, где X — функциональная группа, а R — остаток углеводорода, из которого образовано производное.

Если в молекуле соединения имеется одна функциональная группа, его называют *монофункциональным*. При наличии нескольких одинаковых групп используются умножительные приставки ди-, три-, тетра- и т. д.

Классификация органических соединений позволяет не только систематизировать многочисленные органические соединения, но и является фундаментом для создания правил построения названий любого органического соединения, исходя из его классической структурной формулы.

В зависимости от характера связей между атомами (одинарные, двойные, тройные) в каждой из указанных групп могут быть **предельные**, содержащие только одинарные связи, и **непредельные**, у которых наряду с одинарными имеются кратные (двойные, тройные) связи, углеводороды.

Номенклатура органических соединений

Номенклатура – это система правил построения названия соединения.

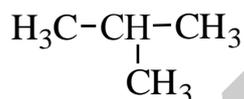
Существуют три типа номенклатуры:

1. **Эмпирическая** (тривиальная) объединяет случайные, исторически сложившиеся названия. Она весьма распространена. Например:

ацетон (CH_3COCH_3), ацетилен ($\text{HC} \equiv \text{CH}$), этилен ($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$),
изопрен ($\text{CH}_2 = \text{C} - \text{CH} = \text{CH}_2$) и др.



Рациональная номенклатура, учитывающая структуру соединения. Например, триметилметан



2. **Систематическая** (женевская) – общепринятая.

В рамках этой номенклатуры соединения рассматриваются как продукты усложнения нормальных предельных углеводородов либо незамещенных циклов, получаемые путем замещения атомов водорода какими-либо структурными фрагментами (заместителями). Характер заместителя указывается приставкой или окончанием. Для уточнения их местоположения производится нумерация атомов углерода основы.

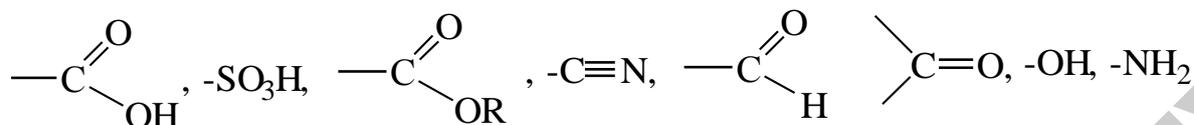
Способы построения названия в номенклатуре IUPAC можно проиллюстрировать на примере ациклических соединений.

Для того чтобы назвать ациклическое соединение по этой номенклатуре IUPAC необходимо:

1. Выбрать основу — главную цепь. В качестве главной избирается самая длинная цепь углеродных атомов, в которой содержатся кратные связи, функциональные группы. Число атомов углерода в главной цепи определяет название нормального предельного углеводорода, лежащего в основе называемого соединения.

2. Пронумеровать атомы углерода главной цепи, начиная с более замещенного конца. Начало нумерации определяет прежде всего старшая функциональная группа, затем кратная связь и углеводородный заместитель.

По уменьшению старшинства некоторые функциональные группы располагаются следующим образом:



3. Составить название, включающее названия заместителей в алфавитном порядке, название главной цепи, окончание, характерное для кратной связи и старшей функциональной группы. Положение заместителей и функциональной группы в главной цепи указывается цифрами. Окончания, характерные для некоторых классов органических соединений, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Окончание в систематической номенклатуре некоторых классов органических соединений

Класс называемого соединения	Окончание В систематической номенклатуре
Предельные углеводороды $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	-ан (алканы)
Этиленовые углеводороды C_nH_{2n}	-ен (алкены)
Ацетиленовые углеводороды $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$	-ин (алкин)
Диеновые углеводороды $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$	-диен (алкадиен)
Спирты $\text{R}-\text{OH}$	-ан+ол
Альдегиды $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$	-ан + аль
Кетоны $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}$	-ан + он
Карбоновые кислоты $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$	-ан + овая кислота

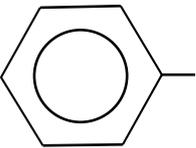
Примеры названий органических соединений в номенклатуре IUPAC приведены ниже.

Углеводородные остатки (алкильные группы) образуют своё название от соответствующего алкана с заменой суффикса «-ан» на суффикс «-ил» (табл. 2).

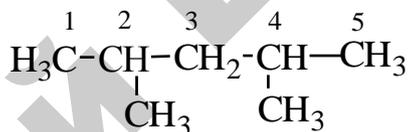
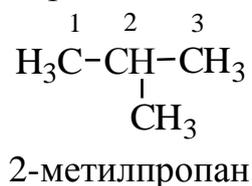
Таблица 2

Углеводороды и углеводородные остатки

Углеводород и его название	Углеводородные остатки		
	формула	тривиальное название	характер радикала
1	2	3	4
C_nH_{2n+2} (R-H) алкан	C_nH_{2n+1} (R-)	алкил	
CH_4 метан	CH_3-	метил	
CH_3-CH_3 этан	CH_3-CH_2-	этил	первичный
$CH_3-CH_2-CH_3$ пропан	$CH_3-CH_2-CH_2-$ $H_3C-\underset{\textstyle }{CH}-CH_3$	пропил изопропил (вторпропил)	первичный вторичный
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ бутан	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-$ $H_3C-\underset{\textstyle }{CH}-CH_2-CH_3$	бутил втор-бутил	первичный вторичный
$H_3C-\underset{\textstyle }{CH}-CH_3$ изобутан	$H_3C-\underset{\textstyle }{CH}-CH_2-$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad CH_3$	изобутил	первичный
	$H_3C-\underset{\textstyle }{C}-CH_3$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad CH_3$	трет-бутил	третичный
$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$ пентан	$CH_3-(CH_2)_3-CH_2-$	н-пентил (н-амил)	первичный
$H_3C-\underset{\textstyle }{CH}-CH_2-CH_3$ изопентан	$H_3C-\underset{\textstyle }{CH}-CH_2-CH_2-$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad CH_3$	изопентил (изоамил)	первичный
C_nH_{2n} алкен $CH_2=CH_2$ этилен	C_nH_{2n-1} $CH_2=CH-$	алкенил винил	

1	2	3	4
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ пропилен	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$	аллил	первичный
$\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ арен	$\text{C}_n\text{H}_{2n-5}-$	арил	
C_6H_6 бензол	C_6H_5- 	фенил	

Примеры названия алканов по систематической номенклатуре:



2, 4-диметилпентан

Предельные углеводороды алифатического ряда. Изомерия углеродной цепи

Предельные алифатические углеводороды (парафины) образуют ряд соединений, в котором каждый последующий член отличается от предыдущего на одну метиленовую ($-\text{CH}_2-$) группу. Такой ряд соединений называется гомологическим, а метиленовая группа – гомологической разностью. Общая формула гомологического ряда предельных алифатических углеводородов $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, название – алканы. Четыре первых члена этого гомологического ряда имеют эмпирическое название. В остальных случаях к латинскому или греческому числительному добавляется суффикс «ан».

Атом углерода в молекулах алканов находится в возбужденном состоянии и претерпевает sp^3 – гибридизацию (рис.1):

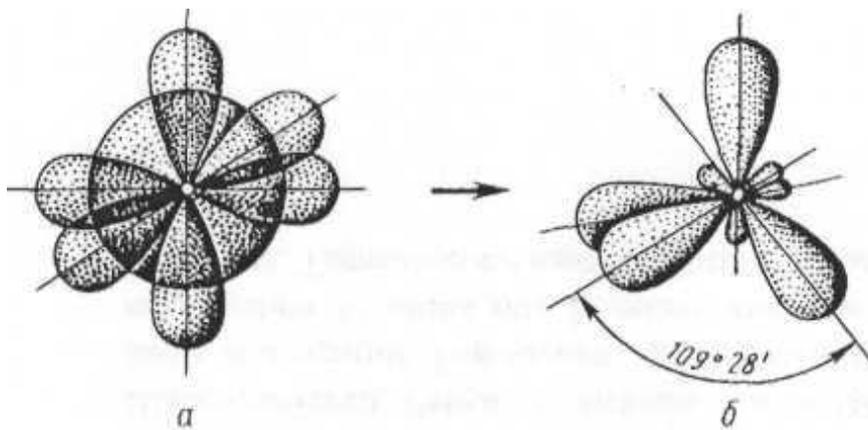
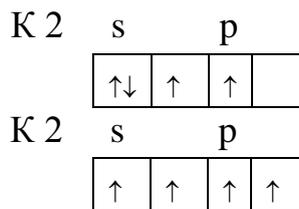
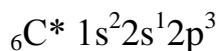
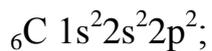


Рис. 1. sp^3 – гибридизация

Молекула метана CH_4 имеет форму тетраэдра, в котором углы между направлениями связей одинаковы и составляют $109^\circ 28'$. Четыре связи одинаковы по длине и энергии (σ -связи) (рис. 2).

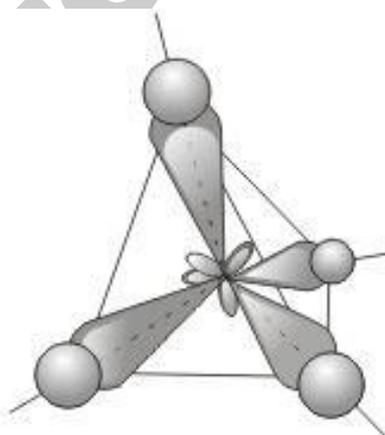
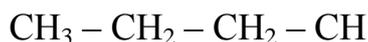


Рис. 2. Форма молекулы метана

Для предельных алифатических углеводородов характерна некоторая общность физических и химических свойств. Но вместе с тем их свойства (температура плавления и кипения, агрегатное состояние) ме-

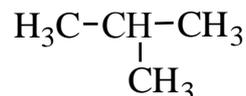
няются в зависимости от количественного состава (табл. 3). В результате, четыре первых члена ряда – газообразные вещества, от C₅H₁₂ до C₁₆H₃₄ – жидкости, а от C₁₇H₃₆ и выше – твёрдые вещества. Для алканов, содержащих четыре и более атомов углерода, возможно разветвление углеродной цепи. Так, для бутана (C₄H₁₀) характерны два изомера, отличающиеся по свойствам:



н-бутан

$$t_{\text{пл.}} = -138,4 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$t_{\text{кип.}} = -0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$



2-метилпропан (изобутан)

$$t_{\text{пл.}} = -159,6 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$t_{\text{кип.}} = -11,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Таблица 3

Номенклатура и физические свойства предельных углеводородов алифатического ряда с нормальной (неразветвленной) цепью

Молекулярная формула	Название	Температура плавления, °C	Температура кипения, °C	Агрегатное состояние при н.у.
1	2	3	4	5
CH ₄	метан	-182,5	-161,5	г
C ₂ H ₆	этан	-182,8	-88,6	г
C ₃ H ₈	пропан	-187,6	-42,1	г
C ₄ H ₁₀	бутан	-138,4	-0,5	г
C ₅ H ₁₂	пентан	-129,7	36,1	ж
C ₆ H ₁₄	гексан	-95,3	68,7	ж
C ₇ H ₁₆	гептан	-90,6	98,4	ж
C ₈ H ₁₈	октан	-56,8	125,7	ж
C ₉ H ₂₀	нонан	-53,5	150,8	ж
C ₁₀ H ₂₂	декан	-29,7	174,1	ж
C ₁₁ H ₂₄	ундекан	-26,6	196	ж
C ₁₂ H ₂₆	додекан	-12	215	ж
C ₁₆ H ₃₄	гексадекан (н-цетан)	18	287,1	ж
C ₁₇ H ₃₆	гептадекан	21,9	303	т
C ₂₀ H ₄₂	эйкозан	36,8	342,7	т

Для гомологического ряда предельных алифатических углеводородов характерен лишь один вид изомерии – изомерия углеродной цепи.

токсичны. Выброс их в атмосферу с выхлопными газами создает угрозу здоровью человека и животных.

Иные требования предъявляются к дизельному топливу. Здесь большую роль играет «способность к воспламенению». Качество топлива определяется цетановым числом.

Идеальным топливом для дизелей является н-цетан (гексадекан $C_{16}H_{34}$) с цетановым числом 100.

Эталон наиболее плохого дизельного топлива – метилнафталин цетановое число которого принимается равным нулю.

Для повышения способности дизельного топлива к воспламенению к ним добавляют органические нитросоединения в качестве так называемых ускорителей зажигания.

Нежелательно присутствие высших нормальных парафинов в высококачественных смазочных маслах, так как при низких температурах они выкристаллизовываются и вызывают загустение масел.

Галогеносодержащие производные предельных алифатических углеводородов, например, газ – фреон (CF_2Cl_2 – дихлордифторметан), используются в качестве хладоагентов в холодильных установках.

Непредельные углеводороды алифатического ряда

Виды изомерии. Природа химической связи

Непредельные углеводороды могут содержать одну или несколько непредельных (двойных или тройных) связей. Они образуют несколько гомологических рядов.

Соединения с одной двойной связью называются этиленовыми (олефины), так как их родоначальником (табл. 4) является этилен (этен). Общая формула гомологического ряда олефинов C_nH_{2n} , название – алкены.

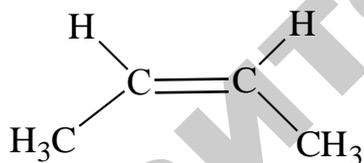
Таблица 4

Углеводороды ряда алкенов и их свойства

Молекул. формула	Сокращенная структурная формула	Название	Температу- ра плавлени- я, °С	Температу- ра кипения, °С
1	2	3	4	5
C ₂ H ₄	CH ₂ = CH ₂	этен (этилен)	-169,5	-103,8
C ₃ H ₆	CH ₂ = CH - CH ₃	пропен	-185,3	-47,8
C ₄ H ₈	CH ₂ = CH - CH ₂ -CH ₃	Бутен-1 (н-бутен)	-185,4	-6,3
C ₄ H ₈	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-метилпропен (изобутен)	-140,4	-16,9
C ₄ H ₈	CH ₃ - CH = CH - CH ₃	бутен-2		
C ₅ H ₁₀	CH ₂ = CH -(CH ₂) ₂ -CH ₃	пентен-1	-165,2	30,5

Для алкенов характерна не только изомерия углеродной цепи (бутен-1 и 2-метилпропен), но и изомерия положения двойной связи (бутен-1 и бутен-2).

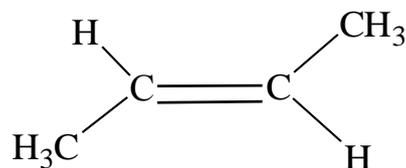
Кроме того, бутен-2 имеет два изомера, отличающиеся друг от друга пространственным размещением заместителей относительно двойной связи:



цис-2-бутен

$$t_{\text{кип.}} = 3,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{пл.}} = -138,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$



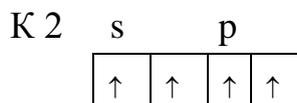
транс-2-бутен

$$t_{\text{кип.}} = 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{пл.}} = -105,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Существование подобных (геометрических) изомеров обусловлено особенностями двойных связей между атомами углерода. Эти связи являются неравноценными. Двойная углерод-углеродная связь включает σ - и π - составляющие.

Атом углерода в возбужденном состоянии имеет 4 валентных (неспаренных) электрона:



Один из них находится на 2s-подуровне и три на 2p-подуровне. При образовании молекулы этилена происходит смешивание одной 2s- и двух 2p-орбиталей – sp^2 -гибридизация (рис.3).

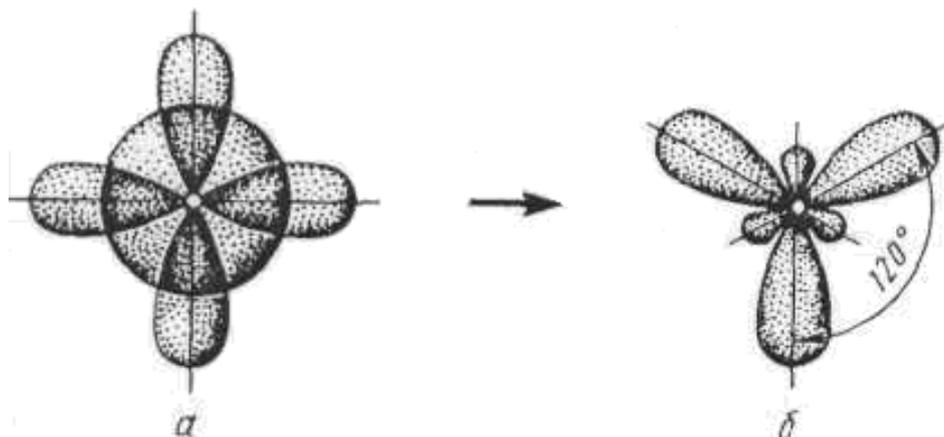


Рис. 3. sp^2 -гибридизация

Одна p-орбиталь остается «чистой» (негибридизированной). Три гибридных орбитали (деформированные восьмерки) каждого из атомов углерода в молекуле этилена участвуют в образовании трех σ -связей. Таким образом, в молекуле этилена 5 σ -связей (четыре C – H и одна C – C). Все они расположены в одной плоскости под углом 120° .

За счет перекрытия двух «чистых» (негибридизированных) p-орбиталей в плоскости, перпендикулярной той, в которой располагаются σ -связи, образуется одна π -связь (рис. 4). Для разрыва σ -связи необходимо затратить 348 кДж/моль, а для разрыва π -связи – 272 кДж/моль.

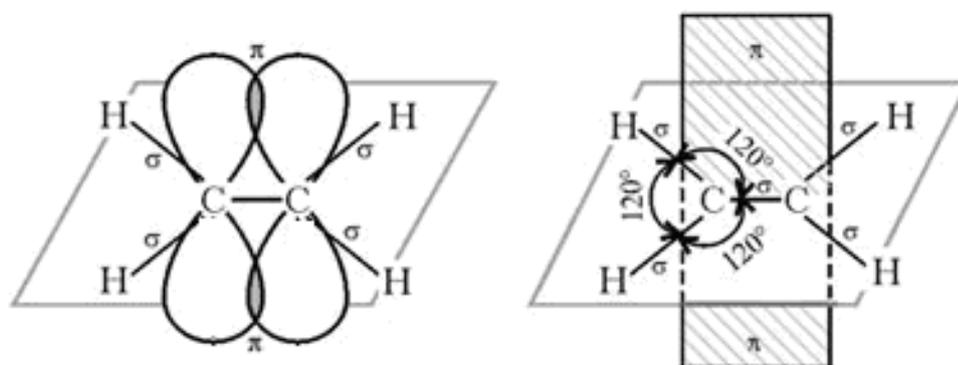


Рис. 4. Схема образования связей в молекуле этилена

Менее прочной оказывается π -связь, так как участки перекрытия р-облаков малы и не лежат на линии, соединяющей ядра атомов углерода (удалены на большое расстояние от центров ядер атомов). Этим объясняется высокая реакционная способность алкенов (непредельных УВ). Для них характерны реакции присоединения галогенов, водорода, кислорода и других элементов по месту разрыва кратных связей, а так же реакции полимеризации.

Углеводороды, содержащие две двойные связи, образуют гомологический ряд диолефинов (табл. 5). Их состав отвечает формуле C_nH_{2n-2} . Название – алкадиены.

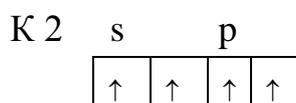
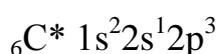
Таблица 5

Номенклатура и изомерия алкадиенов

Молек. формула	Сокращенная структурная формула	Название	Тип изомерии
C_3H_4	$CH_2 = C = CH_2$	пропадиен	Нет изомеров
C_4H_6	$CH_2 = C = CH - CH_3$	бутадиен-1,2	Изомерия положения двойных связей (кумулятивные связи)
C_4H_6	$CH_2 = CH - CH = CH_2$	бутадиен-1,3	Изомерия положения двойных связей (сопряженные связи)
C_5H_8	$CH_2 = C = CH - CH_2 - CH_3$	пентадиен-1,2	Изомерия положения двойных связей (кумулятивные связи)
C_5H_8	$CH_2 = CH - CH = CH - CH_3$	пентадиен-1,3	Изомерия положения двойных связей (сопряженные связи)
C_5H_8	$CH_2 = CH - CH_2 - CH = CH_2$	пентадиен-1,4	Изомерия положения двойных связей (изолированные связи)
C_5H_8	$H_2C = \underset{\begin{array}{c} \\ CH_3 \end{array}}{C} - CH = CH_2$	2-метил-бутадиен-1,3	Изомерия углеродной цепи.

Углеводороды с одной тройной связью образуют гомологический ряд ацетиленовых, отвечающих по составу формуле C_nH_{2n-2} ; общее название – алкины.

Атом углерода в возбужденном состоянии имеет 4 валентных (неспаренных) электрона:



Один из них находится на 2s-подуровне и три на 2p-подуровне.

При образовании молекулы ацетилена (этин) происходит смешивание (гибридизация) одной 2s- и одной 2p-орбиталей – sp-гибридизация (рис. 5).

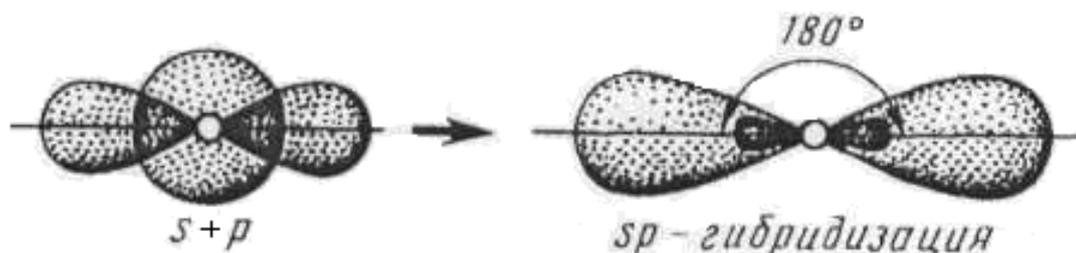


Рис. 5. sp-гибридизация

Две p-орбитали остаются негибридизированными и образуют две π-связи (рис.6):

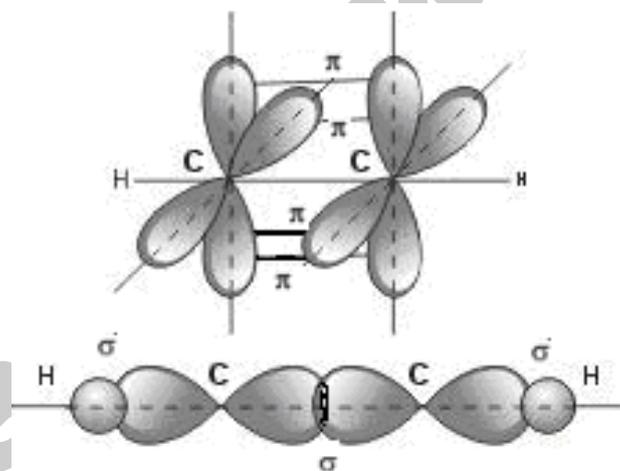


Рис.6. Схема образования молекулы ацетилена

Например: C_2H_2 или структурная формула $HC \equiv CH$ – этин (ацетилен); C_3H_4 или $HC \equiv C - CH_3$ – пропин и др.

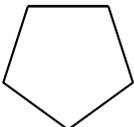
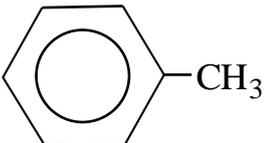
Для алкинов характерна изомерия положения кратной связи и изомерия углеродной цепи.

Карбоциклические углеводороды

Карбоциклические углеводороды подразделяются на две группы:
 а) алициклические (предельные и непредельные), б) ароматические.
 Наиболее прочны и распространены пяти- и шестичленные циклы (табл. б).

Таблица 6

Структура и номенклатура карбоциклических углеводородов

Молекулярная формула	Схематическая запись	Название	Группа
1	2	3	4
C_5H_{10}		циклопентан	Алициклические (предельные)
C_6H_{12}		циклогексан	алициклические (предельные)
C_5H_8		циклопентен	алициклические (непредельные)
C_6H_8		циклогексадиен-1,3	алициклические (непредельные)
C_6H_6		бензол	ароматические
C_7H_8		метилбензол (толуол)	ароматические

Алициклические соединения близки по свойствам к соединениям с открытой цепью.

Ароматические выделены в особую группу в связи с особенностями шестичленного цикла, содержащего три сопряженные двойные связи, или пятичленного с двумя сопряженными двойными связями. Такие соединения следовало бы отнести к непредельным, но они от последних сильно отличаются по свойствам. Так, бензол, отвечающий формуле C_6H_6 и содержащий три непредельных связи, в обычной среде не обесцвечивает бромную воду, то есть не вступает в реакции присоединения, характерные для непредельных соединений. Напротив, в присутствии катализаторов бензол и его производные более склонны к реакциям замещения, свойственным предельным углеводородам.

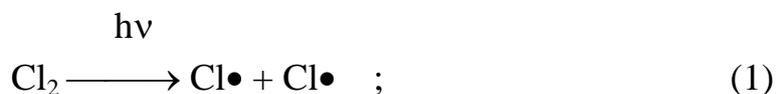
Химические свойства алканов

Для алканов характерны два основных типа химических реакций:

- реакции **замещения** водорода с разрывом **С-Н**-связи;
- реакции **отщепления (элиминирования)** с разрывом **С-Н**- или **С-С**-связей.

Реакции *замещения* легче протекают при участии в них третичного углеродного атома и значительно труднее – первичного атома углерода. Энергия связи **С-Н** для третичного атома углерода составляет 370 кДж/моль; для вторичного атома углерода – 390 кДж/моль; для первичного атома углерода – 420 кДж/моль.

Реакция галогенирования относится к реакциям замещения и протекает по радикальному механизму под действием света или повышенной температуры:



Смесь хлора и метана взрывоопасна. Совместное хранение баллонов хлора и метана (а также других углеводородов и водорода) не допускается.

Реакция нитрования протекает при взаимодействии азотной кислоты и алканов. Причем при нормальной температуре азотная кислота

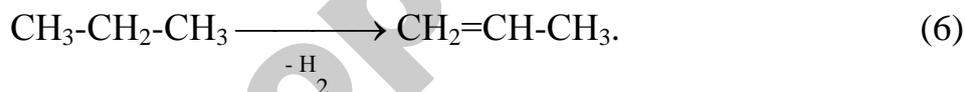
не взаимодействует с алканами, при нагревании – реагирует как окислитель. Только разбавленная азотная кислота при повышенной температуре и давлении взаимодействует с алканами с образованием нитросоединений (**реакция Коновалова**):



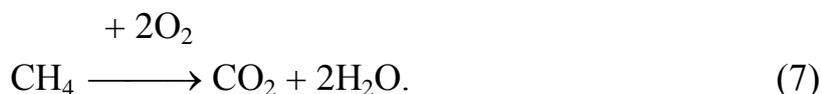
Реакция сульфирования происходит при взаимодействии алканов с серной кислотой. При нормальных условиях алканы устойчивы к действию серной кислоты. При высокой температуре они окисляются серной кислотой до CO_2 и H_2O . При слабом нагревании серная кислота взаимодействует с алканами с образованием сульфокислот:



Реакции *отщепления* протекают с разрывом связи **С-Н** или связи **С-С**. Реакция отщепления водорода называется **реакцией дегидрирования**. При отщеплении атомов водорода от соседних углеродных атомов образуются непредельные соединения:



Разрыв **С-С**-связи происходит в молекулах алканов при реакции окисления и термokatалитическом разложении – **крекинге**. Реакции **окисления** широко используются в промышленности для получения различных кислородсодержащих органических соединений. Конечными продуктами окисления являются CO_2 и H_2O :



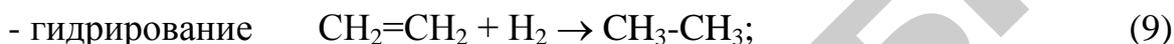
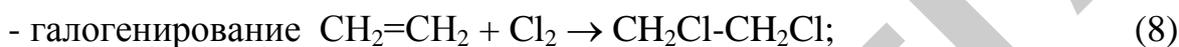
Смесь метана с кислородом взрывоопасна. В связи с этим необходимо постоянно контролировать состав воздуха на производствах, где возможна утечка метана, в шахтах и т.д. При повышенных температуре и давлении в присутствии катализатора алканы расщепляются и образуют соединения с меньшим числом углеродных атомов. Этот процесс используется при переработке нефти.

Химические свойства алкенов

Химические свойства алкенов определяются характером двойной связи, которая легко разрывается при химических реакциях. Энергия связи С-С составляет 348 кДж/моль, энергия С=С-связи – 620 кДж/моль. Для разрыва σ -связи необходимо затратить 348 кДж/моль, а для разрыва π -связи – 272 кДж/моль.

Для алкенов характерны реакции *присоединения, полимеризации и окисления*.

Реакции присоединения:

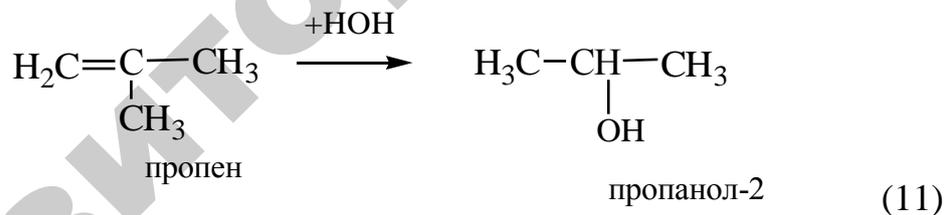


- присоединение галогеноводородов

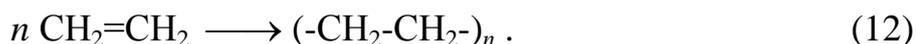


Реакции присоединения галогеноводородов, воды и других реагентов с подвижным атомом водорода к несимметричным алкенам происходит согласно **правила Марковникова**: *водород присоединяется к наиболее гидrogenизированному (связанному с наибольшим числом атомов водорода) углеродному атому при двойной связи*.

Например,



Для алкенов характерна реакция *полимеризации*. Например, этилен может принимать участие в реакции полимеризации с образованием высокомолекулярного соединения – полиэтилена:



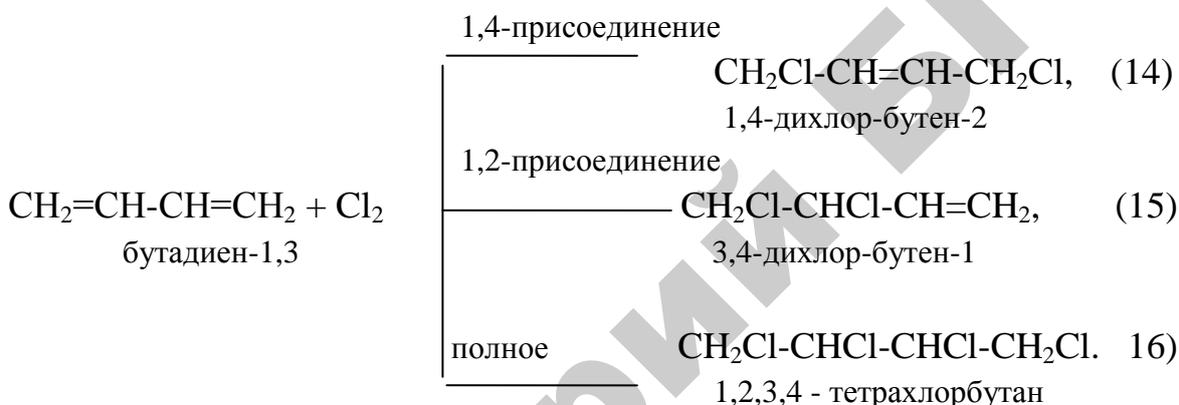
При горении алкенов – процессе энергичного и полного *окисления* углеводородов на воздухе – образуются углекислый газ и вода:



Химические свойства алкадиенов

Отличительной особенностью алкадиенов является наличие в их составе двух двойных связей. Присутствие нескольких кратных связей обуславливает высокую реакционную способность алкадиенов, простейшим представителем которых является бутадиен-1,3. Для бутадиена, как и для всех алкадиенов-1,3 характерны реакции присоединения и полимеризации.

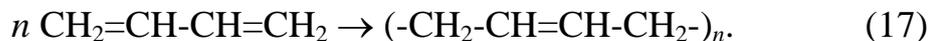
В качестве примера реакции, протекающей по типу присоединения, можно рассмотреть галогенирование (хлорирование) бутадиена:



Присоединение водорода и галогеноводородов происходит по такому же механизму.

Реакции *полимеризации*.

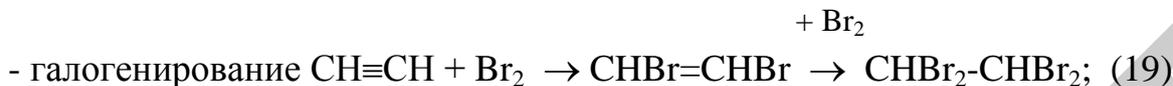
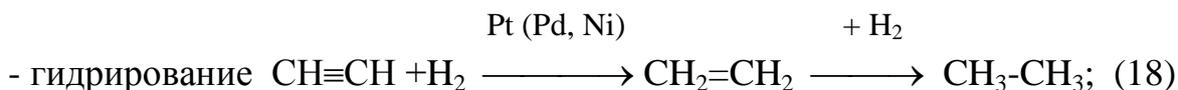
Полимеризация алкадиенов осуществляется каталитически. При полимеризации бутадиена получается бутадиеновый (дивиниловый) каучук, имеющий в своем составе кратную связь:



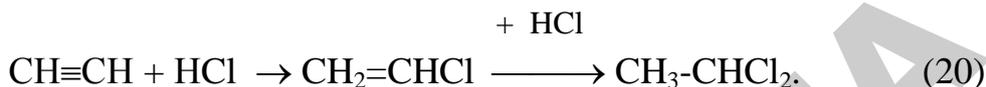
Химические свойства алкинов

Отличительная особенность алкинов (гомологов ацетилена) – наличие тройной связи. Характерными реакциями для гомологического ряда алкинов являются реакции *присоединения, замещения, полимеризации и окисления*.

Реакции присоединения:



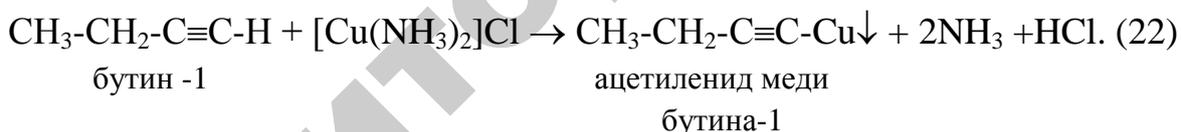
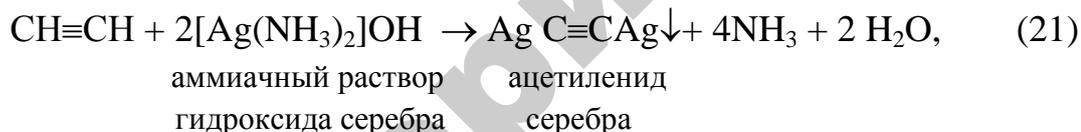
- присоединение галогеноводородов



Вторая молекула хлороводорода присоединяется в соответствии с правилом Марковникова.

Реакции замещения.

Связь **C-H** в ацетилене более полярна, чем в этилене и этане, и водород в ацетилене способен замещаться на металл. При этом образуются металлические производные – ацетилениды, обладающие высокой взрывоопасностью:



Последняя реакция является качественной на концевую тройную связь. В результате ее протекания образуется легко идентифицируемый вишнево-красный осадок ацетиленида меди.

Реакции *окисления*.

Если окисление алкинов проводить в присутствии окисляющих агентов, то продуктами таких реакций могут быть самые различные вещества: спирты, альдегиды, кетоны, кислоты, пероксосоединения и т.п. как непредельные, так и предельные. Разнообразие получаемых соединений обусловило широкое использование ацетилена и его гомологов в органическом синтезе. При горении ацетилена в кислороде температура пламени достигает 3000 °С:



Ацетиленовое пламя широко используется для сварки и резки металлов.

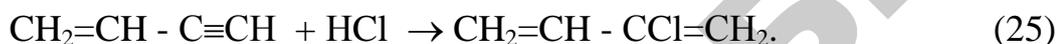
Реакции полимеризации

В присутствии катализатора алкины могут реагировать друг с другом, причем состав продуктов зависит от условий проведения реакции:

а) под действием водного раствора хлорида меди (I) и хлорида аммония ацетилен димеризуется с образованием винилацетилена:



Винилацетилен, присоединяя хлористый водород, образует хлоропрен:



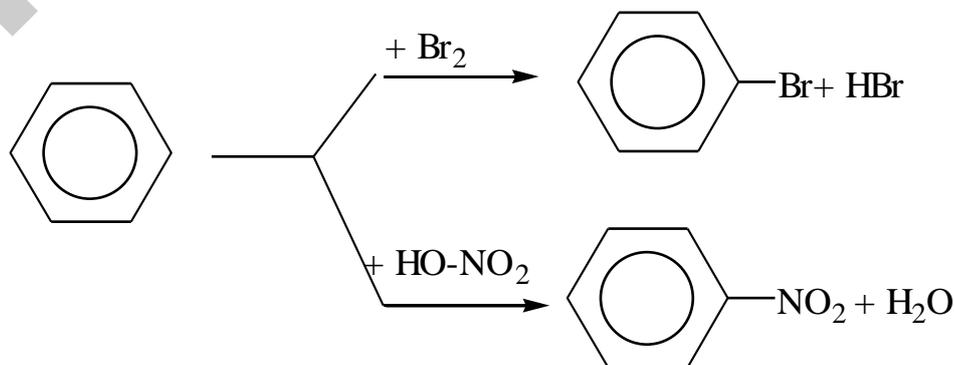
) при пропускании ацетилена над активированным углем при 600 °С образуется бензол (**реакция Зелинского-Казанского**):



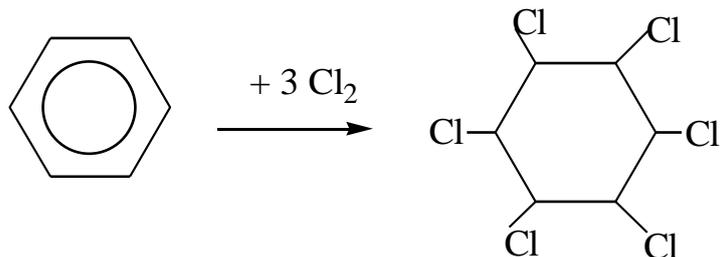
Химические свойства ароматических углеводородов

Свойства ароматических соединений определяются прежде всего наличием у них относительно устойчивого бензольного кольца. Несмотря на неопределенность по составу, в отличие от непредельных соединений с этиленовыми двойными связями, бензол устойчив к действию окислителей. Реакции присоединения для бензола не характерны, хотя и возможны, протекают с образованием предельных циклических продуктов. для бензола и всех ароматических соединений характерными являются реакции замещения в бензольном ядре.

Реакции замещения:



Реакции присоединения:



бензол

гексахлорциклогексан.

Реакции *окисления*: бензол устойчив к действию окислителей, гомологи бензола окисляются в жестких условиях и при окислении образуют ароматические кислоты.

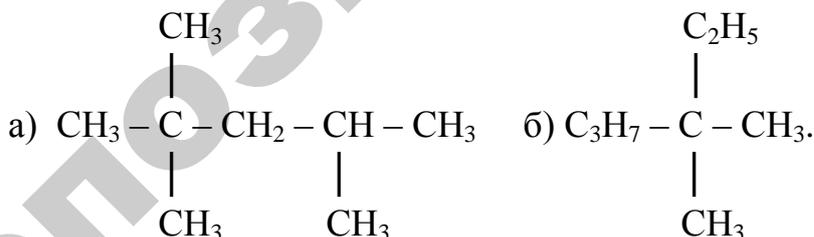
Реакция *горения*: бензол горит сильно коптящим пламенем вследствие большого относительного содержания углерода в молекуле.



Задания предлабораторного контроля

1. Написать формулы веществ по их названиям: а) 2,4-диметилгексан; б) 2,4,4-триметилгептан; в) 2,2,5-триметил-3,3-дихлоргексан.

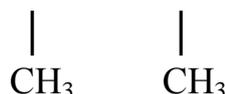
2. Назвать следующие вещества:



3. Химическое название фреона-114, используемого в качестве хладагента в домашних холодильниках, – тетрафтордихлорэтан. Написать структурную формулу этого соединения, зная, что атомы фтора распределены в молекуле этого соединения симметрично. Имеет ли это соединение изомеры?

4. Эффективным средством борьбы с огнем является тетрафтордибромэтан, в молекуле которого атомы галогенов распределены симметрично относительно атомов углерода. Написать структурную формулу этого соединения и его возможных изомеров.

5. Назвать следующие соединения: а) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$; б) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$; в) $\text{CH}_3 - \text{C} = \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$.



6. Эффективным средством борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений является гексахлорбутадиен – продукт замещения хлором всех атомов водорода молекулы бутадиена. Записать структурную формулу этого соединения.

7. Классифицировать следующие соединения: а) C_6H_6 ; б) C_6H_{12} ; в) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$; г) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{COOH}$; д) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$;

10. Назвать приведенные соединения:

а) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$; б) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$; в) $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3$.

Указать изомеры.



11. Написать структурные формулы возможных изомеров, соответствующих формуле C_5H_{10} , и назвать их.

12. Написать структурные формулы возможных изомеров, соответствующих формуле C_6H_{12} , и назвать их.

13. Написать структурные формулы возможных изомеров гексана C_6H_{14} .

14. В качестве окислителя топлива применяют производное метана – тетранитрометан. К какому классу соединений он относится? Составить структурную формулу этого соединения.

15. Какие из веществ являются гомологами пентена: а) C_2H_4 ; б) C_3H_8 ; в) $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$; г) C_6H_6 ? Записать структурные формулы приведенных соединений.

16. Какие из углеводородов относятся к гомологическому ряду алкинов: а) C_7H_{14} ; б) C_2H_2 ; в) C_8H_{18} ; г) C_6H_6 ; д) $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$? Записать структурные формулы приведенных соединений.

17. К каким гомологическим рядам и классам относятся следующие соединения: а) CH_4 ; б) C_2H_4 ; в) $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$; г) C_6H_6 .

Назвать эти соединения.

18. Какому гомологическому ряду соответствует формула C_nH_{2n} ?
Написать структурные формулы первых пяти членов этого гомологического ряда и назвать их.

19. Каким гомологическим рядом соответствует формула C_nH_{2n-2} ?
Написать структурные формулы первых четырех членов.

Лабораторная работа «Получение и физико-химические свойства углеводородов»

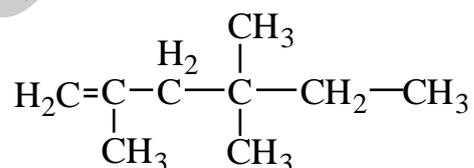
Цели работы:

1. Получить этилен и исследовать физико-химических свойства непредельных углеводородов на его примере.
2. Изучить физико-химические свойства ароматических углеводородов на примере бензола.

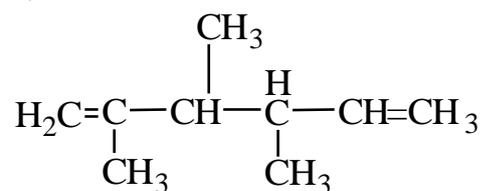
Контрольные вопросы:

1. Чем отличаются органические соединения от неорганических?
2. Какие вещества называют изомерами?
3. Написать структурные формулы всех возможных изомеров пентана и назвать их.
4. Основные положения теории строения органических веществ А.М. Бутлерова.
5. Основные гомологические ряды углеводородов, общая формула и характеристика каждого из них.
6. Химические свойства алканов.
7. Химические свойства алкенов.
8. Химические свойства алкадиенов.
9. Химические свойства алкинов.
10. Химические свойства ароматических углеводородов.
11. Назовите следующие соединения по систематической номенклатуре:

а)



б)



Экспериментальная часть

Опыт 1. Получение этилена (непредельный углеводород) и исследование его свойств

Выполнение опыта

1.1. Получение этилена

В пробирку налить 1 см³ этилового спирта и осторожно прилить 3 см³ концентрированной серной кислоты. Добавить несколько крупинок оксида алюминия (катализатор). **Осторожно!** Смесь, попадая на кожу, вызывает долго незаживающие ожоги, а, попадая на одежду, разрушает ее. Чтобы кипение смеси было равномерным, необходимо добавить в пробирку центры кипения – песок или битый фарфор. Закрывать пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепить наклонно в зажиме штатива (рис. 6). Смесь осторожно нагреть. Не допускать выброса смеси из пробирки.

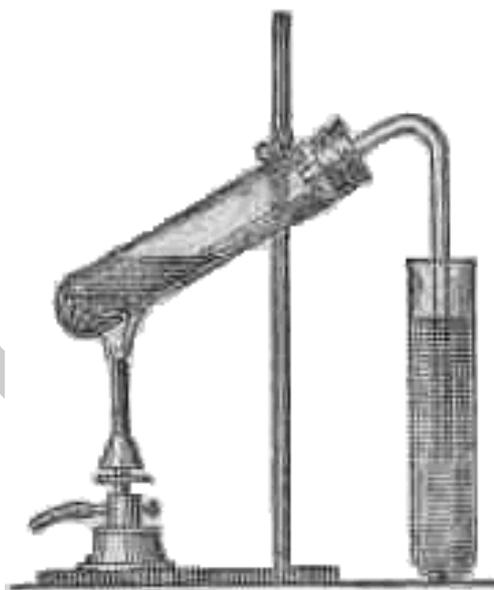


Рис. 6. Схема лабораторной установки

1.2. Открытие кратной связи реакцией с бромной водой

В небольшую пробирку налить 1 – 2 см³ бромной воды – 1 % раствора брома. Когда начнется реакция получения этилена, конец газоот-

водной трубки опустить в пробирку и пропустить выделяющийся газ через раствор с бромной водой. Наблюдать происходящие изменения. При наличии в веществе кратной связи бромная вода обесцвечивается (реакция присоединения).

1.3. Горение этилена

Не прекращая нагревания пробирки со смесью спирта и кислоты, газоотводную трубку повернуть вверх и зажечь выделяющийся газ. Отметить: светящимся или несветящимся пламенем от горит?

Внимание! После окончания опыта пробирка со смесью должна охладиться. Смесью вылить в специальный сосуд.

Наблюдения и выводы

Объяснить, что происходит: 1) при нагревании пробирки со смесью спирта и кислоты, 2) в пробирке с бромной водой при пропускании газа?

Написать уравнения реакций получения, отношения его к брому, горения. На основании наблюдений сделать вывод о физических и химических свойствах этилена.

Опыт 2. Изучение физико-химических свойств ароматических углеводов на примере бензола.

2.1. Растворимость бензола

Выполнение опыта

Налить в одну пробирку 1 – 2 см³ воды, в другую – 1 – 2 см³ этилового спирта. В обе пробирки добавить равное количество капель бензола. Встряхнуть их.

Наблюдения и выводы

Что наблюдалось в пробирках? Сделать вывод о растворимости бензола.

2.2. Горение бензола

Выполнение опыта

Смочить кусочек фильтровальной бумаги бензолом и, взяв его щипцами, поджечь. Затем для сравнения зажечь кусочек бумаги без бензола.

Наблюдения и выводы

Объяснить, почему бензол горит коптящим пламенем? Написать уравнение реакции горения бензола.

2.3. Бромирование бензола

Выполнение опыта

а) в пробирку с 1 – 2 см³ бензола прилить 1 – 2 см³ раствора брома в четыреххлористом углероде и добавить немного железных опилок (катализатор).

При нагревании смеси на водяной бане до начала кипения происходит заметное выделение бромоводорода. Последний можно обнаружить по изменению цвета влажной лакмусовой бумажки, внесенной в пробирку.

б) в пробирку налить 0,5 – 1 см³ бензола и добавить столько же бромной воды. Энергично ее встряхнуть и дать ей отстояться.

Что наблюдается в обеих пробирках.

Наблюдения и выводы

1) на какой процесс указывает выделение бромоводорода в первой пробирке? Написать уравнение соответствующей реакции;

2) почему не изменяется окраска бензола во второй пробирке при добавлении бромной воды?

ЛИТЕРАТУРА

1. *Полушкина, С.И.* Общая характеристика химических элементов и их соединений : учебный модуль по дисциплине «Общая химия» / С.И.Полушкина. – Минск: БГАТУ, 2007. – 91 с.
2. *Бутылина, И.Б.* Общая и специальная химия. Лабораторный практикум: Учебное пособие /Бутылина И.Б., Врублевский А.В., Котов Г.В. – Минск.: УП «Донарит», 2002. –116 с.
3. *Бутылина, И.Б.* Органическая химия. Лабораторный практикум. Ч. I. Аليفатические углеводороды / Бутылина И.Б., Кобяшева С.В. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2006. –47 с.
4. *Щербина, А.Э.* Органическая химия. Реакционная способность основных классов органических соединений / Щербина А.Э. и [др.]. – Минск: БГТУ, 2000. - 624 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	5
Задания предлабораторного контроля.....	31
Лабораторная работа «получение и физико-химические свойства углеводов».....	33
ЛИТЕРАТУРА.....	37

ДЛЯ ЗАМЕТОК

РЕПОЗИТОРИЙ БГАТУ

Учебное издание

Бутылина Ирина Брониславовна, **Полушкина** Светлана Ивановна

ПОЛУЧЕНИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДОВ

Методические указания

Ответственный за выпуск *С.М. Арабей*
Компьютерная верстка *Н.А. Антипович*

Подписано в печать 06.12.2010. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,81. Тираж 30 экз. Заказ 1093.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»

ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.

ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.

Пр. Независимости, 99-2, 220023, г. Минск