

Химия

Учебник



10





Azərbaycan Respublikasının Dövlət Himni

*Musiqisi Üzeyir Hacıbəylinin,
sözləri Əhməd Cavadındır.*

Azərbaycan! Azərbaycan!
Ey qəhrəman övladın şanlı Vətəni!
Səndən ötrü can verməyə cümlə hazırız!
Səndən ötrü qan tökməyə cümlə qadırız!
Üçrəngli bayrağınla məsud yaşa!
Minlərlə can qurban oldu!
Sinən hərbə meydan oldu!
Hüququndan keçən əsgər,
Hərə bir qəhrəman oldu!

Sən olasan gülüstan,
Sənə hər an can qurban!
Sənə min bir məhəbbət
Sinəmdə tutmuş məkan!

Namusunu hifz etməyə,
Bayrağını yüksəltməyə
Cümlə gənclər müştəqdir!
Şanlı Vətən! Şanlı Vətən!
Azərbaycan! Azərbaycan!



ГЕЙДАР АЛИЕВ
ОБЩЕНАЦИОНАЛЬНЫЙ ЛИДЕР
АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО НАРОДА

Сахиль Гамидов
Фатали Гусейнов
Эльшад Абдуллаев

Химия

10

УЧЕБНИК

*по предмету Химия для 10-го класса
общеобразовательных школ*

Замечания и предложения, связанные с этим изданием,
просим отправлять на электронные адреса:
info@eastwest.az и derslik@edu.gov.az.
Заранее благодарим за сотрудничество!



ŞƏRQ-QƏRB
BAKİ 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

I РАЗДЕЛ

Строение оксидов, оснований, кислот и солей

Тема 1.1. Строение оксидов	7
Тема 1.2. Строение кислот и оснований	13
Тема 1.3. Влияние строения кислот и оснований на их свойства	17
Тема 1.4. Строение солей. Влияние строения солей на их свойства	23

II РАЗДЕЛ

Предельные алифатические углеводороды

Тема 2.1. Гомологический ряд алканов, электронные и графические формулы их молекул.....	30
Тема 2.2. Пространственное строение молекул алканов.....	34
Тема 2.3. Изомерия алканов	39
Тема 2.4. Номенклатура алканов.....	45
Тема 2.5. Нахождение в природе и способы получения алканов	51
Тема 2.6. Физические и химические свойства алканов	56
Практическая работа №1: Определение качественного состава углеводородов	65

III РАЗДЕЛ

Непредельные алифатические углеводороды

Тема 3.1. Гомологический ряд алкенов, электронные и графические формулы их молекул.....	67
Тема 3.2. Пространственное строение молекул алкенов.....	70
Тема 3.3. Номенклатура алкенов.....	75
Тема 3.4. Изомерия алкенов	80
Тема 3.5. Получение алкенов	86
Тема 3.6. Физические и химические свойства алкенов	91
Тема 3.7. Гомологический ряд алкадиенов, графические формулы и пространственное строение их молекул	102
Тема 3.8. Номенклатура и изомерия алкадиенов.....	106
Тема 3.9. Получение и физические свойства алкадиенов	111
Тема 3.10. Химические свойства алкадиенов.....	115
Тема 3.11. Гомологический ряд алкинов, графические формулы и пространственное строение их молекул	122
Тема 3.12. Номенклатура и изомерия алкинов	125
Тема 3.13. Получение и физические свойства алкинов.....	130

Тема 3.14. Химические свойства алкинов	133
Практическая работа №2: Изучение химического состава каучука и резины	140

IV РАЗДЕЛ

Циклические углеводороды

Тема 4.1. Гомологический ряд циклоалканов, графические формулы и пространственное строение их молекул	142
Тема 4.2. Номенклатура и изомерия циклоалканов	146
Тема 4.3. Получение и физические свойства циклоалканов.....	151
Тема 4.4. Химические свойства циклоалканов	155
Тема 4.5. Ароматические углеводороды. Пространственное строение молекулы бензола	160
Тема 4.6. Номенклатура и изомерия гомологов бензола	164
Тема 4.7. Получение и физические свойства углеводородов ряда бензола.....	168
Тема 4.8. Химические свойства углеводородов ряда бензола	173
Тема 4.9. Стирол.....	178
Практическая работа № 3: Получение и химические свойства бензола.	182

V РАЗДЕЛ

Природные источники углеводородов

Тема 5.1. Общие сведения о природных источниках углеводородов.....	184
Тема 5.2. Нефть и ее первичная переработка	186
Тема 5.3. Повторная переработка нефтепродуктов.....	190
Тема 5.4. Качество и применение нефтепродуктов	193
Тема 5.5. Каменный уголь и его переработка.....	195
Термины и химические понятия.....	196
Список использованной литературы.....	200



I РАЗДЕЛ

СТРОЕНИЕ ОКСИДОВ, ОСНОВАНИЙ, КИСЛОТ И СОЛЕЙ

Тема 1.1. Строение оксидов

Тема 1.2. Строение кислот и оснований

Тема 1.3. Влияние строения кислот и оснований на их свойства

Тема 1.4. Строение солей. Влияние строения солей на их свойства

ТЕМА 1.1. Строение оксидов



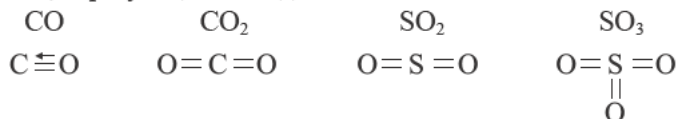
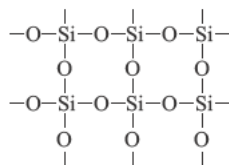
Можно ли на основе состава вещества определять последовательность соединения атомов в молекулах? В какой последовательности соединяются атомы в молекулах CO_2 , SO_3 , P_2O_5 ? На что следует обратить внимание во время соединения атомов между собой?

Оксиды, образованные атомами неметаллов, в основном вещества молекулярного строения. По этой причине они обладают низкой температурой плавления и кипения. Оксиды, образованные атомами неметаллов, в обычных условиях – это в основном газы, жидкости, а также легкоплавкие твёрдые вещества. При составлении графических формул их молекул надо учитывать то, что число связей, образованных между атомами кислорода и неметалла, должно соответствовать валентности неметалла, образующего оксид.

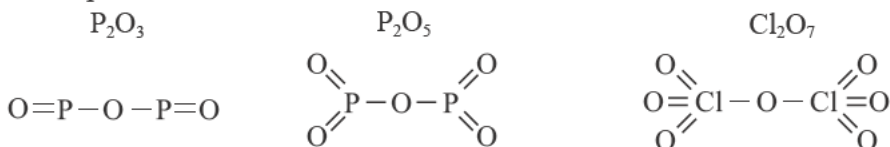


Вспомним

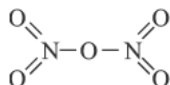
Диоксид кремния – вещество немолекулярного строения (в твёрдом состоянии вещество с атомной кристаллической решёткой). Его графическая формула выражается следующим образом:



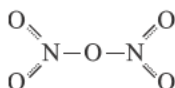
Если молекула оксида содержит два атома неметалла, то эти атомы соединяются между собой посредством атома кислорода. Далее каждый атом неметалла соединяется с определённым числом атомов кислорода. Например, составим графические формулы оксидов фосфора (на основе простых формул) и гептаоксида дихлора.



При составлении графических формул оксидов азота не пользуются соответствующими правилами. Например, согласно правилам для N_2O_5 следует составить графическую формулу, которая показана ниже.



Однако в соединениях азот не проявляет валентность V и эта графическая формула неправильная. В молекуле N_2O_5 между каждым атомом азота и двумя атомами кислорода образуется не две π -связи, а трёхцентровая делокализованная связь, и графическая формула имеет вид, показанный ниже.



В N_2O_5 валентность азота равна IV, а степень окисления +5.



Деятельность

Составы веществ CO_2 и SO_2 похожи (XO_2). Графические формулы составляются тоже похожими.



Однако, шаростержневые модели, полностью отражающие истинные формы этих молекул, отличаются.

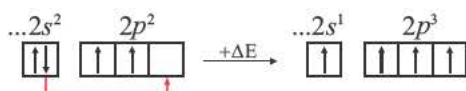


Как можно объяснить разницу в строении молекул CO_2 и SO_2 ?

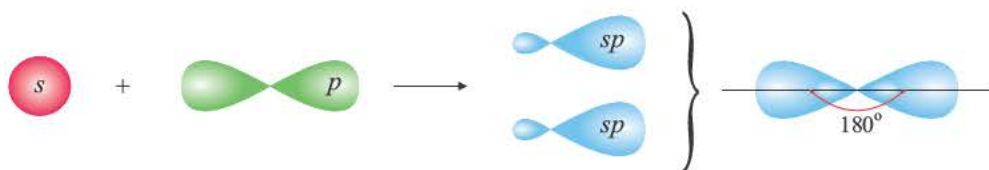
Как можно связать эту разницу с электронным строением атомов углерода и серы?

Иногда графические формулы веществ не правильно отражают их пространственные формы. Геометрические формы молекул зависят от направления электронных орбиталей в пространстве. Рассмотрим образование молекул на примерах веществ CO_2 , SO_2 и SO_3 .

При образовании молекулы CO_2 атом углерода возбуждается.



Одна s и одна p орбитали возбуждённого атома углерода, которые образуются электронами последнего энергетического уровня, подвергаются гибридизации и образуют 2 sp гибридные орбитали. В пространстве эти гибридные орбитали располагаются под углом 180° (линейная форма).



Гибридные орбитали, перекрываясь с p орбиталями атома кислорода, образуют две σ -связи. Две p орбитали атома углерода, не участвующие в гибридизации, перекрываются с p орбиталями атома кислорода, образуя две π -связи. Электронная формула и шаростержневая модель молекулы CO_2 показаны ниже.

Электронная формула CO_2	Шаростержневая модель CO_2
$\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}=\text{C}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$	

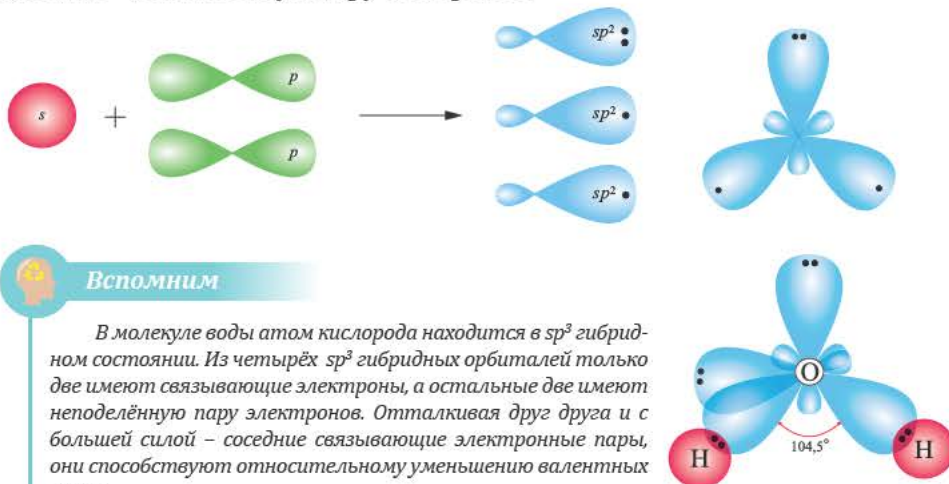
По направлению sp гибридных орбиталей в пространстве, видно, что молекула CO_2 имеет *линейное строение*. Если углы между гибридными орбиталями, образующими связи, равны, то молекула будет *симметричной*. В симметричной

молекуле из-за равномерного распределения электронной плотности молекула становится *неполярной молекулой*. Из-за симметричности CO_2 его молекула неполярная.

При образовании молекулы SO_2 атом серы имеет нижепоказанную электронную формулу:



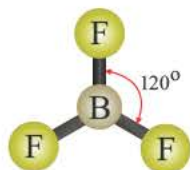
Одна s и две p орбитали, образованные электронами наружного слоя атома серы, подвергаются гибридизации и образуют три sp^2 гибридные орбитали. Однако образованные две гибридные орбитали имеют связывающие электроны, а одна – неподелённую пару электронов.



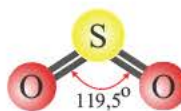
Вспомним

В молекуле воды атом кислорода находится в sp^3 гибридном состоянии. Из четырёх sp^3 гибридных орбиталей только две имеют связывающие электроны, а остальные две имеют неподелённую пару электронов. Отталкивая друг друга и с большей силой – соседние связывающие электронные пары, они способствуют относительно уменьшению валентных углов.

За счёт связывающих электронов атом серы образует две σ -связи с атомами кислорода. За счёт двух орбиталей (одна p и одна d), не принявших участия в гибридизации, и p орбиталей атомов кислорода образуются две π -связи. Как и в молекуле воды, гибридные орбитали с неподелённой парой электронов сильно отталкивают другие гибридные орбитали и сужают валентный угол, поэтому он не равен 120° как в молекуле BF_3 (в молекуле BF_3 атом бора находится в sp^2 гибридном состоянии), а равен $119,5^\circ$.



Шаростержневая
модель молекулы BF_3



Шаростержневая
модель молекулы SO_2

Если углы между гибридными орбиталями, образующими связи, не равны, то молекула будет *несимметричной*. В несимметричной молекуле из-за неравномерного распределения электронной плотности молекула становится *полярной*. Из-за несимметричности SO_2 его молекула полярная.

При образовании молекулы SO_3 электронная формула атома серы принимает следующий вид:



Одна s и две p орбитали, образованные электронами наружного слоя атома серы, подвергаясь гибридизации, образуют три sp^2 орбитали. Ни одна из орбиталей не имеет неподелённой пары электронов. За счёт этих орбиталей атом серы образует с атомами кислорода три σ -связи, а за счёт трёх орбиталей атома серы (одна p и две d), не участвующих в гибридизации, и p орбиталей атомов кислорода образуются три π -связи. Углы между гибридными облаками, как в молекуле BF_3 , равны 120° .



Шаростержневая модель молекулы SO_3

В отличие от молекулы SO_2 молекула SO_3 не имеет неподелённых электронных пар. По этой причине молекула SO_3 симметричная и неполярная.

Оксиды, образованные атомами металлов, имеют немолекулярное строение. В отличие от оксидов, образованных атомами неметаллов, они обладают высокой температурой плавления и кипения. Все оксиды, образованные атомами металлов, в обычных условиях твёрдые вещества. И для этих оксидов можно условно написать графические формулы по правилам, которые применяются для оксидов неметаллов. Например, графические формулы оксидов калия, кальция и алюминия можно представить в таком виде:



Что вы изучили?

В молекуле CO_2 атом углерода находится в гибридном состоянии и поэтому валентные углы составляют 180° , а молекула

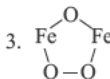
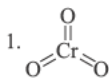
А в молекуле SO_2 атом серы находится в гибридном состоянии. Молекула имеет угловое строение, и из-за неравномерного распределения электронной плотности молекула

sp^2 гибрид ; sp гибрид ; полярная ; неполярная



Проверьте изученное

1 Графические формулы каких оксидов даны правильно?



A) только 1

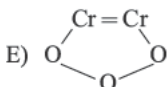
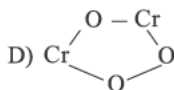
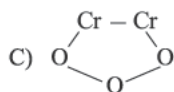
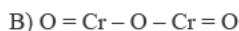
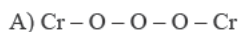
B) только 2

C) только 3

D) 1, 2

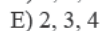
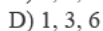
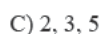
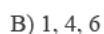
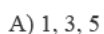
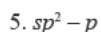
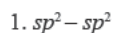
E) 2, 3

2 В каком случае правильно дана графическая формула Cr_2O_3 ?



3 CO_2 и SiO_2 имеют схожий состав. Почему CO_2 при обычных условиях газообразное вещество, а SiO_2 твёрдое вещество с высокой температурой плавления?

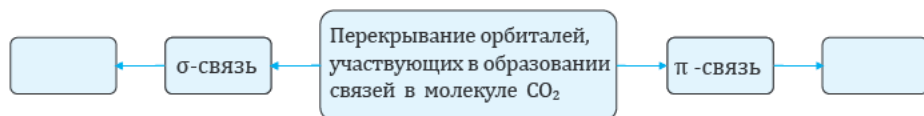
4 Перекрыванием каких орбиталей образованы химические связи в молекуле SO_3 ?



5 Определите число σ -связей, находящихся в молекуле гептаоксида дихлора?

6 Зная, что в молекуле Cl_2O_2 содержится 6 σ -связей, определите x и составьте графическую формулу оксида.

7 Завершите схему.



8 Определите соответствие.

Оксид

Число π -связей в молекуле



9 Составьте графическую формулу оксида марганца (VII) .

10 Впишите оксиды в пустые ячейки схемы.



11 Сравните строение молекул SO_2 и H_2O . Какими схожими и отличительными особенностями обладают эти молекулы?

12 Сравните графические формулы оксида свинца (IV) (PbO_2) и пероксида бария (BaO_2). Чем отличаются графические формулы пероксидов от графических формул оксидов?



Домашнее задание

Завершая таблицу, обобщите сведения о важных химических свойствах оксидов.

Вещества, вступающие в реакцию		Условия протекания реакций (В каком состоянии и при каких условиях протекает реакция?)	Примеры
основный оксид	вода		
кислотный оксид	вода		
основный оксид	кислотный оксид		
основный оксид	кислота		
кислотный оксид	основание		
амфотерный оксид	основание		
амфотерный оксид	кислота		

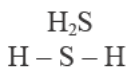
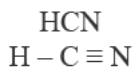
Тема 1.2. Строение кислот и оснований



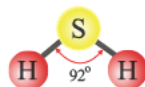
Из курса 8-го класса вам известно, что число ковалентных связей в молекулах неорганических кислот равно сумме основности кислот и валентности элементов, образующих кислоты. Например, в H_2SO_4 валентность серы VI, а основность кислоты равна двум. Значит, число ковалентных связей равно $6+2=8$.

Как по данному правилу можно объяснить строение молекул кислот?

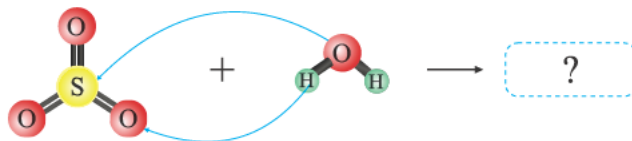
Кислоты, в основном, вещества молекулярного строения. При составлении графических формул бескислородных кислот надо учитывать то, что атомы водорода непосредственно соединяются с атомом кислотообразующего неметалла.



В молекуле H_2S угол между связями 92° , из-за несимметричности молекула является полярной.



Деятельность

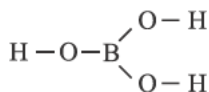


Напишите графическую формулу серной кислоты, основываясь на условном механизме реакции.

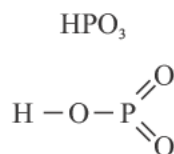
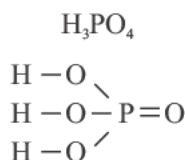
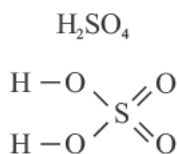
По тому же правилу, моделируя механизмы реакций $\text{P}_2\text{O}_5 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ и $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$, составьте графические формулы пиррофосфорной кислоты и гидроксида кальция.

Составьте правила для написания графических формул кислот и оснований.

При составлении графических формул кислородосодержащих кислот надо учитывать то, что каждый атом водорода соединяется с атомом кислорода, а он в свою очередь соединяется с кислотообразующим атомом. Например, графическая формула борной кислоты (H_3BO_3) можно изобразить в следующем виде:



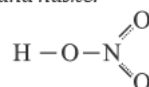
Если в молекуле неорганической кислоты число атомов кислорода больше числа атомов водорода, то не связанные с водородом атомы кислорода присоединяются при помощи двойной связи к кислотообразующему атому (H_3PO_3 и H_3PO_2 исключение).



Если в молекуле неорганической кислоты содержатся два атома кислотообразующего элемента, то при составлении их формул эти атомы соединяют посредством атома кислорода. Далее, к каждому кислотообразующему атому присоединяют соответствующее количество других атомов кислорода и OH групп. Например, графическую формулу пиродифосфорной кислоты составляют в такой последовательности:



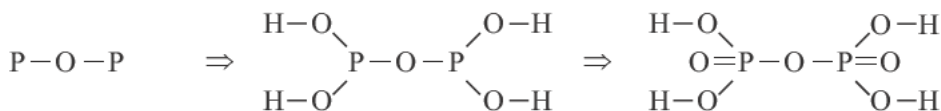
В молекуле азотной кислоты, как и в молекуле N_2O_5 , между каждым атомом азота и двумя атомами кислорода образуется трёхцентровая делокализованная связь, и графическая формула её молекулы показана ниже:



В молекуле кислоты атомы фосфора соединяют посредством кислородного атома

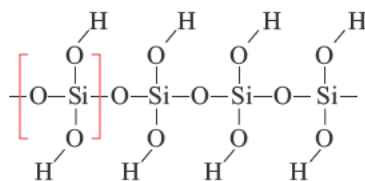
Молекула кислоты содержит 4 атома водорода - к каждому атому фосфора присоединяют по две OH группы

Два оставшихся атома кислорода в молекуле присоединяют при помощи двойной связи к каждому атому фосфора

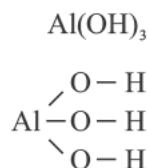
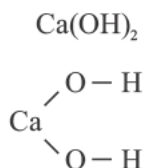
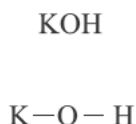


Вспомним

Графическая формула метакремневой кислоты не подчиняется правилам строения кислот. Её состав выражают условно формулой H_2SiO_3 .



Как и оксиды, образованные атомами металлов, основания – вещества немолекулярного строения. Поэтому графические формулы оснований пишут условно. В этом случае каждый атом водорода соединяют с атомом кислорода, а его в свою очередь соединяют с атомом металла, образующего основание.





Что вы изучили?

Кислоты – в основном, вещества строения, а основания – вещества строения.

В молекулах оснований существуют и и

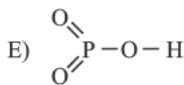
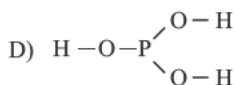
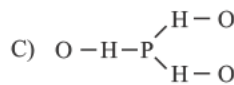
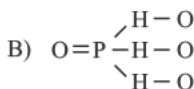
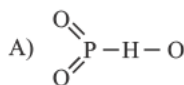
В молекуле $H_4P_2O_7$ содержится 12 и 2

π – связь; σ -связь; молекулярное; немолекулярное; ионная связь; ковалентная связь



Проверьте изученное

- 1 В каком случае правильно показана графическая формула метафосфорной кислоты?



- 2 Укажите в какой последовательности увеличивается число π – связей в молекулах данных кислот.

- a. HClO_4
- b. HPO_3
- c. H_2SO_3
- d. HClO

- 3 В молекулах серной и ортофосфорной кислот содержатся одинаковое число атомов кислорода, но разное число OH групп. Объясните причину.

- 4 Молекулы H_2SO_x и HClO_y содержат одинаковое число π -связей. Какие значения может принять x и y?

	x	y
I.	3	2
II.	4	4
III.	4	3
IV.	3	3

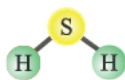
- A) I, II B) I, III C) II, IV
D) III, IV E) II, III

- 5 Определите число σ -связей в молекуле хлорной кислоты.

- 6 При отщеплении одной молекулы воды от двух молекул ортофосфорной кислоты образуется пиррофосфорная кислота. Утвердите этот факт используя графические формулы данных кислот.

- 7 Составьте условный механизм реакции обезвоживания пиррофосфорной кислоты, протекающей с образованием воды и метафосфорной кислоты. Какие связи разрываются при этом в молекуле пиррофосфорной кислоты?

- 8 Отщепите одну молекулу воды от пиррофосфорной кислоты. Какая кислота образуется при этом? Как изменяется валентность атома фосфора в результате этого процесса?
- 9 Составьте графическую формулу дихромовой кислоты ($\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).
- 10 Какие виды химических связей входят в состав гидроксида аммония?
- 11 Сравните угловые связи, строение молекул H_2S и SO_2 и объясните причину этих различий.



- 12 Используя пластилин и спички приготовьте шаростержневые модели двух молекул P_2O_5 и пяти молекул H_2O . Затем, к одной молекуле P_2O_5 присоедините две молекулы воды, к другой молекуле P_2O_5 – три молекулы воды. Какие химические связи при этом разрываются в молекуле P_2O_5 ? Какие кислоты образуются в результате этих процессов?



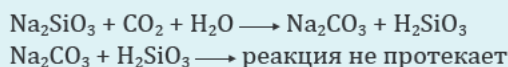
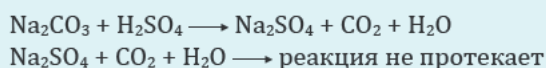
Домашнее задание

Завершите таблицу, обобщите закономерности реакций, протекающих между кислотами и основаниями.

Вещества, вступающие в реакцию	Тип полученной соли
$\text{NaOH} + \text{HNO}_3 \rightarrow$	
$\text{NaOH} + 2\text{HNO}_3 \rightarrow$	
$2\text{NaOH} + \text{HNO}_3 \rightarrow$	
$\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$	
$\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$	
$2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$	
$\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$	
$2\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$	
$3\text{NaOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow$	

Вещества, вступающие в реакцию	Тип полученной соли
$\text{Ca(OH)}_2 + \text{HCl} \rightarrow$	
$\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow$	
$\text{Ca(OH)}_2 + 3\text{HCl} \rightarrow$	
$\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$	
$\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$	
$2\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$	
$\text{Al(OH)}_3 + \text{HCl} \rightarrow$	
$\text{Al(OH)}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow$	
$\text{Al(OH)}_3 + 3\text{HCl} \rightarrow$	

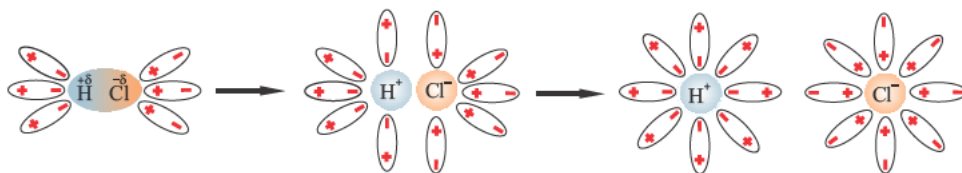
Тема 1.3. Влияние строения кислот и оснований на их свойства



Наблюдается ли какая-то закономерность в этих реакциях?

Как можно связать эту закономерность с составом и строением кислот?

Свойства кислот основываются на лёгкости образования ионов водорода, содержащихся в их молекулах. При растворении в воде, в молекулах кислородосодержащих кислот связь между атомами кислорода и водорода, а в молекулах бескислородных кислот связь между атомами соответствующих неметаллов (F, Cl, Br, I, S и др.) и водорода под действием диполей воды становится сильно полярной. В результате разрыва этой связи образуются в гидратированном виде катион H^+ и анион кислотного остатка. Например, процесс растворения хлороводорода в воде можно представить следующим образом:



Все атомы водорода, входящие в состав бескислородных кислот, замещаются атомами металлов. Поэтому их основность равна числу атомов водорода, входящих в состав кислот. Например, соляная кислота (HCl) – одноосновная, сероводородная кислота (H_2S) – двухосновная.



Вспомним

С точки зрения теории электролитической диссоциации кислоты – это сложные вещества, при диссоциации которых в качестве катионов образуются только ионы водорода.



Вспомним

Количество атомов водорода, способных замещаться на атом металла, указывает на основность кислот и равно валентности кислотного остатка.

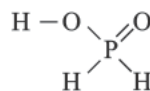
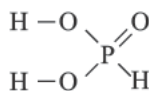
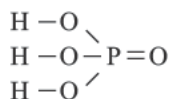


Деятельность

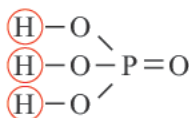
Кислоты	Образованные соли	
	Кислые соли	Нормальные соли
H_3PO_4	NaH_2PO_4 и Na_2HPO_4	Na_3PO_4
H_3PO_3	NaH_2PO_3	Na_2HPO_3
H_3PO_2	–	NaH_2PO_2

В состав молекул ортофосфорной, фосфористой и фосфорноватистой кислот входят одинаковое число атомов водорода. Почему кислые и нормальные соли этих кислот имеют разный состав?

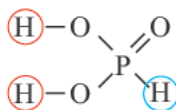
Как это объяснить строением их молекул?



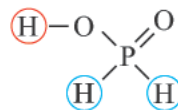
Иногда основность кислородосодержащих кислот не соответствует числу атомов водорода, входящих в состав молекул. Например, в состав молекул ортофосфорной (H_3PO_4), фосфористой (H_3PO_3) и фосфорноватистой (H_3PO_2) кислот входят одинаковое число атомов водорода, равное трём. Несмотря на это, ортофосфорная – трёхосновная, фосфористая – двухосновная, а фосфорноватистая – одноосновная кислоты. Это связано со строением их молекул. В молекуле H_3PO_4 все атомы водорода связаны с атомами кислорода. В молекуле H_3PO_3 один, а в молекуле H_3PO_2 два атома водорода соединены непосредственно с атомом фосфора. Электроотрицательность фосфора меньше чем у кислорода, поэтому полярность связи $\text{P}-\text{H}$ меньше полярности связи $\text{O}-\text{H}$. По этой причине при растворении кислот в воде в отличие от $\text{O}-\text{H}$ связи $\text{P}-\text{H}$ связь не разрывается. Основность кислородосодержащих кислот определяют по числу атомов водорода, связанных только с атомами кислорода.



трёхосновная кислота

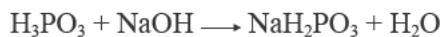
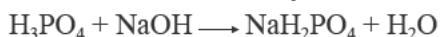


двухосновная кислота

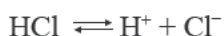


одноосновная кислота

Уравнения реакций взаимодействия H_3PO_4 , H_3PO_3 и H_3PO_2 с NaOH в разных мольных отношениях указаны ниже:



Чем легче отрываются ионы H^+ , чем больше значение константы диссоциации (K_a), тем сильнее кислота. Значит, силу кислот можно сравнивать по величине константы диссоциации. Для кислот эта величина называется *константой кислотности* (K_a).

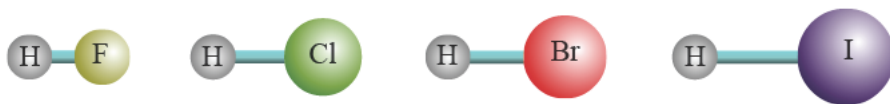


$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{Cl}^-]}{[\text{HCl}]}$$

В зависимости от величины константы кислотности классификацию кислот можно представить в следующем виде:

Сильные кислоты	Кислоты средней силы	Слабые кислоты
HCl , HBr , HI , H_2SO_4 , HClO_4 , HNO_3	H_3PO_4 , H_2SO_3	H_2CO_3 , H_2S , CH_3COOH

На силу кислот оказывает влияние электроотрицательность кислотообразующего элемента. Например, галогены, обладая большой электроотрицательностью, образуют сильно полярные связи между атомами в галогеноводородах. При растворении таких веществ в воде связи разрываются и образуются ионы H^+ . В ряду $HF - HCl - HBr - HI$ увеличиваются межъядерные расстояния и уменьшается энергия связи.



По этой причине в ряду $H - \text{Гал}$ связи легко разрываются и кислотные свойства увеличиваются. Хлороводородную, бромоводородную и йодоводородную кислоты относят к сильным кислотам. А фтороводородная кислота по сравнению с этими кислотами более слабая.

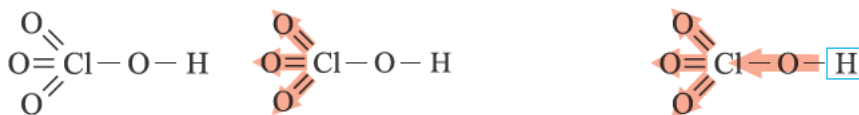
Полярность связи $S - H$ меньше полярности связи $H - \text{Гал}$. По этой причине сероводородная кислота слабее галогеноводородных кислот и относится к слабым кислотам.

Хлорная кислота – является сильной кислотой. Причину этого можно объяснить следующим образом:

Графическая формула хлорной кислоты показана ниже.

В молекуле хлорной кислоты атомы кислорода, связанные двумя связями с атомом хлора, оттягивают электронную плотность к себе.

Из-за увеличения частичного положительного заряда атом хлора оттягивает электронную плотность связи между собой и атомом кислорода, находящегося в гидроксильной группе. По этой причине атом кислорода гидроксильной группы оттягивает к себе электронную плотность $O - H$ связи. Вследствие этого облегчается отщепление ионов H^+ .

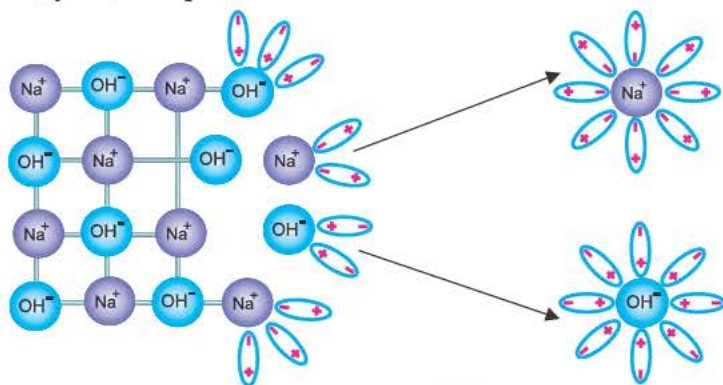


В кислородосодержащих кислотах хлора с увеличением числа атомов кислорода, связанных двойной связью с атомом хлора, увеличиваются полярность $O - H$ связи и сила кислот. И в результате этого в ряду кислородосодержащих кислот хлора $HClO - HClO_2 - HClO_3 - HClO_4$ сила кислот увеличивается.

$HClO$ хлорноватистая кислота	$HClO_2$ хлористая кислота	$HClO_3$ хлорноватая кислота	$HClO_4$ хлорная кислота
$Cl - O - H$			
Кислотные свойства увеличиваются →			

В кислородосодержащих кислотах галогенов с увеличением электроотрицательности галогена возрастает сила кислот. Например, в ряду $\text{HIO}_4 \rightarrow \text{HBrO}_4 \rightarrow \text{HClO}_4$ в данном направлении сила кислот увеличивается. Это происходит потому, что атом хлора поляризует $\text{O} - \text{H}$ связь больше, чем атомы брома и йода. Вследствие этого облегчается отщепление ионов H^+ .

Свойства оснований основываются на отщеплении гидроксид-ионов (OH^-), входящих в их состав. При растворении оснований в воде, под действием диполей воды, разрываются связи $\text{Me} - \text{O}$ и образуются в гидратированном виде катионы металла и анионы гидроксильных групп (OH^-). Например, при растворении гидроксида натрия в воде происходящий в растворе процесс можно показать следующим образом:



Если в состав основания входит активный металл (например, щелочные и щелочноземельные металлы), то под действием диполей воды разрыв связи $\text{Me} - \text{O}$ происходит легко и эти основания (щелочи) являются сильными электролитами. В основаниях, образованных металлами средней активности (например, Al , Zn , Fe и др.) и пассивными металлами (например, Cu), эта связь разрывается очень трудно. По этой причине такие основания являются слабыми электролитами.



Вспомним

С точки зрения теории электролитической диссоциации основания – это сложные вещества, при диссоциации водных растворов которых в качестве анионов образуются лишь гидроксид-ионы.



Что вы изучили?

В ряду $\text{HF} \rightarrow \text{HCl} \rightarrow \text{HBr} \rightarrow \text{HI}$ увеличиваются Причиной этого является увеличение в этом ряду.

Основания, образованные активными металлами –, а основания, образованные металлами средней активности и пассивными металлами –

..... сероводородной кислоты определяется числом атомов водорода в её молекуле, фосфористой кислоты – числом в её молекуле.

межъядерное расстояние; основность; OH группа; слабый электролит; сильный электролит; кислотные свойства



Проверьте изученное

- Определите, в какой последовательности увеличиваются кислотные свойства бромоводородной (1), фтороводородной (2) и хлороводородной (3) кислот.
А) 1, 2, 3 В) 2, 3, 1 С) 1, 3, 2 D) 2, 1, 3 Е) 3, 2, 1
- Определите ряд последовательности уменьшения кислотных свойств HClO_3 (1), HIO_3 (2) и HBrO_3 (3).
А) 1, 3, 2 В) 2, 3, 1 С) 2, 1, 3 D) 3, 2, 1 Е) 1, 2, 3
- В молекуле уксусной кислоты содержится четыре атома водорода, но она одноосновная кислота. Объясните причину.
- В молекулах кислот H_3PO_4 и H_3PO_3 содержится одинаковое число атомов водорода, но, несмотря на это, основность кислот разная. Объясните причину.
- Вычислите массу (г) гидроксида натрия, необходимого для нейтрализации 1 моля фосфорноватистой кислоты.
- Вычислите объем (н.у., л) водорода, полученного при реакции 0,5 молей фосфористой кислоты с кальцием, взятым в избытке.
А) 5,6 В) 11,2 С) 22,4 D) 44,8 Е) 4,48
- Распределите кислоты по таблице.

Основность кислот		
Одноосновные	Двухосновные	Трёхосновные

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1. сероводородная кислота | 2. фосфорноватистая кислота |
| 3. ортофосфорная кислота | 4. фосфористая кислота |
| 5. фтороводородная кислота | 6. метакремниевая кислота |

- Определите соответствие.

Электролит

Вещество

1. Сильный

а. KOH

с. CH_3COOH

2. Слабый

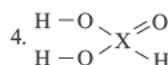
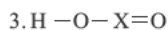
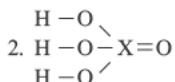
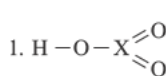
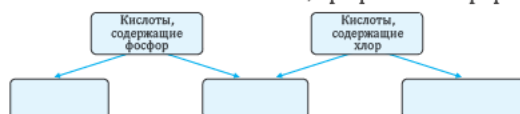
b. HNO_3 d. $\text{Mg}(\text{OH})_2$

- Завершите схему.



- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| 1. хлороводородная кислота | 2. уксусная кислота |
| 3. серная кислота | 4. сероводородная кислота |

- 10 Впишите в пустые ячейки схемы кислоты, графические формулы которых даны ниже.



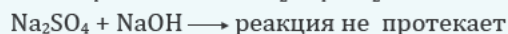
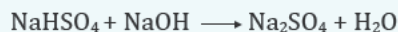
- 11 На основе графических формул объясните, почему серная кислота по кислотным свойствам сильнее сернистой кислоты.
- 12 Если в молекуле серной кислоты один атом кислорода, который связан двойной связью с атомом серы, заменить на атом серы, то получится тиосерная кислота ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Сравните кислотные свойства серной и тиосерной кислот на основе их графических формул.



Домашнее задание

Сделайте презентацию на тему: «Значение неорганических веществ для организма человека».

Тема 1.4. Строение солей. Влияние строения солей на их свойства



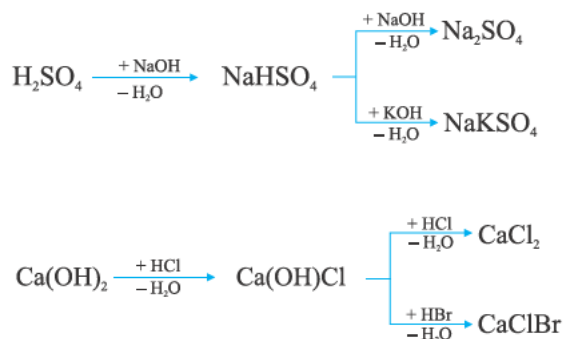
Наблюдается ли какая-то закономерность в этих реакциях?

Можно ли связать эту закономерность с составом солей?



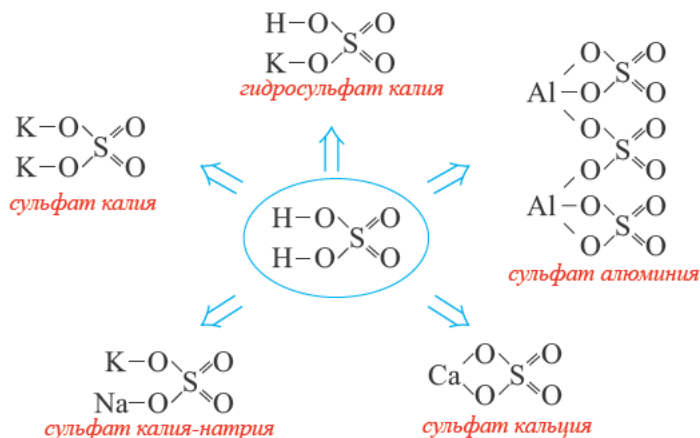
Деятельность

Соли можно рассматривать как продукты, полученные замещением атомов водорода в кислотах атомами металлов, а также замещением OH групп в основаниях кислотными остатками.

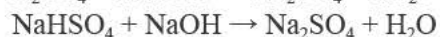
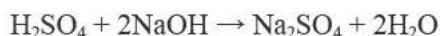


Используя графические формулы строения кислот и оснований, составьте правила, на основе которых записывают графические формулы нормальных, кислых, основных, смешанных и двойных солей.

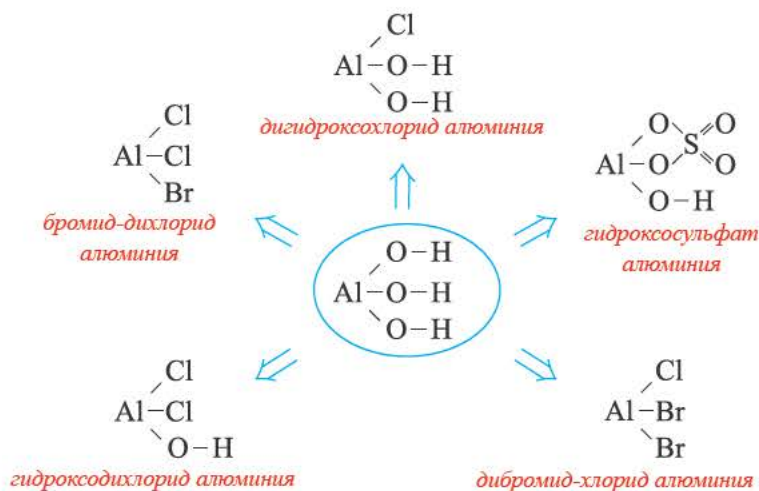
Графические формулы нормальных, кислых и двойных солей составляют на основе строения соответствующих им кислот. Атомы водорода в кислотах замещаются атомами металлов согласно их валентности. Например:



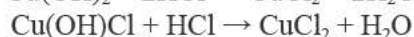
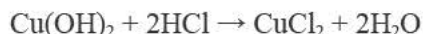
Как видно, кислые соли, образованные при неполном замещении атомов водорода на атомы металлов, проявляют некоторые свойства, которыми обладают кислоты. Например:



Графические формулы основных и смешанных солей составляют на основе строения соответствующих им оснований. В это время гидроксильные группы в молекулах оснований замещаются кислотными остатками согласно их валентности. Например:



А также, основные соли, образованные при неполном замещении в основании гидроксогрупп на кислотные остатки, проявляют некоторые свойства, которыми обладают основания. Например:

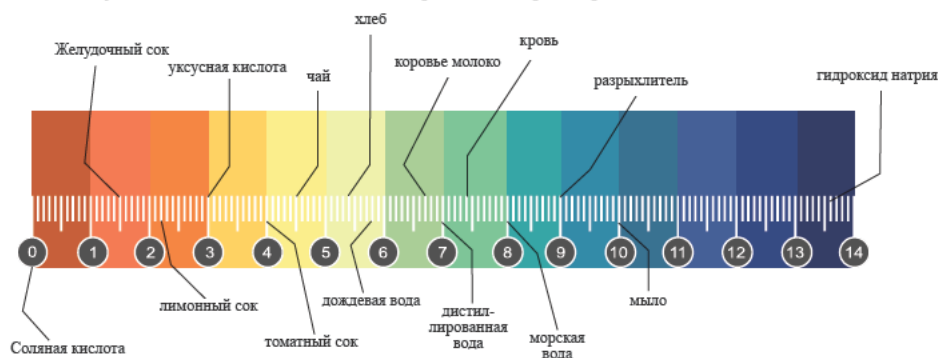


Роль химии

В результате гидролиза солей среда в растворе может быть кислой, нейтральной или же щелочной. На некоторой продукции, используемой в быту (например, влажные салфетки), указывают показатель pH.



Внизу на шкале даны показатели pH некоторых сред.



Вещества, создающие сильно кислую или же щелочную среду, обладают разъедающими (едкими) свойствами, при использовании которых требуется осторожность. Во время работы с этими веществами необходимо пользоваться защитными перчатками. На упаковке такой продукции ставится указатель «едкое вещество».



Указатель едкого вещества



Что вы изучили?

При замещении атомов водорода в молекуле H_2SO_4 двумя различными атомами металлов получается, а при замещении гидроксигрупп в молекуле $Ca(OH)_2$ с двумя разными кислотными остатками получается

При взаимодействии с щелочами образуются нормальные или двойные соли, а при взаимодействии с кислотами образуются нормальные или же смешанные соли.

При гидролизе $Cu(NO_3)_2$ образуется, а при гидролизе CH_3COONa образуется

основная соль; кислая соль; кислая среда; щелочная среда; двойная соль; смешанная соль

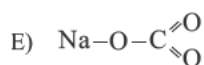
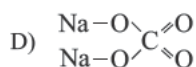
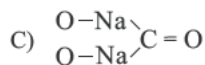
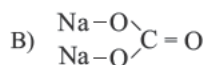
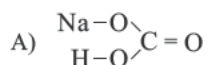


Проверьте изученное

1 Выберите соли, вступающие в реакцию с соляной кислотой.

1. $Ca(OH)Cl$
2. $CaCO_3$
3. $CaSO_4$
4. $Al(OH)_2Br$
5. $NaNO_3$

2 Определите графическую формулу карбоната натрия.



3 Почему при реакции 1 моля $\text{Al}(\text{OH})_3$ с 1 молем HCl образуется дигидроксо, а при реакции с 1 молем H_2SO_4 – гидроксо соли?

4 Почему сульфат алюминия не вступает в реакцию с соляной кислотой, а гидроксо-сульфат алюминия реагирует с соляной кислотой?

5 Вычислите массу (г) ортофосфорной кислоты, необходимой для превращения 14,8 г гидроксида кальция в дигидроортофосфат кальция.

- A) 9,8
B) 19,6
C) 24
D) 39,2
E) 42

6 Составьте графическую формулу соли $\text{Al}(\text{OH})_2\text{Cl}$. Затем OH группы замените кислотным остатком серной кислоты и вычислите количество (моль) π-связей в одном моле полученной соли.

Вещество	Количество (моль) связей в 1 моле вещества	
	ионная	ковалентная
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	x	y

Определите x и y.

- | | | |
|----|---|----|
| | x | y |
| A) | 9 | 12 |
| B) | 6 | 18 |
| C) | 6 | 12 |
| D) | 3 | 18 |
| E) | 3 | 16 |

8 Установите соответствие.

Свойства солей

1. Вступает в реакцию с HNO_3
2. Вступает в реакцию с KOH

Химические формулы солей

- a. NaCl
- b. Ca(OH)Cl
- c. CuCl_2
- d. KHSO_4
- e. Ca(OH)NO_3

9 Составьте графическую формулу ортофосфата кальция.

10



Составьте уравнения химических реакций, соответствующих схеме.

11 Какие реакции протекают? Обоснуйте свои мысли.

1. $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow$
2. $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow$
3. $\text{NaH}_2\text{PO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow$
4. $\text{Na}_2\text{HPO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow$

12

Кислота	Число атомов в 1 моле нормальной соли, образованная кальцием
H_3PO_4	a
H_3PO_3	b
H_3PO_2	c

Сравните значения a, b и c.



Домашнее задание

Завершая таблицу, обобщите сведения о важных химических свойствах солей.

Вещества, вступающие в реакцию		Условия протекания реакций (В каком состоянии и при каких условиях протекает реакция?)	Примеры
соль	металл		
соль	неметалл		
соль	кислотный оксид		
соль	кислота		
соль	основание		
кислая соль	щёлочь		
основная соль	кислота		
основная соль	щёлочь		



II РАЗДЕЛ

ПРЕДЕЛЬНЫЕ АЛИФАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Тема 2.1. Гомологический ряд алканов,
электронные и графические формулы их молекул

Тема 2.2. Пространственное строение молекул алканов

Тема 2.3. Изомерия алканов

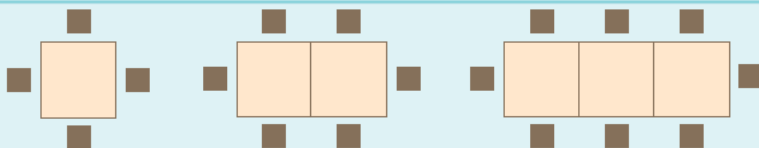
Тема 2.4. Номенклатура алканов

Тема 2.5. Нахождение в природе и способы получения алканов

Тема 2.6. Физические и химические свойства алканов

Практическая работа №1: Определение качественного состава углеводородов

Тема 2.1. Гомологический ряд алканов, электронные и графические формулы их молекул



Вокруг квадратного стола можно разместить четыре стула, если объединить два таких стола, можно разместить шесть стульев, а вокруг трёх таких столов размещаются восемь стульев.

Определите формулу линейной зависимости между числом столов и стульев, находящихся вокруг них.

Какая связь существует между этим примером и строением алканов?

Согласно Международной номенклатуре, углеводороды с открытой цепью (ациклические или алифатические), называются алканами. В молекуле алкана количество атомов водорода в два раза и на две единицы больше, чем количество атомов углерода. Если молекула содержит n атомов углерода, то состав алканов можно выразить общей формулой C_nH_{2n+2} . Например, если в молекуле содержится пять атомов углерода, то формулу алкана выражают в следующем виде $C_5H_{2 \cdot 5 + 2}$ или C_5H_{12} .

Первый представитель алканов метан (CH_4), значит, по общей формуле число атомов углерода $n \geq 1$. Другие алканы отличаются от метана на одну или несколько групп $-CH_2-$ (метилен – гомологическая разность). Например, C_2H_6 – этан, C_3H_8 – пропан и др.



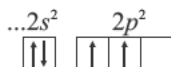
Вспомним

Углеводороды с открытой цепью в молекулах которых атомы углерода соединены между собой одинарной связью, называют предельными углеводородами.



Деятельность

На наружном энергетическом уровне атома углерода находится четыре электрона. В нормальном состоянии из четырех электронов два находятся на $2s$, а два на $2p$ подуровне.



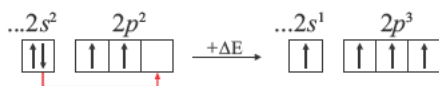
В этом случае атом углерода за счёт неспаренных электронов может образовывать ковалентную связь только с двумя атомами водорода, и формула этого соединения CH_2 .



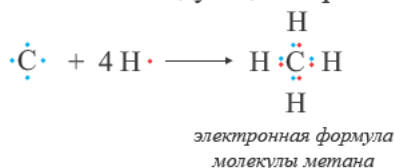
Существует ли вещество с формулой CH_2 ? Объясните причину.

Как можно объяснить образование молекулы метана из атомов углерода и водорода?

Строение молекулы метана можно объяснить возбуждённым состоянием атома углерода.



За счёт четырёх неспаренных электронов атома углерода и атомов водорода по обменному механизму образуются ковалентные связи, и в результате этого образуется молекула метана. В процессе этого завершается внешний энергетический уровень атома углерода, он становится восьмиэлектронным (правило октетов) с валентностью IV. Образование молекулы метана схематически можно показать нижеследующим образом.



В молекуле метана электронная плотность частично смещается к атому углерода, имеющего большую электроотрицательность, и связь становится частично полярной.

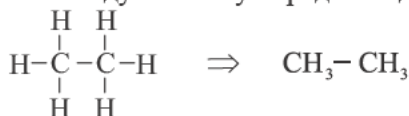
Если в электронной формуле молекулы заменить общие электронные пары на чёрточки, то получают *графическую формулу*.



В отличие от метана, в молекулах других алканов между атомами углерода, образуется σ -связь за счёт общих электронных пар. Электронная плотность этой связи в одинаковой степени притягивается обоими атомами, не происходит смещения электронной плотности, и вследствие этого связь становится неполярной. Например, в молекуле этана каждый атом углерода связан с тремя атомами водорода, а между атомами углерода образуется одна σ -связь. Его электронную и графическую формулы можно показать следующим образом.

Алкан	Электронная формула	Графическая формула
C_2H_6	$\begin{array}{c} \text{H} \text{ H} \\ \quad \\ \text{H}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{C}}:\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \text{ H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \text{ H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \text{ H} \end{array}$

Для упрощённой записи графических формул молекул органических веществ не показывают связи между атомом углерода и водорода.



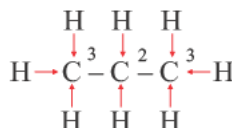
Вспомним

Ковалентная связь, образованная за счёт общей электронной пары и возникающая между атомами, электроотрицательности которых незначительно отличаются (разные атомы неметаллов), называется *полярной*, а связь, возникающая между атомами с одинаковой электроотрицательностью (одинаковые атомы неметаллов), – *неполярной* связью.

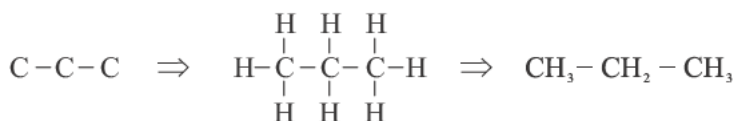


Вспомним

В молекулах углеводородов степень окисления каждого атома углерода равна отрицательному заряду числа атомов водорода при этом углеводе. Причина этого в том, что электроотрицательность атома углерода больше, чем у атома водорода. В результате этого, электронная плотность вдоль $\text{C}-\text{H}$ связи смещается в сторону атома углерода.



Напишем графическую формулу пропана. Для этого сначала записывают атомы углерода, соединенные между собой. Затем, учитывая IV валентность атома углерода, к каждому его атому присоединяют соответствующее число атомов водорода.



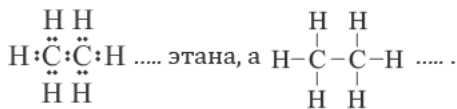
Ниже в таблице даны графические формулы некоторых представителей алканов.

Формулы алканов		Название алканов
CH_4	CH_4	Метан
C_2H_6	CH_3-CH_3	Этан
C_3H_8	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Пропан
C_4H_{10}	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Бутан
C_5H_{12}	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Пентан
C_6H_{14}	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Гексан
C_7H_{16}	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Гептан
C_8H_{18}	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Октан
C_9H_{20}	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Нонан
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Декан



Что вы изучили?

Углеводороды с открытой цепью (алифатические) называются
В молекулах алканов атомы между собой связаны только ... и их состав выражается общей формулой



В молекулах алканов связи $\text{C}-\text{C}$ и $\text{C}-\text{H}$ различаются особенностью распределения электронных пар между атомами, $\text{C}-\text{C}$ является, а $\text{C}-\text{H}$ -

электронная формула; графическая формула; полярная ковалентная связь; неполярная ковалентная связь; σ -связь; $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$; алканы



Проверьте изученное

- 1 Определите в какой последовательности увеличивается число атомов водорода в молекулах пентана (1), этана (2) и бутана (3).
А) 1, 2, 3 В) 2, 1, 3 С) 1, 3, 2 Д) 2, 3, 1 Е) 3, 1, 2
- 2 Определите число полярных и неполярных ковалентных связей в молекуле C_2H_6 .

- 3 Различными для молекул серной кислоты и пропана являются:
1. число σ -связей
 2. число полярных ковалентных связей
 3. число неполярных ковалентных связей
- 4 У первого представителя алканов к одному атому углерода присоединено четыре атома водорода. Почему алкан, содержащий два атома углерода, имеет формулу C_2H_6 , а не C_2H_8 ?
- 5 Вычислите массу (г) углерода находящегося в 8,8 г пропана.
- A) 3,6 B) 6 C) 7,2 D) 8,8 У) 4,8

Алкан	
число атомов водорода в молекуле	относительная молекулярная масса
n	30
$n + 6$	x

Вычислите x .

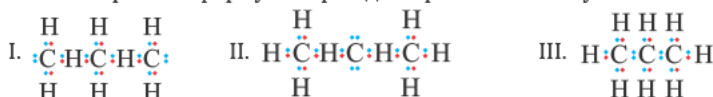
- 7 Сколько процентов (%) составляют электроны, участвующие в образовании связей между атомами углерода, от общего числа электронов, образующих связи в молекуле пропана.
- 8 Определите соответствие.
- | | |
|--|----------------------|
| <i>Связи в молекулах веществ</i> | <i>Вещества</i> |
| 1. Только полярная ковалентная связь | a. пропан |
| 2. Только неполярная ковалентная связь | b. диоксид серы |
| 3. Полярная и неполярная ковалентные связи | c. азот |
| | d. пероксид водорода |
| | e. метан |

- 9 $C \ C \ C \ C$, $C - \underset{\substack{| \\ C}}{C} - C$ и $C - C - C - C - C$ соответственно углеродным цепям составьте графические формулы алканов и определите степени окисления атомов углерода.

- 10 Завершите схему.



- 11 Какая электронная формула верна для пропана? Обоснуйте свой ответ.



- 12 Сопоставьте число σ -связей, находящихся в различных молекулах алканов. Предложите формулу, по которой можно вычислить число σ -связей в молекуле алкана, содержащей n атомов углерода.



Домашнее задание

На основе программы Excel постройте график зависимости числа атомов водорода от числа атомов углерода в молекулах алканов, определите формулу этой зависимости.

Тема 2.2. Пространственное строение молекул алканов



Во время полёта большой птицы вокруг неё создается воздушный поток, который направлен против летящей птицы, препятствуя её полету. Однако во время совместного полёта, в результате ступенчатой, упорядоченной, имеющей форму «V» стаи птиц, воздушный поток передаётся под определенным углом последующей птице. Это не мешает, а наоборот облегчает полёт, и каждая птица в стае экономит до 25% энергии.



Вследствие этого во время перелёта крупных стай птиц (например, журавлей и др.) довольно высоко над уровнем моря, они за день могут преодолевать расстояния до нескольких сотен километров.

Что напоминает вам строение стаи птиц, данное на рисунке?

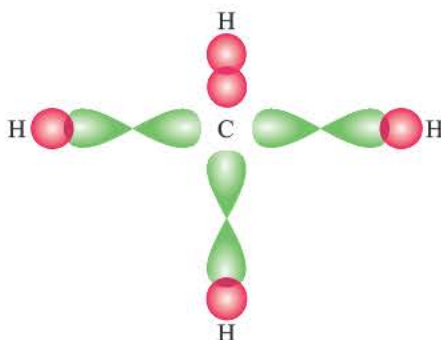
Есть ли сходство между определенным углом полёта птиц и пространственным строением алканов?



Деятельность

Экспериментально было доказано, что в молекуле метана валентные углы, энергия и длина связи между атомами углерода и водорода одинаковы.

Если при образовании молекулы метана примут участие одна s и три p орбитали атома углерода, то химические связи, образованные между атомами углерода и водорода, можно схематически показать следующим образом.



Верна ли данная схема?

Обладают ли в данном случае одинаковыми параметрами связи между атомами углерода и водорода?

Как вы представляете пространственное строение молекулы метана?

Для изображения образования химических связей в молекуле метана вспомним сведения о гибридизации атомных орбиталей, с которыми мы ознакомились в курсе 8-го класса.

Неспаренные электроны возбуждённого атома углерода, образуют орбитали (одна s - и три p - орбитали), которые принимают участие в sp^3 гибридизации. В процессе гибридизации образуются четыре sp^3 - гибридные орбитали.

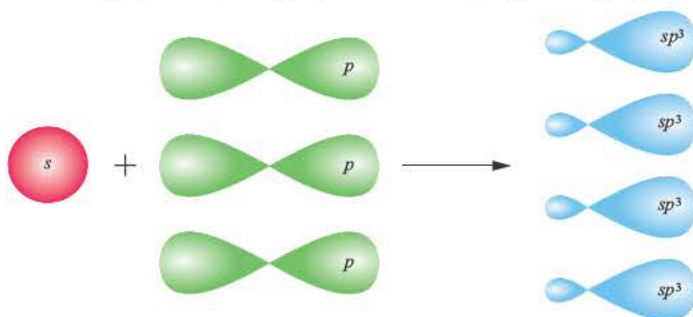


Схема образования sp^3 - гибридных орбиталей

Эти гибридные орбитали, благодаря взаимному отталкиванию, удаляются друг от друга на максимальное расстояние, располагаются в пространстве так, что оказываются направленными к вершинам правильного тетраэдра и обладают минимальной энергией.



Форма sp^3 - гибридных орбиталей в пространстве

Вспомним

Тетраэдр – четырёхгранная геометрическая фигура, грани которой состоят из четырёх треугольников. Тетраэдр, все грани которого равносторонние треугольника, называется правильным тетраэдром.

При образовании молекулы метана каждая sp^3 - гибридная орбиталь атома углерода, перекрываясь с s - орбиталью атома водорода (sp^3-s перекрывание), образует четыре σ -связи. Связи, образованные перекрыванием одних и тех же орбиталей, имеют одинаковую длину и энергию.

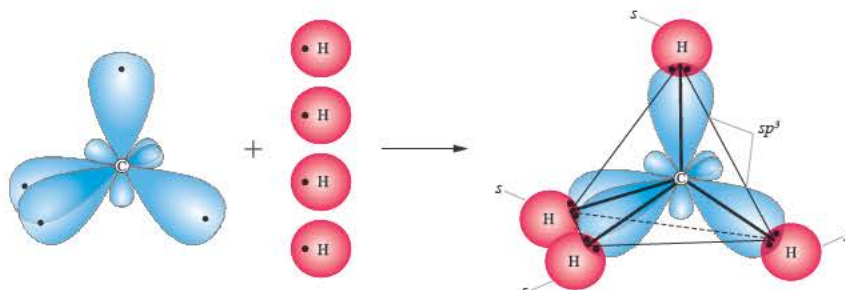
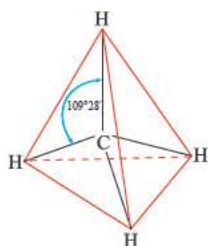
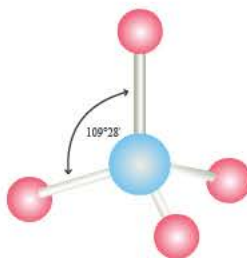


Схема образования σ -связей в молекуле метана

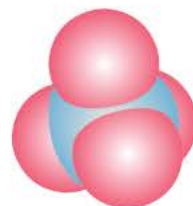
Как видно, связи, образованные между атомами углерода и водорода, также направлены к вершинам тетраэдра. Все связи одинаковы и расположены под углом $109^{\circ}28'$. Из-за одинаковой длины $C-H$ связи молекула метана приобретает в пространстве тетраэдрическое строение (в форме правильного тетраэдра). Ниже показаны тетраэдрическое строение метана, шаростержневая и шаровая модели молекулы метана.



Тетраэдрическое строение молекулы метана



Шаростержневая модель молекулы метана



Шаровая модель молекулы метана

При образовании других представителей алканов, кроме перекрывания гибридных орбиталей атомов углерода и s орбитали атомов водорода, перекрываются гибридные орбитали атомов углерода между собой. Например, при образовании молекулы этана из четырёх sp^3 гибридных орбиталей каждого атома углерода три из этих орбиталей перекрываются с s -орбиталью атома водорода, а одна перекрывается с другой sp^3 орбиталью атома углерода (sp^3-sp^3 перекрывание).

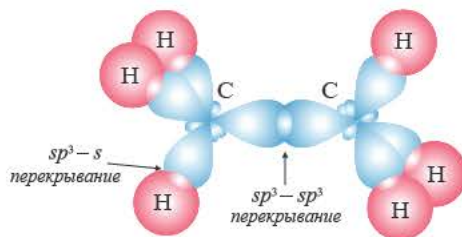
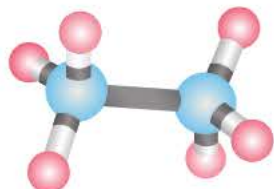
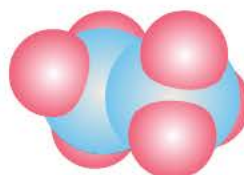


Схема образования σ -связей в молекуле этана

Как и в молекуле метана, в молекуле этана все валентные углы составляют $109^{\circ}28'$. Длина связи между атомами углерода равна 0,154 нм. Ниже показаны шаростержневая и шаровая модели молекулы этана.


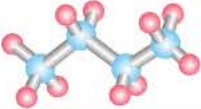






Шаростержневая модель молекулы этана



Шаровая модель молекулы этана

И у других представителей алканов длина $C - C$ связи равна 0,154 нм, все атомы углерода находятся в sp^3 гибридном состоянии, валентные углы равны $109^\circ 28'$ вследствие этого углеродная цепь имеет нелинейную форму, а начиная с бутана, углеродная цепь принимает зигзагообразную форму.

Алкан	Пропан	Бутан	Пентан
Пространственное строение			
Графическая формула	$\begin{array}{c} CH_2 \\ / \quad \backslash \\ H_3C \quad CH_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_2 \quad CH_3 \\ / \quad \backslash \\ H_3C \quad CH_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_2 \quad CH_2 \\ / \quad \backslash \quad / \quad \backslash \\ H_3C \quad CH_2 \quad CH_3 \end{array}$
			

В молекулах алканов атомы углерода могут вращаться вокруг σ -связи, которая существует между ними. Например, в молекуле этана вращение атомов углерода вдоль связи $C - C$ происходит следующим образом:



Что вы изучили?

..... молекул органических веществ зависят от расположения в пространстве
..... атомов углерода.

Атомы углерода в алканах находятся в состоянии, то в соответствии с положением гибридных орбиталей в пространстве, их молекулы имеют

Все валентные углы составляют, а длина связи между атомами углерода

Связи $C - H$ в молекуле алкана образуются за счёт, а $C - C$ связь – за счёт

гибридные орбитали; 0,154 нм; тетраэдрическое строение, пространственное строение, перекрывание $sp^3 - s$; перекрывание $sp^3 - sp^3$; sp^3 гибрид; $109^\circ 28'$



Проверьте изученное

- 1 В каком гибридном состоянии находится атом углерода в молекуле метана?
- 2 Чему равны валентный угол и длина $C - C$ связи в молекуле этана?
- 3 Какая молекула алкана содержит 12 гибридных орбиталей?
- 4 Как вы можете объяснить тетраэдрическое строение метана?
- 5 Для алкана с относительной молекулярной массой 86 следует вычислить:
а. число $C - H$ связей б. число протонов в. число sp^3 гибридных орбиталей
- 6 Сколько связей образует алкан, в молекуле которого содержится 8 гибридных орбиталей, за счёт перекрывания $sp^3 - s$ орбиталей?

7. Число связей, образованных перекрыванием sp^3-s орбиталей: Связи в молекуле пропана Число связей, образованных перекрыванием sp^3-sp^3 орбиталей:
8. Относительная молекулярная масса алкана $14n-12$ число атомов углерода число атомов водорода
9. Составьте формулу алкана, графическая формула которого показана ниже.
- 
10. По каким схемам перекрываются орбитали и образуют связи, соответствующие молекуле этана?
1.  2.  3. 
4.  5. 
11. Определите соответствие.
Алкан, в молекуле которого содержится n атомов углерода:
1. Число σ -связей
 2. Число неполярных ковалентных связей
 3. Число связей, образованных sp^3-s перекрыванием
- a. $n-1$ b. $2n+2$ c. $3n+1$ d. $4n$ e. $2n-1$
12. Длина C-C связи в алканах составляет 0,154 нм. В молекуле пропана длина связи между первым и третьим атомом углерода равна не 0,308 нм, а составляет 0,250 нм. Объясните причину.



Домашнее задание

Пользуясь пластилином и спичками, смоделируйте шаростержневую модель молекулы пропана.

Тема 2.3. Изомерия алканов

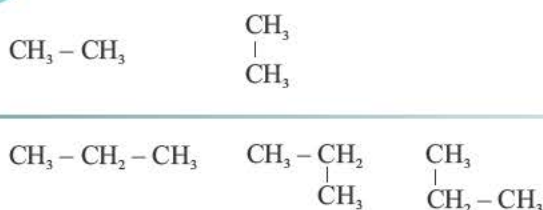


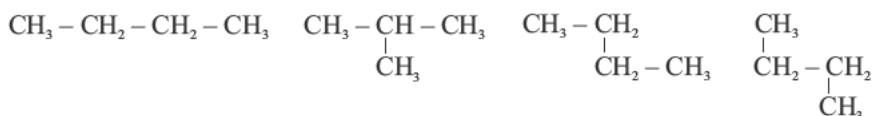
Состав алканов, в молекулах которых содержатся 1÷6 атомов углерода, выражают шестью формулами (CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , C_5H_{12} , C_6H_{14}). Однако, существуют 13 алканов, в молекулах которых содержатся 1÷6 атомов углерода.

Как вы думаете, в чём причина такого различия?



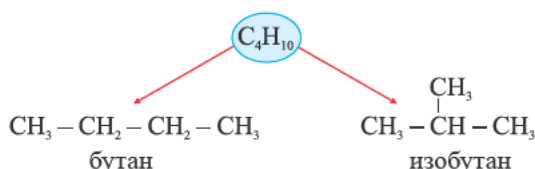
Деятельность





Сколько веществ дано в каждом ряду? Какими схожими и отличительными особенностями обладают разные вещества одного и того же ряда?

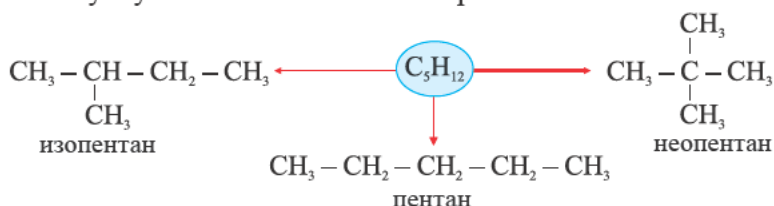
Формулам CH_4 , C_2H_6 и C_3H_8 соответствует только одно вещество, то есть у этих веществ нет изомеров. Формуле C_4H_{10} соответствуют два вещества, которые можно выразить в виде:



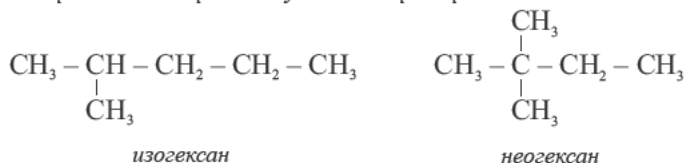
Вспомним

Вещества, имеющие одинаковый состав, но разное строение и поэтому разные свойства, называются изомерами (греч. *izos* – равный, *meros* – мера), а это явление называется *изомерией*.

Бутан и изобутан разные вещества, которые отличаются по свойствам. Например, температура кипения бутана – $0,5^\circ\text{C}$, а у изобутана – $11,7^\circ\text{C}$. Бутан – алкан *неразветвлённого*, а изобутан – алкан *разветвлённого строения*. Эти вещества отличаются друг от друга по строению. Изомерия, основанная на соединении атомов углерода в их молекулах в различной последовательности, называется *структурной изомерией* углеродной цепи. Значит, изомерия углеродной цепи у алканов начинается с представителя, формула которого C_4H_{10} . С возрастанием числа атомов углерода в молекуле увеличивается число изомеров.



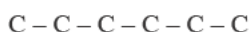
В соответствии с исторически принятыми названиями, если ко второму атому углерода присоединяется одна CH_3 - группа, то соответствующий алкан называют, прибавляя к нему приставку *изо-*, а если присоединяется две CH_3 - группы, то к названию алкана прибавляют приставку *нео-*. Например:



Пример

Напишем графические формулы алкана с составом C_6H_{14} .

1. Сначала напишем формулу алкана неразветвлённого строения.



2. Потом соединим последовательно 5 атомов углерода, а один покажем в разветвлении в возможных вариантах.



3. Далее соединим последовательно четыре атома углерода, а два покажем в разветвлении в возможных вариантах.

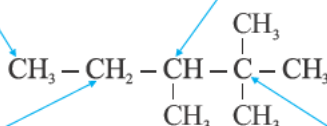


Как видно, вещество с составом C_6H_{14} имеет пять изомеров.

Атомы углерода, входящие в состав органического вещества, в зависимости от числа присоединённых к нему атомов углерода, могут быть *первичными*, *вторичными*, *третичными* и *четвертичными*.

Связан с одним атомом углерода, поэтому является *первичным* атомом углерода

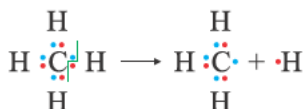
Связан с тремя атомами углерода, поэтому является *третичным* атомом углерода



Связан с двумя атомами углерода поэтому является *вторичным* атомом углерода

Связан с четырьмя атомами углерода, поэтому является *четвертичным* атомом углерода

Если мысленно отнять от молекул алкана один атом водорода, то полученные частицы называются *алкильными радикалами*, и их состав можно выразить общей формулой $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$. В некоторых случаях алкильные радикалы обозначают через R-. При отнятии одного атома водорода от молекулы метана образуется CH_3 -радикал. Разрыв $\text{C}-\text{H}$ связи сопровождается равномерным распределением электронной пары между атомами, на каждый атом приходится по одному электрону. Такой разрыв называется *гомолитическим разрывом* связи.



Название алкильных радикалов образуют заменой окончания «-ан» в названиях соответствующих алканов на окончание «-ил».

Например, CH_3 – называют *метильным радикалом*.

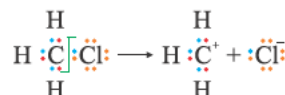
Несмотря на то, что молекула этана содержит два атома углерода, при отнятии атома водорода от любого атома углерода получается один и тот же радикал. Его формула C_2H_5 - (или $\text{CH}_3 - \text{CH}_2$ -), и его называют *этильным радикалом*.

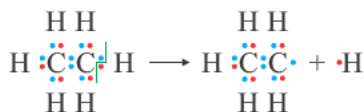


Частицы, имеющие один или несколько неспаренных электронов на внешнем слое, называются *радикалами*. Радикалы – очень активные частицы, и по этой причине они *неустойчивы*.

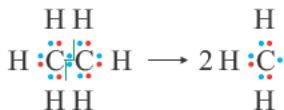


Если разрыв связи происходит таким образом, что образующая химическую связь электронная пара целиком остаётся у одного атома, то образуются *ионы*. Такой разрыв химической связи называется *гетеролитическим*. Например,

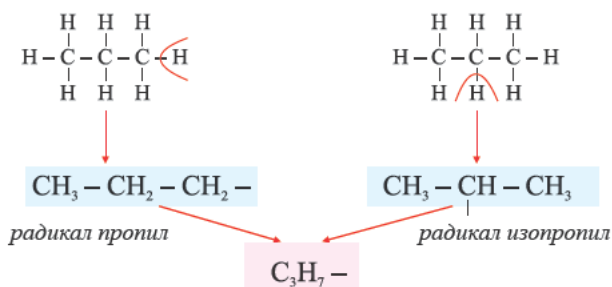




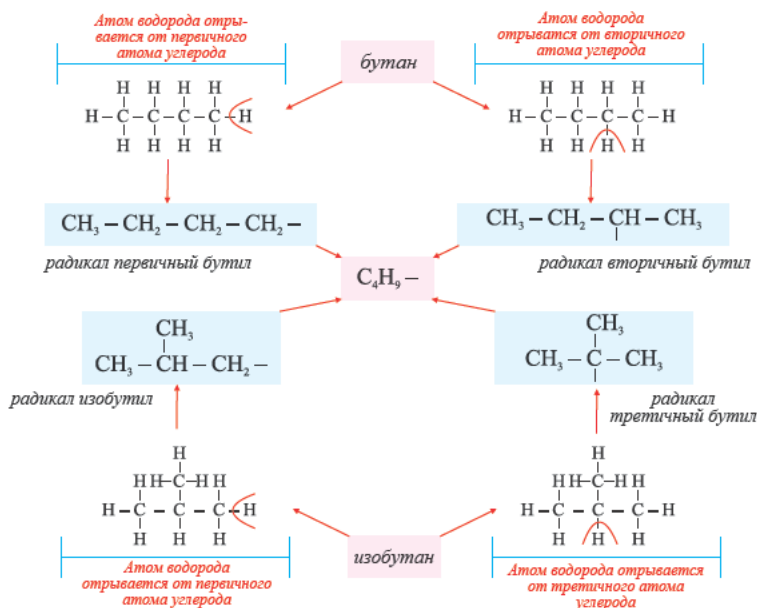
Алкильные радикалы, помимо разрыва C – H, также могут образовываться гомолитическим разрывом C – C связи молекулы алкана. Например:



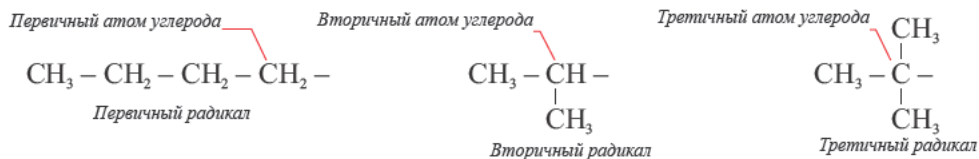
При отнятии атома водорода от молекулы пропана образуются два разных радикала – *пропил* и *изопропил* радикалы. Образование этих радикалов зависит от того, у какого атома углерода был отнят водород.



Радикалы с формулой C₄H₉– образуются от молекул бутана и изобутана. В этих молекулах в зависимости от того, от какого атома углерода отщепляется один атом водорода, могут образоваться четыре различных радикала: *первичный бутил*, *изобутил*, *вторичный бутил* и *третичный бутил* радикалы.



В зависимости от типа углерода, имеющего неспаренный электрон, радикалы бывают *первичные*, *вторичные* и *третичные*.

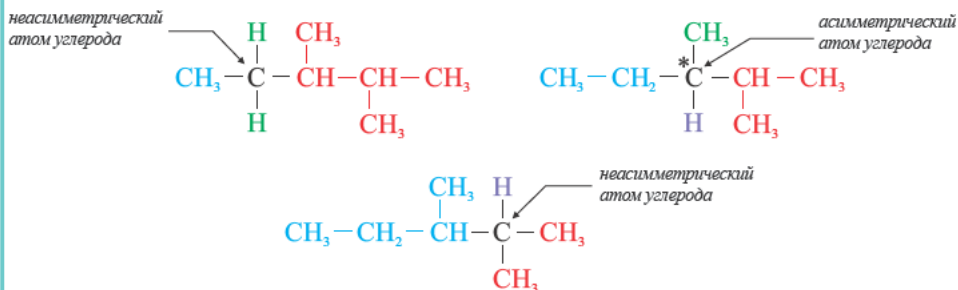


Данные алкильные радикалы можно сгруппировать, как показано ниже:

Алкан	Образованный алкильный радикал	Название радикала	Тип радикала
$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$ этан	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 -$	этил	первичный
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ пропан	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$	пропил	первичный
	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} -$	изопропил	вторичный
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ бутан	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$	первичный бутил	первичный
	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} -$	вторичный бутил	вторичный
$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$ изобутан	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 -$	изобутил	первичный
	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} -$	третичный бутил	третичный



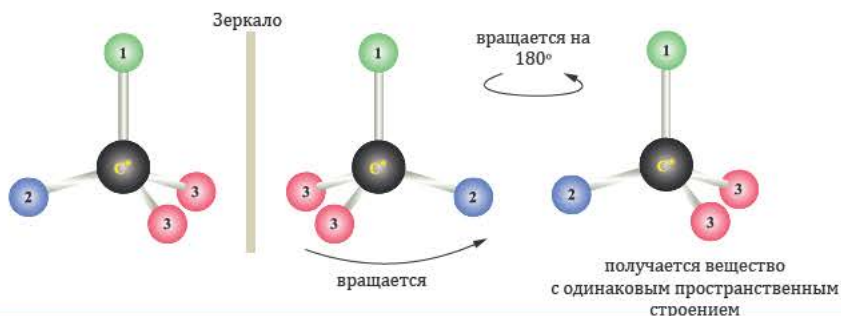
Атом углерода, к которому присоединено четыре различных атома или групп атомов, называется *асимметрическим атомом углерода*. Некоторые атомы углерода, входящие в состав алканов, могут быть асимметрическими. При написании графических формул асимметрический атом углерода обозначают так – C^* .



Вещества, в молекуле которых есть асимметрический атом углерода, образуют как будто два изомера, отличающиеся друг от друга по пространственному строению. Эти изомеры являются зеркальным отражением друг друга. Например:

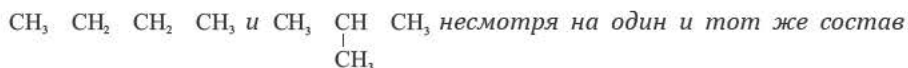


При вращении изомеров вдоль центрального атома углерода не получаются вещества с одинаковым пространственным строением. Эти изомеры обладают похожими физическими и химическими свойствами, но отличаются друг от друга различным вращением (правое и левое) плоскости поляризованного света (свет, волны которого находятся в определенной плоскости). Поэтому этот вид изомерии называется оптической изомерией (зеркальная изомерия), а изомеры называются оптическими. В веществах, в молекуле которых нет асимметрического атома углерода, зеркальные отражения форм, можно получить вращением их вдоль центрального атома углерода. Например:

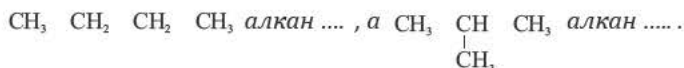


Что вы изучили?

Вещества, имеющие одинаковый качественный и количественный состав, относительную молекулярную массу, но разное строение и поэтому разные свойства, называются, а это явление называется



алканов, последовательность соединения атомов углерода в этих молекулах различная, и они являются



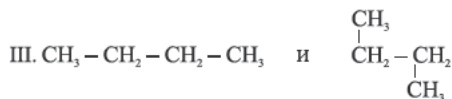
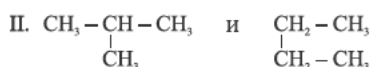
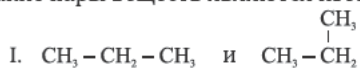
При отщеплении одного атома водорода от молекулы алкана получается

неразветвлённое строение; разветвлённое строение, алкильный радикал; изомер; изомерия; структурные изомеры по углеродной цепи



Проверьте изученное

1 Какие пары веществ являются изомерами?



2 Выберите вторичные радикалы.

1. пропил 2. вторичный бутил 3. изобутил 4. изопропил 5. этил

3 Бутан и изобутан отличаются друг от друга:

1. Относительной молекулярной массой
2. Строением молекул
3. По числу первичных атомов углерода в молекуле
4. По количественному составу

4 $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$ и $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ почему эти вещества являются изомерами?

5 Сколько атомов водорода имеет алкильный радикал, который содержит 16 атомов?

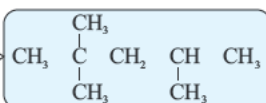
6 Каким радикалом следует заменить один атомов водорода в молекуле этана, чтобы получить изопентан?

7 Сколько различных алкильных радикалов можно получить из молекулы $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ при разрыве в ней C – C и C – H связей?

8 Определите правильный вариант.

Число первичных атомов углерода = 5

Число третичных атомов углерода = 1



Число вторичных атомов углерода = 3

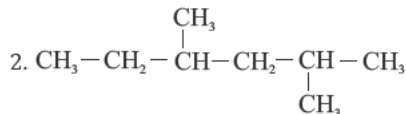
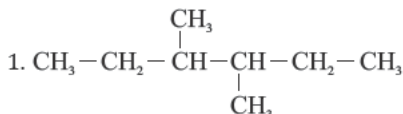
Число четвертичных атомов углерода = 2

9 Присоединением каких радикалов можно получить изогексан?

1. пропил и изопропил 2. вторичный бутил и этил 3. этил и изобутил

10 Определите число первичных атомов углерода в молекуле алкана, полученного соединением пропилового и третичного бутилового радикалов.

11 Сравните число асимметрических атомов углерода в молекуле алканов и обоснуйте свой ответ.



12 Возможен ли четвертичный алкильный радикал? Обоснуйте свои мысли.

Тема 2.4. Номенклатура алканов



Азербайджанская Национальная Библиотека имени М.Ф.Ахундова является самой большой библиотекой Азербайджана. В библиотечном фонде хранятся больше 4,5 миллионов экземпляров печатной продукции. Такое количество книг размещается на полках по определенным правилам, и каждая книга по месту нахождения имеет определённый код. На основании этого библиотекарь очень быстро находит нужную книгу и предоставляет читателю.



Если в библиотеке книги на полках находились бы хаотично (в неопределённом порядке), можно ли было за короткое время предоставить книгу читателю?

Учитывая большое количество алканов, можно ли для их номенклатуры использовать названия, данные на основе определенных правил?

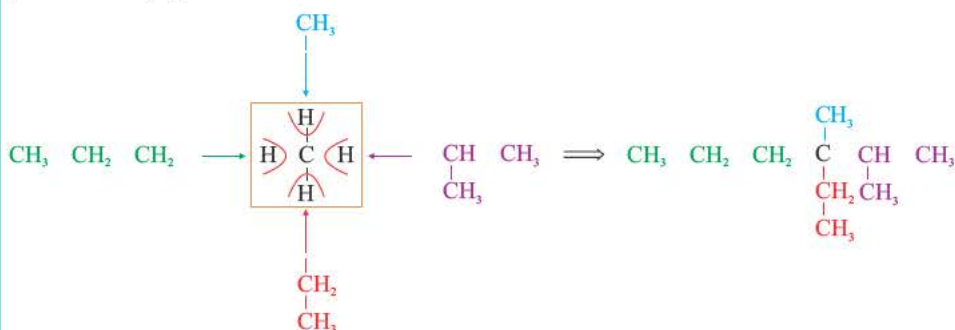
Как можно определить правила для номенклатуры алканов?

До конца XIX века не было общего способа, применяемого для определения названия органических веществ. До этого времени было открыто достаточное количество органических веществ, но несмотря на это, им давали случайные названия. Например, метан, этан, пропан, бутан, изобутан являются *историческими* (тривиальными) названиями, которыми пользуются по сей день. Тем не менее, резкое увеличение количества органических веществ создаёт необходимость определения названия этих веществ на основе определённых правил. С этой целью были предложены различные методы определения названия веществ. Зная правила этих методов, мы можем определить название органических веществ и, наоборот, по названиям веществ можем написать их строение.

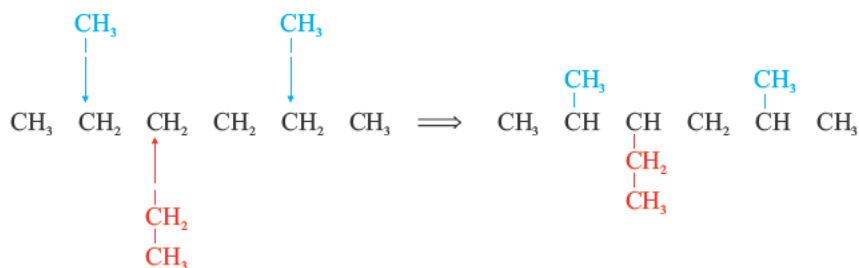


Деятельность

По нижеуказанной схеме заменим атомы водорода в молекуле метана на различные радикалы.



В молекуле неразветвленного C_6H_{14} (гексан) заменим некоторые атомы водорода различными радикалами по следующей схеме.



Используя названия исходных углеводородов и радикалов, какие методы вы могли бы предложить чтобы, назвать полученные углеводороды?

В некоторых случаях для названия веществ пользуются методом *рациональной номенклатуры*. При этом методе все алканы рассматриваются как производные метана, в котором атомы водорода полностью или частично замещаются алкильными радикалами. Например, по этой номенклатуре вещество $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$ рассматривается как производное метана, в молекуле которого один атом водорода замещён на метильный радикал.



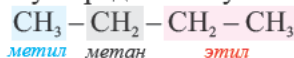
В молекуле $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ сильно разветвленный (в котором мало атомов водорода) атом углерода рассматривают, как атом углерода молекулы метана.



Таким образом, в соответствии с этой номенклатурой $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ является продуктом замещения в молекуле метана двух атомов водорода на метильные радикалы. Если число радикалов больше одного, то используются числа *ди-* (2), *три-* (3), *тетра-* (4).



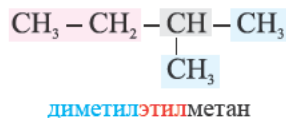
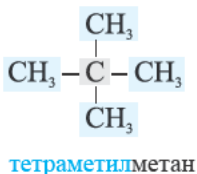
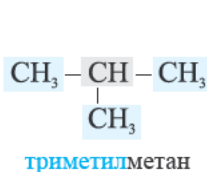
При названии вещества $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ в соответствии с данной номенклатурой, не имеет значения, какой из двух атомов углерода, находящего в середине, мы примем за атом углерода молекулы метана.

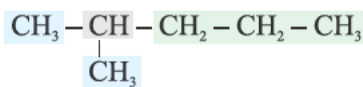


По этому методу, если в молекуле алкана содержатся разные радикалы, то их читают в определенной последовательности: от простого к сложному (метил, этил, пропил и др.).

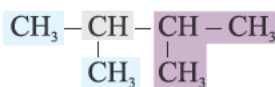


Рассмотрим названия некоторых алканов по этому методу:





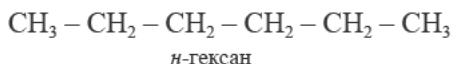
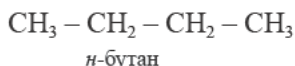
диметилпропилметан



диметилизопропилметан

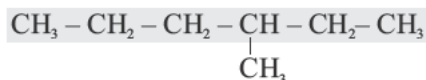
По мере увеличения числа атомов углерода в молекуле алкана, названия углеводородов по рациональной номенклатуре вызывают трудности.

В настоящее время широко применяется наименование веществ по *Международной номенклатуре (Систематическая номенклатура)*. В этом случае первые четыре представителя алканов (метан, этан, пропан, бутан) сохраняют исторические названия. Для называния же следующих представителей используются греческие (иногда латинские) числа. Например, пентан, гексан, гептан, нонан (латинское число), декан и т.д., так называют алканы. Согласно Международной номенклатуре, вышеприведенные названия дают представителям неразветвлённого строения и в начале названия алкана ставят букву *н-* (нормальный). Например:



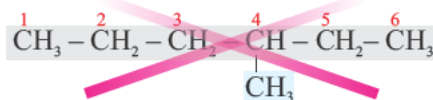
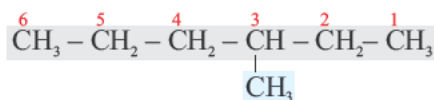
По Международной номенклатуре алканы разветвленного строения называют, как производные алканов неразветвленного строения. Поэтому в названии алкана разветвлённого строения должно найти отражение название неразветвлённого алкана, число, место и название радикала в цепи этой молекулы. С этой целью при наименовании алканов по Международной номенклатуре придерживаются нижеуказанной последовательности.

1. В молекуле алкана выбирают самую длинную углеродную цепь. Эта цепь называется *главной цепью*. Например:



Главная цепь состоит из 6 атомов углерода

2. Главная цепь нумеруется с того конца, к которому ближе находится радикал.



В первом случае нумерация проведена правильно. Потому что в отличие от второго случая метильный радикал соединяется не с четвертым, а с третьим атомом углерода. То есть нумерацию атомов углерода ведется с той стороны, к которой ближе радикал.

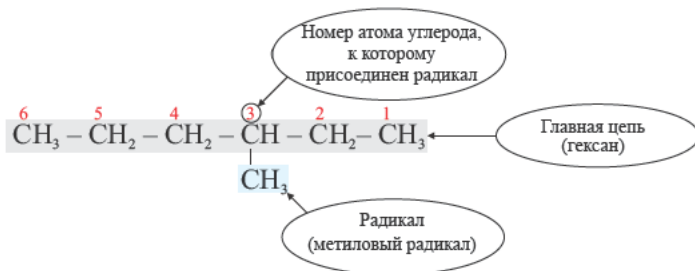


Знаете ли вы?

Международная номенклатура была разработана со стороны Международного Союза Теоретической и Прикладной Химии (International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAC). Эта организация является международной организацией по принятию и расширению стандартов названий веществ. С 1973 года научные организации 45-ти стран являются членами IUPAC.

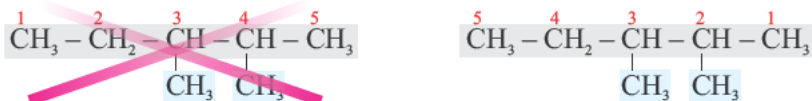


3. Сначала показывают номер атома углерода, к которому присоединён радикал, читают название радикала, а затем название главной цепи.



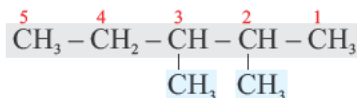
3-метилгексан

Если в главной цепи число радикалов два и больше двух, то нумерацию ведут с того конца, к которому ближе находится радикал. Например:



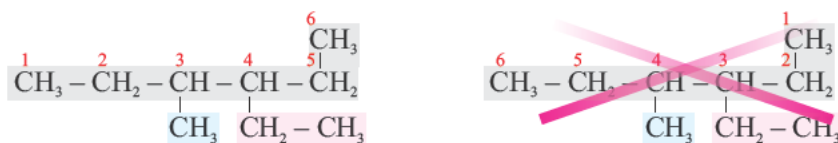
Во втором случае правильно проведена нумерация. Потому что самый близкий радикал соединен со вторым атомом углерода.

При наименовании таких алканов показывают номер каждого углерода главной цепи, с которым соединены радикалы. Одинаковые, повторяющиеся радикалы в главной цепи показывают числами *ди-* (2), *три-* (3), *тетра-* (4) и т.д.



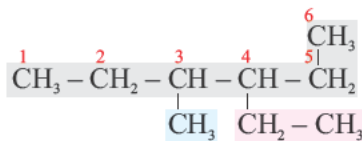
2,3-диметилпентан

Если в главной цепи на одинаковом расстоянии с обеих сторон находятся разные радикалы, то нумерацию проводят с той стороны, к которой ближе простой радикал.



Нумерация в первом случае проведена правильно. Потому что простой радикал метил соединён с третьим атомом углерода.

При назывании таких алканов радикалы читают в порядке от простого к сложному.

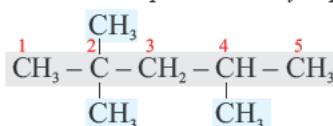


3-метил-4-этилгексан

Если в главной цепи находятся три и более радикалов, и два радикала расположены на одинаковом расстоянии с обеих сторон, то нумерацию ведут с того конца, где расположено больше разветвлений.

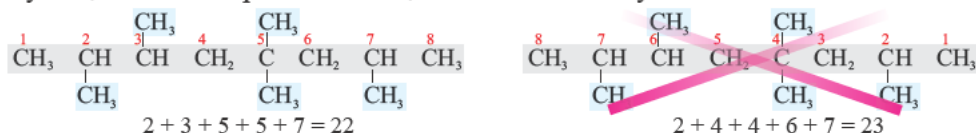


Нумерация в первом случае проведена правильно. Потому что два метильных радикала соединены со вторым атомом углерода.

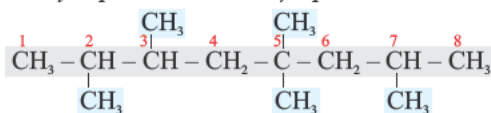


2,2,4-триметилпентан

С увеличением числа радикалов в главной цепи происходят затруднения выбора конца цепи, с которого следует проводить нумерацию. Если разветвление углеродной цепи находится с обоих концов на одинаковом расстоянии, тогда нумерация ведётся с того конца, куда ближе разветвление, которое определяется суммой номеров атомов углерода, соединяющих эти радикалы. Потому что, чем ближе разветвление, тем меньше эта сумма.

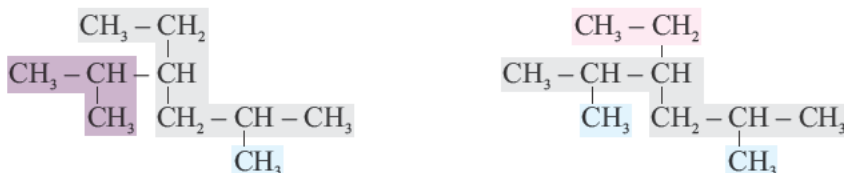


Нумерация в первом случае проведена правильно, потому что в этом случае сумма номеров атомов углеродов, соединяющих радикалы, наименьшая.

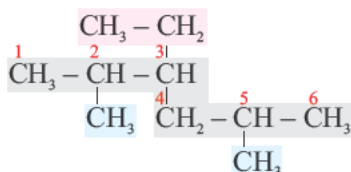


2,3,5,5,7-пентаметиллоктан

Если в молекуле алкана выделяют две и более самые длинные углеродные цепи, то главной цепью будет та, в которой будет больше радикалов.



Во втором случае выбор главной цепи проведён правильно. Потому что в первом случае в главной цепи два (один метиловый и один изопропиловый), во втором случае в главной цепи имеется три радикала (два метиловых и один этиловый).



2,5-диметил-3-этилгексан



Что вы изучили?

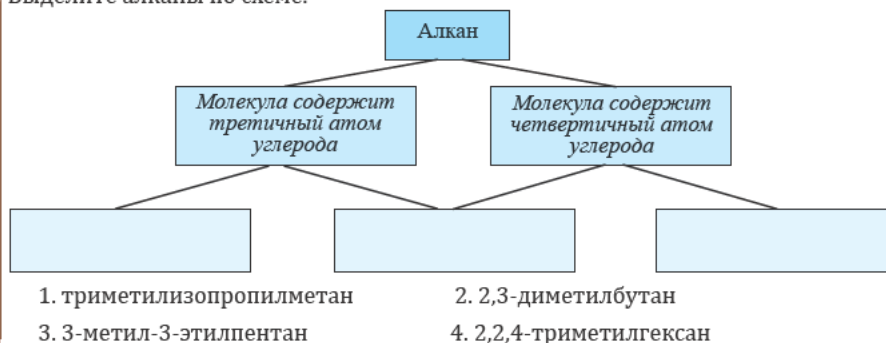
По название вещества $\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ – 2-метилпропан, а по название этого вещества триметилметан. Изобутан является этого вещества.

Международная номенклатура; рациональная номенклатура; историческое название



Проверьте изученное

- Определите исторические названия алканов.
1. этан 2. пентан 3. 2-метилпропан 4. бутан 5. диметилметан
А) 2, 5 В) 3, 4 С) 2, 4 D) 3, 5 Е) 1, 4
- Расположите алканы в последовательности увеличения числа атомов углерода в их молекулах.
1. метилэтилметан 2. 2,2 – диметилпропан 3. изогексан
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \quad | \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ назовите алкан по Международной номенклатуре.
- $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ назовите алкан по рациональной номенклатуре.
- Назовите по Международной номенклатуре алкан, в 0,2 молях которого содержится 12 г углерода и в молекуле имеется один третичный атом углерода.
- Назовите по рациональной номенклатуре алкан, который получают из метилэтилметана, замещая один метильный радикал изопропиловым.
- Какие радикалы образуются из молекулы 2-метилбутана, если происходит разрыв связи C – C?
а. метил и вторичный бутил б. этил и пропил с. изопропил и метил
- Выделите алканы по схеме.



- Напишите графическую формулу диметилэтилметана.
- Назовите по Международной и рациональной номенклатуре углеводород, образованный изобутиловым и этиловым радикалами.

- 11 Если в молекуле н-гексана второй атом углерода соединить с метильным, а четвертый атом углерода с изопропильным радикалом, то можно ли полученное вещество назвать 2-метил-4-изопропилгексан? Обоснуйте свой ответ.
- 12 Молекула 2,3-диметилпентана содержит два третичных атома углерода. При назывании этого алкана по рациональной номенклатуре какой третичный атом углерода рассматривают как углерод молекулы метана?

Тема 2.5. Нахождение в природе и способы получения алканов



Что произойдет, если палкой разрыхлять очень загрязненное, неглубокое дно болота?

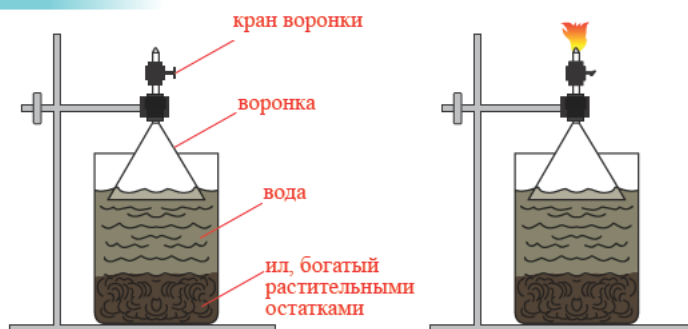
Нахождение в природе

Жидкие и твердые алканы в природе встречаются в составе нефти. Газообразные алканы находятся в нефти в растворённом состоянии, а также над нефтяным слоем, образуя газовый слой над ним (попутные нефтяные газы). Основной составной частью природного газа является метан (80–97%). Метан является самым распространённым в природе предельным углеводородом. В природном газе в небольших количествах содержатся этан, пропан, бутан.

Природные источники алканов	Алканы, входящие в их состав
Природный газ	В основном CH_4 , в небольших количествах C_2H_6 , C_3H_8 и C_4H_{10}
Нефть	Жидкие, твёрдые, а также газообразные алканы, растворённые в нефти
Попутные нефтяные газы	В основном CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} и др.



Деятельность



Посуду помещают на несколько дней в тёплое место. Если открыть кран воронки и поднести горящую спичку к трубке, то выделяющийся газ загорится.

Какой газ выделяется из посуды?

Вследствие какого процесса и из чего образуется этот газ?

Метан является основной составной частью болотных газов. Поэтому его называют «болотным газом». В состав болотных газов в небольших количествах входят CO_2 и N_2 . Эти газы образуются на дне болота при разложении растительных остатков без доступа кислорода с участием анаэробных бактерий.

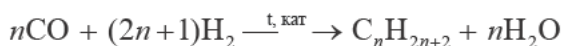


Знаете ли вы?

В Антарктиде под слоем льда есть крупные залежи метана. В период оледенения густые леса этой территории остались под ледяными слоями и их остатки, разлагаясь с помощью микроорганизмов, постепенно превратились в метан.

Получение

В промышленности алканы в основном выделяют из нефти и природного газа, а также на основе синтез-газа в присутствии катализатора получают смесь алканов.

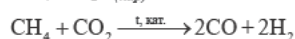
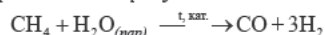


Полученная смесь может быть использована в качестве топлива (синтетический бензин) для двигателей. Этот метод впервые в 1926 году осуществили немецкие ученые Р.Фишер и Г.Тропш.

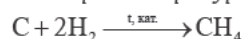


Вспомним

В результате конверсии природного газа (CH_4) с водяным паром и CO_2 образуется синтез-газ.

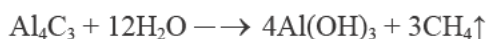


Метан можно получить реакцией из простых веществ с участием катализатора никеля при температуре 500°C .

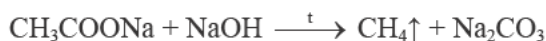


В лаборатории алканы получают следующими способами.

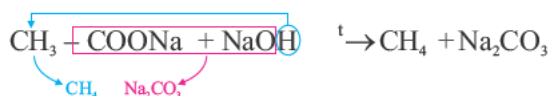
1. Гидролизом карбида алюминия с водой получают метан.



2. Метан получают путём плавления ацетата натрия с твердым гидроксидом натрия.



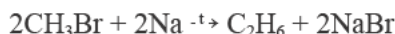
Эту реакцию схематически можно представить в таком виде:



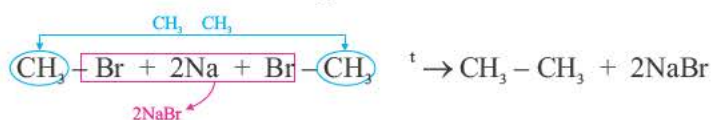
В зависимости от состава солей, взятых для реакций, можно получать этим способом и другие алканы. Например:



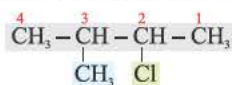
3. Алканы получают при взаимодействии моногалогенопроизводных алканов (алкилгалогенидов) с натрием. Впервые данная реакция была осуществлена в 1855 году французским химиком П.А.Вюрцем и называется реакцией Вюрца.



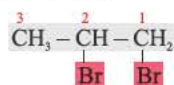
Эту реакцию схематически можно представить в таком виде:



Галогенопроизводные алканов являются продуктами, полученными замещением атомов водорода в молекуле алкана на атомы галогена. В зависимости от числа атомов галогена в молекуле, галогенопроизводные бывают моно-, ди- и т.д. По Международной номенклатуре их называют по общепринятым правилам, как и алканы. В это время нумерацию главной цепи проводят с того конца, к которому ближе галоген, показывают место галогена в цепи и название. Например:

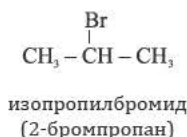
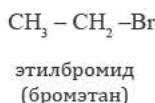
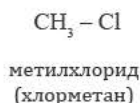


2-хлор-3-метилбутан



1,2-дибромпропан

Широко применяются названия алкилгалогенидов по рациональной номенклатуре. В этом случае сначала называют радикал, а потом галоген.



Как видно, при взаимодействии моногалогенопроизводных алканов с натрием происходит удлинение углеродной цепи и получаются алканы симметричного строения с чётным числом атомов углерода.



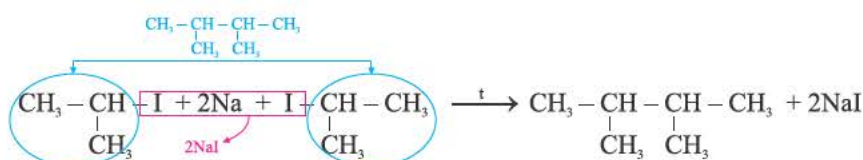
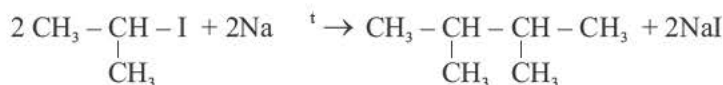
В симметричных молекулах алкана при разрыве определенной C – C связи образуются одинаковые радикалы. В симметричных алканах одна часть молекулы является зеркальным отражением другой части.



Вюрц Шарль Адольф
(1817–1884)

Французский химик. Осуществил реакции получения алканов из алкилгалогенидов. Впервые получил алкиламины.

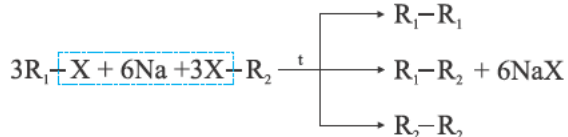
Реакция взаимодействия изопропилиодида с натрием протекает так, как показано ниже:



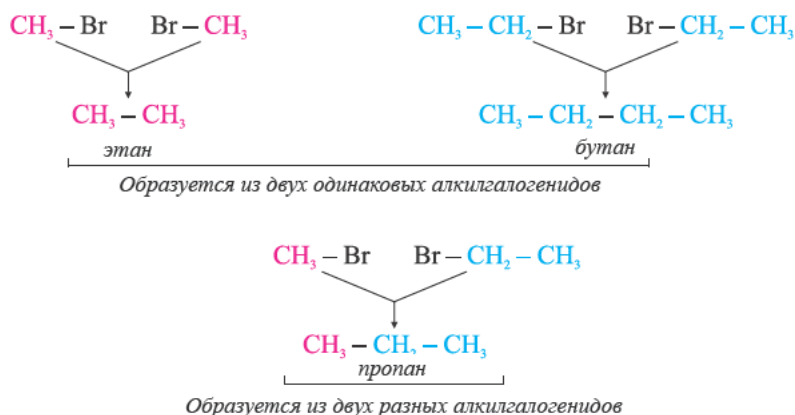
Реакцию Вюрца в общем виде можно показать нижеуказанным уравнением:



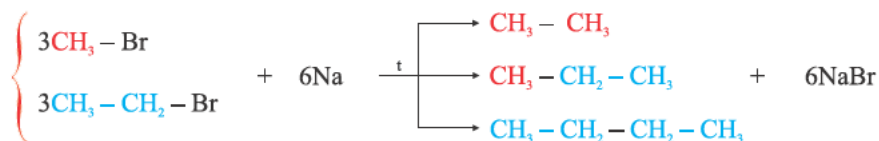
При взаимодействии натрия с двумя разными алкилгалогенидами в результате реакции получается смесь трёх различных алканов.



Например, при реакции смеси метилбромида и этилбромида с натрием образуются алканы, формулы которых даны ниже:



Реакцию можно показать в следующем виде:



Как видно, в этом случае из полученных алканов в двух молекулах содержится чётное, а в одной молекуле – нечётное число атомов углерода.

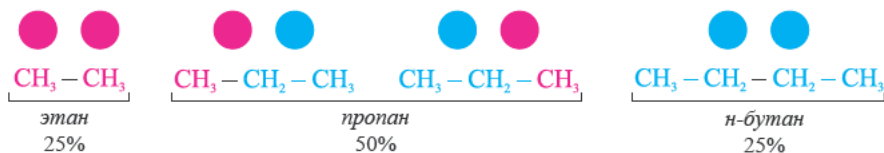


Знаете ли вы?

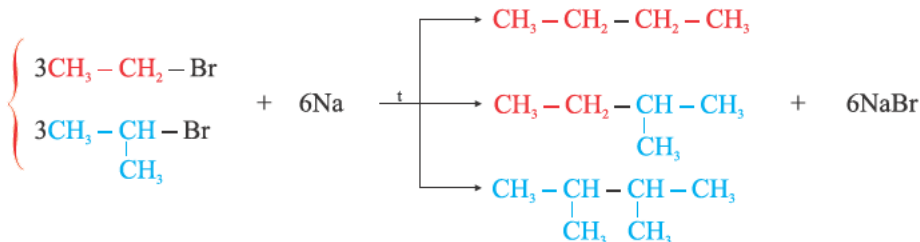
При взаимодействии смеси метилбромида и этилбромида с металлическим натрием в результате реакции количество молей алканов, образованных соединением разных радикалов, больше, чем количество алканов, образованных соединением одинаковых радикалов. Молярное отношение алканов выглядит приблизительно так 1:2:1 (25%; 50%; 25%). Это молярное соотношение можно объяснить, определяя числа возможных вариантов. Предположим, что в одной коробке находятся два красных и два синих шара. Если поочередно из коробки вынимать по два шара, то получатся 4 возможных варианта, показанных ниже.



Если красные шары – метильные, а синие шары – этильные радикалы, то получатся вещества, показанные ниже:



Уравнение реакции смеси этилбромида и изопропилбромид с натрием можно написать так, как показано ниже:



Что вы изучили?

$\text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2\text{Cl}$ этана, а $\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Cl}$ -

При реакции одного алкилгалогенида с натрием получается

При реакции двух разных алкилгалогенидов с натрием получается смесь трёх алканов. Один из этих алканов Эти реакции называются.....

моногоалогенопроизводное; дигалогенопроизводное; реакция Вюрца; симметричный алкан; несимметричный алкан



Проверьте изученное

- Какой алкан является основной составной частью природного газа?
- Определите алкан, образующийся в результате взаимодействия соли $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COONa}$ с NaOH .
- Изменяется ли гибридное состояние атомов углерода во время получения алканов? Объясните это на примере.
- Для хлорэтана и 1,2-дихлорэтана являются одинаковыми:
 - Число атомов в молекуле
 - Число полярных ковалентных связей
 - Число атомов водорода

А) только 1 В) только 2 С) только 3 D) 1, 2 E) 1, 3
- Сколько литров (н.у.) газа образуется при полном гидролизе 72 г карбида алюминия с водой?

А) 11,2 В) 22,4 С) 44,8 D) 33,6 E) 56

6	Количество молей монобромпроизводного алкана	Масса (г) алкана, полученного в реакции с Na	Число σ -связей в молекуле алкана
	0,1	2,9	n

Определите n.

7 Определите алкильный радикал, образованный разрывом C – Cl связи в молекуле 1-хлор-2-метилпропана.

8 Выделите алканы по схеме.



1. 2-метилбутан

2. n-бутан

3. 2,3-диметилбутан

4. пропан

5. 2-метилпропан

9 Как можно синтезировать по реакции Вюрца, алкан полученный взаимодействием соли $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COONa}$ и NaOH?



10 Напишите графические формулы алканов, полученных действием Na на смесь пропилхлорида и изопропилхлорида.

11 Из смеси каких алкилхлоридов по реакции Вюрца можно получить 2,2-диметилпропан? Напишите соответствующее уравнение реакции.

12 Напишите и назовите изомеры вещества, состав которого $\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2$.

Тема 2.6. Физические и химические свойства алканов



Холодильники и кондиционеры заполняют газом, который является охлаждающим веществом.

В пунктах, которые не обеспечены природным газом, пользуются жидким топливом в стальных баллонах. Этим жидким топливом заполняют и зажигалки.

Как вы думаете, какими общими чертами обладают эти вещества (охладитель и жидкое топливо)?



Физические свойства

Алканы – это бесцветные, нерастворимые в воде вещества. Они хорошо растворяются в органических растворителях (бензол, толуол, бензин и т.д.). Газообразные и твердые алканы не имеют запаха, а жидкие алканы имеют запах, похожий на запах бензина.



Деятельность

Даны некоторые свойства ряда алканов.

CH_4	$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
$t_{\text{кип}} = -161,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\rho = 0,424\text{ г/см}^3$	$t_{\text{кип}} = -88,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\rho = 0,546\text{ г/см}^3$	$t_{\text{кип}} = -42,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\rho = 0,582\text{ г/см}^3$

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH} \quad \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
$t_{\text{кип}} = -0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\rho = 0,622\text{ г/см}^3$	$t_{\text{кип}} = -11,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\rho = 0,604\text{ г/см}^3$

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
$t_{\text{кип}} = 36,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\rho = 0,626\text{ г/см}^3$	$t_{\text{кип}} = 27,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\rho = 0,620\text{ г/см}^3$

Основываясь на данной информации, определите, какие закономерности можно указать для физических свойств алканов?

Как изменяется плотность и температура кипения алканов с увеличением их относительной молекулярной массы?

Чем отличаются изомерные алканы друг от друга по физическим свойствам?

Как можно объяснить закономерности физических свойств алканов?

Первые четыре представителя алканов – газы (н.у.), неразветвлённые алканы $\text{C}_5 - \text{C}_{15}$ – жидкости при обычных условиях, а следующие гомологи находятся в твёрдом состоянии. Алканы в твёрдом состоянии образуют молекулярную кристаллическую решётку. Пропан и бутан под давлением легко сжижаются.



Роль химии

В пунктах, не обеспеченных природным газом, как топливо используют пропан-бутановую смесь. Использование пропана и бутана в этих целях выгодно тем, что они легко сжижаются. Эти газы под высоким давлением переходят в жидкое состояние, ими наполняют специальные баллоны и перевозят в таком виде. В баллоне над жидкой фазой образуется насыщенный пар. Когда открывают кран баллона, газ выходит, и для образования насыщенного пара вещества переходят из жидкой фазы в газовую фазу. Таким образом, жидкое топливо постепенно превращается в газообразное. Смесь, состоящая из пропана и бутана, также используется в качестве горючего для автомобилей.

Представители алканов, находящиеся в жидком состоянии (в основном $\text{C}_7 - \text{C}_{15}$) входят в состав моторного топлива. Некоторые алканы (в основном пентан, гексан, гептан и др.) используют как растворители в лабораториях и производственных отраслях (для лаков и красок). Алканы с большой молекулярной массой используют в производстве синтетических жиров и смазочных масел.

Ниже в таблице приведены физические свойства некоторых неразветвлённых алканов.

Название	Относительная молекулярная масса	Агрегатное состояние при комнатной температуре	Температура кипения, °C	Плотность, г/см ³ (20°C)
Метан	16	газ	– 161,6	0,424
Этан	30	газ	– 88,5	0,546
Пропан	44	газ	– 42,2	0,582
<i>n</i> -Бутан	58	газ	– 0,5	0,622
<i>n</i> -Пентан	72	жидкость	36,1	0,626
<i>n</i> -Гексан	86	жидкость	68,7	0,659
<i>n</i> -Гептан	100	жидкость	98,4	0,684
<i>n</i> -Октан	114	жидкость	125,7	0,703
<i>n</i> -Нонан	128	жидкость	150,8	0,718
<i>n</i> -Декан	142	жидкость	174,1	0,730

Как видно из таблицы, с увеличением числа атомов углерода (относительной молекулярной массы) увеличивается температура кипения и плотность неразветвлённых алканов. Несмотря на одинаковую молекулярную массу изомеров, они отличаются физическими свойствами. У изомерных алканов температура кипения и плотность неразветвлённого алкана выше по сравнению с разветвлённым алканом. С увеличением разветвления эти свойства становятся еще слабее. Причиной этого является разнообразная упаковка молекул в изомерных веществах, и поэтому есть разница в силах межмолекулярного притяжения. В разветвлённых алканах (например, изобутан) межмолекулярные силы притяжения сравнительно меньше, чем у неразветвлённых (*n*-бутан). Поэтому температура кипения и плотность у разветвлённых алканов ниже по сравнению с соответствующими нормальными алканами.



Знаете ли вы?

Алканы оказывают вредное воздействие на дыхательную систему и кожный покров. Высшие алканы очень опасны для организма.

Изомер	Температура кипения, °C	Плотность, г/см ³
<i>n</i> -Бутан	– 0,5	0,622
Изобутан	– 11,7	0,604

Химические свойства



Деятельность

Раствор, в котором при определённой температуре растворимое вещество более не способно растворяться, называют насыщенным раствором. Коэффициент растворимости поваренной соли в воде при комнатной температуре

равен 359 г/л. Если в 1 л воды добавить 400 г поваренной соли и достаточно хорошо перемешать, то 359 г соли растворится, а 41 г осядет на дне раствора.

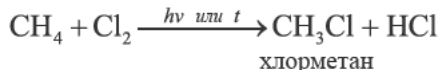
Что такое насыщенное вещество?

С какими их свойствами это связано?

Какими свойствами похожи насыщенные вещества и насыщенные растворы?

Все связи в молекулах алкана образованы с участием sp^3 гибридных орбиталей атома углерода, и по этой причине полученные вещества обладают прочной связью и малой активностью при обычных условиях. Эти вещества называют *парафинами* (лат. «*parrum affinis*» – малоактивный). Из-за использования всех валентных возможностей атома углерода при химических реакциях алканы не присоединяют другие атомы или группы атомов. Вот почему эти углеводороды не способны к реакциям присоединения и называются *предельными* (насыщенными) углеводородами. Однако при определенных условиях в молекулах алкана происходит разрыв $C - C$ и $C - H$ связей, и они вступают в реакции замещения, окисления, разложения и изомеризации.

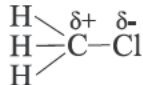
Реакции замещения. Реакции алканов с галогенами протекают с разрывом $C - H$ связи, с замещением атомов водорода атомами галогенов и в результате образуются галогенопроизводные алканов. При взаимодействии фтора с алканами реакция протекает при обычных условиях со взрывом. Под воздействием света и температуры алканы реагируют с хлором и бромом. В темноте эти реакции не протекают.



При достаточном количестве хлора атомы водорода постепенно замещаются атомами хлора, и в реакционной среде образуется смесь галогенопроизводных.

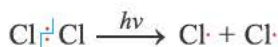


Атомы водорода в молекулах алкилгалогенида замещаются галогеном легче, чем в соответствующем алкане. Это объясняется взаимным влиянием атомов в молекуле. Например, рассмотрим это взаимовлияние в молекуле CH_3Cl . У атома хлора электроотрицательность больше, чем у атома углерода. Поэтому электронная плотность $C - Cl$ связи смещена в сторону атома хлора, и вследствие этого атом хлора приобретет частичный отрицательный заряд, а атом углерода – частичный положительный заряд.

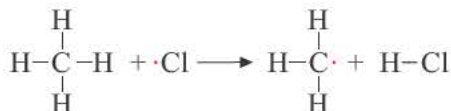


В свою очередь, электронная плотность $C - H$ связей смещается в сторону атома углерода. В результате атомы водорода в молекуле оказываются менее прочно связанными с атомом углерода и легче замещаются.

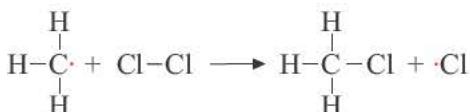
Хлорирование алканов начинается с образования свободных радикалов. При поглощении световой энергии в молекуле хлора происходит гомолитический разрыв связи с образованием двух атомов хлора.



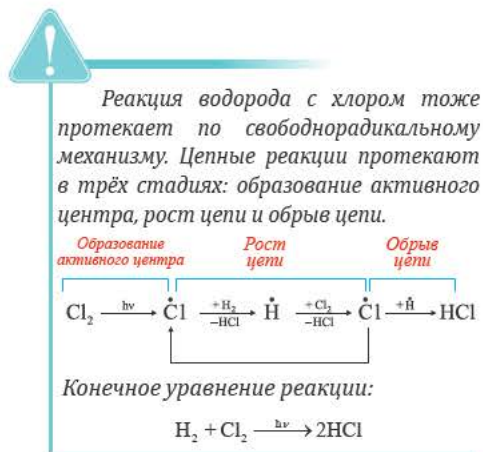
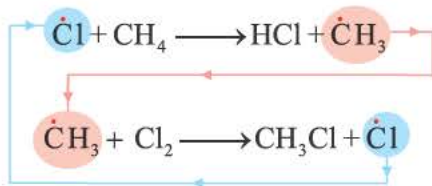
Образованные атомы хлора на внешнем энергетическом уровне имеют неспаренный электрон (свободный радикал). При взаимодействии хлора с метаном происходит гомолитический разрыв C – H связи, и в этот момент образуется молекула HCl.



Механизм этих реакций называют *свободнорадикальным механизмом*. Время существования свободного метильного радикала составляет $8 \cdot 10^{-3}$ секунды. Метильный радикал реагирует с другой молекулой хлора, происходит гомолитический разрыв Cl – Cl связи. В результате, образуется метилхлорид и снова радикал хлора.

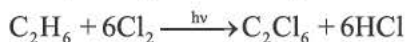
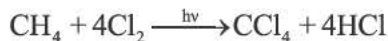


В общем, реакции, в результате которых происходит цепь последовательных превращений, называются *цепными реакциями*. При цепных реакциях каждый радикал, образуя другой радикал, сам превращается в молекулярное вещество. Реакция продолжается за счет образования нового радикала.

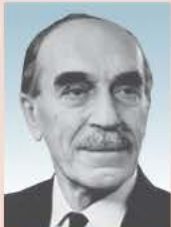


В разработке теории цепных реакций большую роль сыграли труды академика Н.Н. Семёнова.

Уравнения реакций полного хлорирования метана и этана показаны ниже:



Как видно из уравнений реакций, число замещённых атомов водорода и число образованных молекул HCl равно числу молекул галогена, вступившего в реакцию с молекулой алкана.



Семёнов Николай Николаевич
(1896–1986)

Русский ученый.
Лауреат Нобелевской премии. Разработал теории цепных реакций и теплового взрыва и горения газовых смесей.

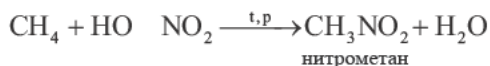


Роль химии

Хлоропроизводные метана – дихлорметан, трихлорметан и тетрахлорметан – при обычных условиях находятся в жидком состоянии и используются как растворители. Они являются хорошими растворителями жиров и смол. Пользуясь этими свойствами, тетрахлорметан нашёл применение в химической чистке для выведения пятен. Его также используют при тушении огня. Он находится в жидком состоянии и негорюч. При соприкосновении с пламенем поглощает теплоту и испаряется (охлаждает горящую поверхность). Пары тетрахлорметана тяжелее воздуха и, оседая на поверхности пламени, предотвращают доступ кислорода к нему. Но при высокой температуре может образоваться отравляющее вещество фосген. Фосген при обычных условиях газообразное вещество с составом COCl_2 . Обладает удушливым действием и запахом гнилой травы. Во время Первой Мировой войны был использован как химическое оружие. Поэтому при тушении огня в закрытых помещениях пользоваться тетрахлорметаном нецелесообразно. Хлорметан газообразное вещество, под давлением легко переходит в жидкое состояние. При его испарении поглощается много тепла. Благодаря этому свойству его раньше использовали в холодильных системах. Из-за ядовитости и горючести ограничили его применение как охладителя. В настоящее время в холодильных установках (холодильники, кондиционеры) в качестве охладительного агента используют фреоны. Фреоны – это техническое название галогенопроизводных алканов (в основном, метана и этана). Например: CF_3Cl – трифторхлорметан, CH_2FCl – фторхлорметан и т.д. Фреоны при обычных условиях газообразные вещества, под высоким давлением сжижаются и наполняются в охладительные системы. Под действием тепла окружающей среды они легко испаряются и способствуют поглощению теплоты. Затем, за счёт сжатия переходят в жидкое состояние, и теплота выделяется в окружающую среду. Фреоны, содержащие хлор и бром, разрушают озон. Одной из причин образования озоновых дыр и уменьшения толщины озонового слоя является загрязнение атмосферы фреонами.

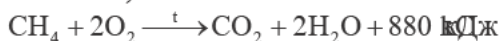
Йодопроизводное метана CH_3I (йодоформ) используется в медицине как антисептик. Анти-септические вещества наносят на открытые раны, так как они предохраняют раны от гниения.

Являясь пассивными при обычных условиях алканы не реагируют даже с концентрированными кислотами. Но под давлением и при нагревании алканы вступают в реакцию замещения с разбавленной азотной кислотой. При протекании этой реакции атом водорода в молекуле алкана замещается нитрогруппой ($-\text{NO}_2$).

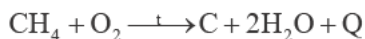
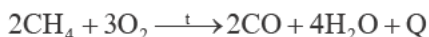


Эта реакция впервые была проведена в 1888 году русским ученым М.И. Коноваловым и названа *реакцией Коновалова*.

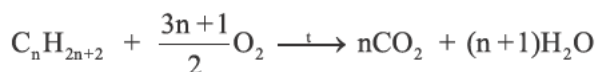
Реакции горения и окисления. При обычных условиях алканы не вступают в реакцию с кислородом. Но при нагревании они горят, образуя углекислый газ и воду (полное окисление).



При недостатке кислорода происходит неполное сгорание метана, и в результате образуется ядовитый угарный газ или углерод (сажа):



Общее уравнение горения алканов можно выразить в нижеуказанном виде:

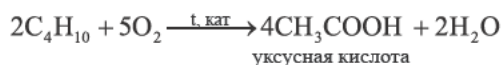
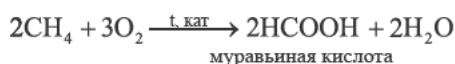
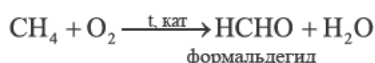
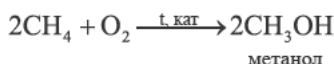




Роль химии

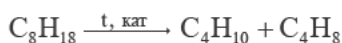
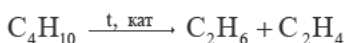
Алканы являются дешёвым источником топлива. Природный газ используется как топливо в быту и котельнях. По сравнению с другим видом органического топлива, транспортировка и применение природного газа является очень выгодной. По сравнению с другими видами органического топлива, при горении природного газа получается мало вредных веществ, т.е. природный газ является самым чистым экологическим топливом среди других видов органического топлива. Во время использования природного газа надо соблюдать осторожность. При накоплении газа в зданиях, в заводских котельнях, в шахтах от небольшой искры метан загорается со взрывом. Для предотвращения этого явления в шахтах используют сильные вентиляционные системы.

В зависимости от вида катализатора при неполном окислении алканов получают различные вещества.



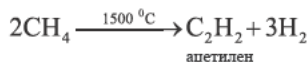
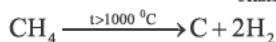
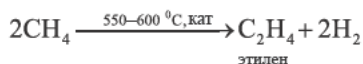
Реакции разложения

а) *Крекинг*. При высокой температуре происходит разложение (крекинг) алканов. В результате реакции получается смесь предельных и непредельных углеводородов.

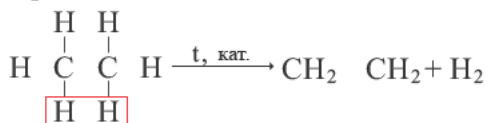


Вспомним

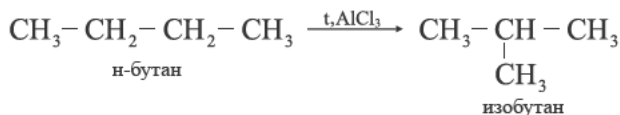
В зависимости от температуры разложение метана происходит по разному.



б) *Дегидрирование*. В результате этих реакций происходит отщепление водорода от молекулы алкана. Дегидрирование протекает при высокой температуре и в присутствии катализатора:



Реакции изомеризации. Нагревание алканов с участием катализатора становится причиной изменения структуры молекулы (начиная с C_4H_{10}). Например, при нагревании бутана в присутствии катализатора хлорида алюминия он подвергается изомеризации и превращается в изобутан.





Что вы изучили?

Алканы, в молекулах которых содержатся $1 \div 4$ атома углерода -, неразветвлённые алканы, содержащие $5 \div 15$ атомов углерода, а алканы, содержащие 16 и более атомов углерода находятся в состоянии.

Алканы являются предельными углеводородами и поэтому для них не характерны реакции..... Для алканов реакции с хлором являются реакциями Эти реакции являются ... и протекают по Реакции, в результате которых от молекул отщепляется водород, называются реакциями.....

Получение метанола из метана при нагревании в присутствии катализатора является,, а получение этилена из метана – реакцией

Бутан, в отличие от метана, этана и пропана, подвергается.....

твёрдый; жидкий; газ; цепная реакция; замещение; соединение; окисление; разложение; дегидрирование; свободнорадикальный механизм; изомеризация



Проверьте изученное

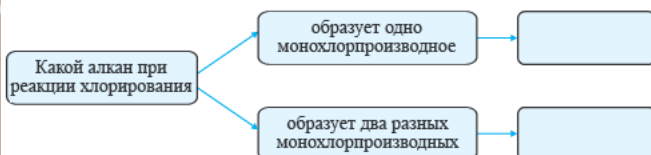
- Определите последовательность возрастания температуры кипения алканов.
I. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ II. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ III. $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$
- Определите формулу органического вещества и число молекул хлороводорода, полученных при взаимодействии одной молекулы пропана с шестью молекулами хлора.
- Как опытным путём можно отличить метан от водорода?
- Чем отличаются реакции хлора с метаном и с водородом?
A) Протекает по свободнорадикальному механизму
B) Протекает без изменения количества молей
C) Является реакцией замещения
D) Получается хлороводород
E) Протекает при освещении
- Сколько теплоты (кДж) выделится при полном сгорании 200 л (н.у.) газовой смеси, состоящей (по объёму) из 89,6% метана, 4% углекислого газа и 6,4% азота (теплота сгорания метана 880 кДж/ моль)?

Объём метана (н.у.), литр	Число молей хлора, необходимого для полного хлорирования
4,48	x

Определите x.

- A) 1 B) 0,1 C) 0,2 D) 0,8 E) 0,4

7



Выделите алканы по схеме.

1. этан 2. пропан 3. 2-метилпропан 4. 2,2-диметилпропан

8 Выделите реакции по схеме.

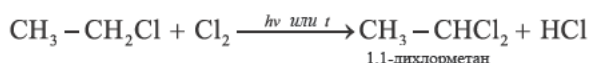
Связи, разрывающиеся в молекулах алканов при химических реакциях	
C – C	C – H

1. Хлорирование этана
2. Крекинг бутана
3. Реакция метана с разбавленной HNO_3

9 Составьте уравнения реакций, при помощи которых осуществляются превращения в схеме $\text{C} \xrightarrow{1} \text{CH}_4 \xrightarrow{2} \text{CH}_3\text{Cl} \xrightarrow{3} \text{C}_2\text{H}_6$.

10 Напишите графическую формулу алкана C_5H_{12} , при бромировании которого образуется только одно монобромпроизводное алкана.

11 В молекуле алкилгалогенида, содержащего два и более атомов углерода, атомы водорода, соединённые с атомом углерода, к которому присоединен галоген, становятся более подвижными. Например:



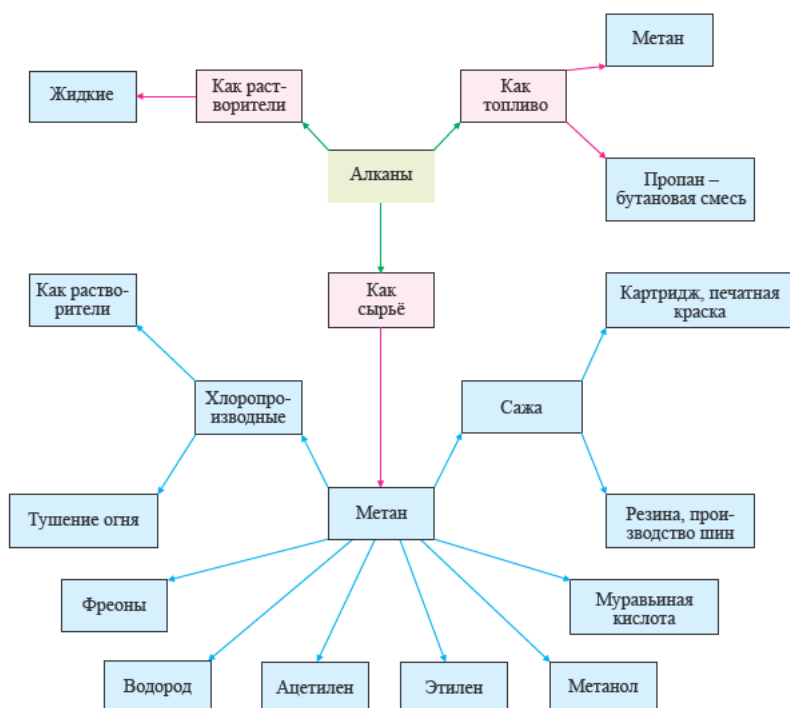
Объясните причину.

12 Смесь метана с кислородом в объемном отношении 1:2 очень опасна, от небольшой искры может произойти взрыв. Объясните причину этого явления. Как по-вашему, в каком объемном отношении смесь метана с воздухом является очень опасной?



Домашнее задание

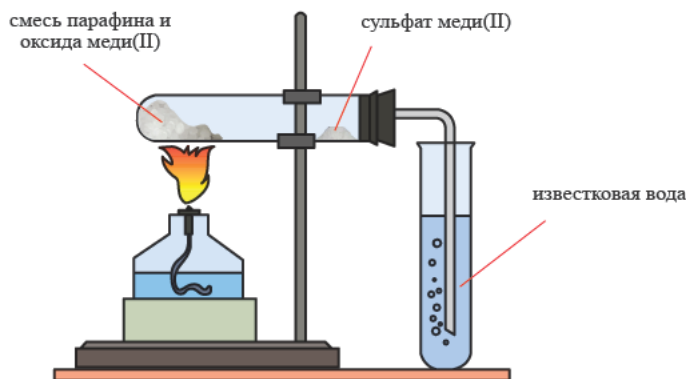
На основе схемы подготовьте презентацию под названием: «Применение алканов»



**Практическая работа №1** *Определение качественного состава углеводов*

Реактивы и оборудование: парафин, оксид меди(II), сульфат меди(II), пробка снабжённая газоотводной трубкой, штатив, спиртовка, ложка, пробирки.

Ход работы: Поместите в сухую пробирку около 1 г порошка оксида меди(II) и 0,2 г парафина. Нагревайте пробирку до тех пор, пока парафин не расплавится, и не смешается с оксидом меди(II). Закрепите пробирку в штативе в горизонтальном положении. Ближе к открытому концу пробирки при помощи ложки поместите немного безводного сульфата меди(II). Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой, опустив конец трубки в другую пробирку с известковой водой. Нагрейте содержимое пробирки.



Какие наблюдения выявлены?

Отметьте, какие изменения произошли с сульфатом меди(II) и известковой водой.

Напишите уравнения соответствующих реакций, сделайте вывод о качественном составе парафина.



III РАЗДЕЛ

НЕПРЕДЕЛЬНЫЕ АЛИФАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

- Тема 3.1. Гомологический ряд алкенов, электронные и графические формулы их молекул
- Тема 3.2. Пространственное строение молекул алкенов
- Тема 3.3. Номенклатура алкенов
- Тема 3.4. Изомерия алкенов
- Тема 3.5. Получение алкенов
- Тема 3.6. Физические и химические свойства алкенов
- Тема 3.7. Гомологический ряд алкадиенов, графические формулы и пространственное строение их молекул
- Тема 3.8. Номенклатура и изомерия алкадиенов
- Тема 3.9. Получение и физические свойства алкадиенов
- Тема 3.10. Химические свойства алкадиенов
- Тема 3.11. Гомологический ряд алкинов, графические формулы и пространственное строение их молекул
- Тема 3.12. Номенклатура и изомерия алкинов
- Тема 3.13. Получение и физические свойства алкинов
- Тема 3.14. Химические свойства алкинов
- Практическая работа №2. Изучение химического состава каучука и резины

Тема 3.1. Гомологический ряд алкенов, электронные и графические формулы их молекул



Первым представителем гомологического ряда алкенов является этен (C_2H_4). Почему нет представителя алкенов, в состав которого входит один атом углерода?

Согласно Международной номенклатуре, углеводороды с открытой углеродной цепью, в молекулах которых между атомами углерода имеется одна двойная связь, называются **алкенами**. В молекуле алкена число атомов водорода равно удвоенному числу атомов углерода. Если в молекуле содержится n атомов углерода, то состав алкена выражают общей формулой C_nH_{2n} ($n \geq 2$). Например, формулу алкена, содержащего 4 атома углерода, записывают как $C_4H_{2 \cdot 4}$ или C_4H_8 .



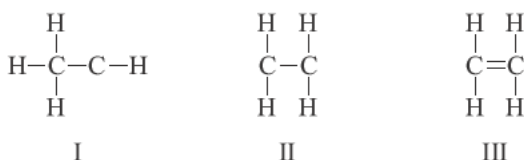
Вспомним

Углеводороды с открытой углеродной цепью, в молекулах которых между атомами углерода имеется двойная или тройная связь, называются **непредельными углеводородами**.



Деятельность

В молекуле этана к двум атомам углерода присоединено шесть атомов водорода, а в молекуле этена к двум атомам углерода присоединено четыре атома водорода.



Учитывая валентные возможности атомов, определите, какая из данных формул правильно отражает строение этена.

В молекулах углеводорода двойная связь может образоваться только между атомами углерода. Для образования двойной связи в молекуле алкена должно содержаться минимум два атома углерода. По этой причине у первого представителя алкенов в молекуле имеется два атома углерода. Как и алканы, алкены отличаются друг от друга одной или несколькими группами $-CH_2-$ (метилен) и образуют нижеуказанный гомологический ряд.

Формула алкена	Название алкена
C_2H_4	Этен
C_3H_6	Пропен
C_4H_8	Бутен
C_5H_{10}	Пентен и т.д.

В отличие от этана, в молекуле этена число атомов водорода на две единицы меньше. В молекуле этана условно от каждого атома углерода отнимем один атом водорода.



Однако данная формула неправильно выражает строение молекулы этена. Четвертая единица валентности атомов углерода не может оставаться свободной. Они, соединяясь друг с другом, образуют вторую связь (π -связь) между атомами углерода:



Таким образом, в молекуле этена между атомами углерода существуют двойная связь. Одна из этих связей σ -связь, а другая – π -связь. Как и в молекуле этена, в других молекулах алкенов между атомами углерода тоже есть двойная связь.

Алкены				
Название	Молекулярная формула	Графическая формула		Электронная формула
Этен	C_2H_4	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	$\text{H} : \text{C} :: \text{C} : \text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H}$
			\equiv	
Пропен	C_3H_6	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} : \text{C} :: \text{C} :: \text{C} : \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$



Что вы изучили?

Согласно Международной номенклатуре, алифатические углеводороды, в молекулах которых между атомами углерода имеется одна двойная связь, называются

У алканов общая формула, а у алкенов состав выражается общей формулой

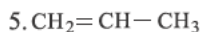
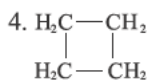
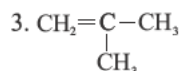
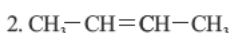
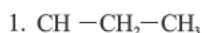
В молекуле пропена между атомами углерода есть две и одна

σ -связь; π -связь; алкен; C_nH_{2n} ; $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$



Проверьте изученное

1 Среди данных веществ выберите алкены.



A) 1, 4

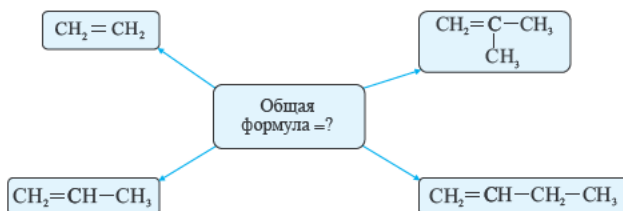
B) 2, 4, 5

C) 1, 3, 5

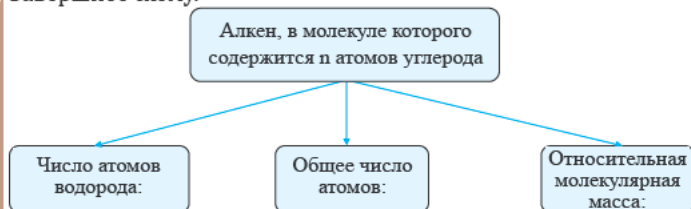
D) 3, 4

E) 2, 3, 5

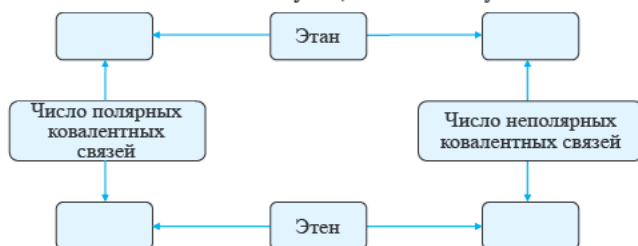
2



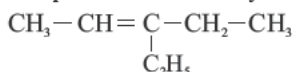
- 3 Что отличает молекулы $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ и $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$?
1. Число атомов углерода
 2. Число атомов водорода
 3. Число связей, длина которых 0,154 нм
 4. Число неполярных ковалентных связей
 5. Число неполярных σ -связей
- 4 Молекула пропена содержит 3 атома углерода и 6 атомов водорода. Почему к каждому атому углерода не присоединяется по два атома водорода?
- 5 Сколько атомов водорода содержит алкен, молекула которого содержит 15 атомов?
- 6 Завершите схему.



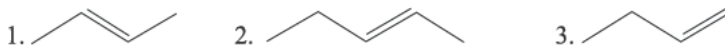
- 7 Впишите число соответствующих связей в пустые ячейки.



- 8 Определите число вторичных и третичных атомов углерода в соединении.

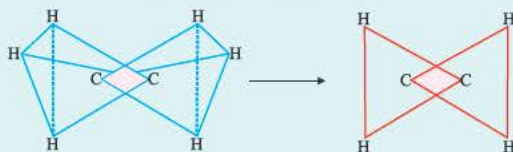


- 9 Постройте для алкенов график зависимости массовых долей (%) углерода и водорода от их относительной молекулярной массы.
- 10 Составьте графические формулы алкенов, которым соответствуют углеродные цепи $\text{C} = \text{C} - \text{C} - \text{C}$ и $\text{C} - \text{C} = \text{C} - \text{C}$. Определите степень окисления атомов углерода.
- 11 В образовании химических связей в молекуле этана принимают участие 14 электронов, а в молекуле этена – 12 электронов. При образовании обеих молекул соблюдается правило октетов. Сравнивая электронные формулы этих веществ, объясните причину вышесказанного.
- 12 Определите соответствие.



- a. $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ b. $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$
 c. $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ d. $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$
 e. $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

Тема 3.2. Пространственное строение молекул алкенов



Что является общим для этих превращений?



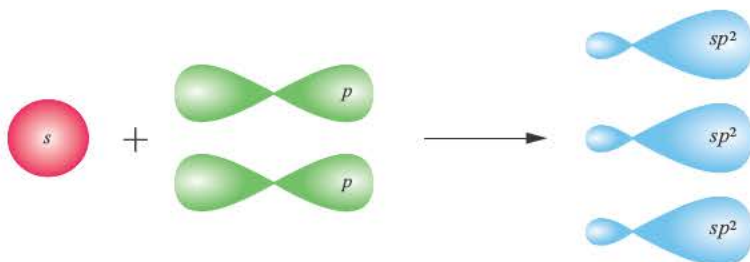
Деятельность

Вещество	Химическая связь	Энергия связи	Длина связи
$\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_3$	$\text{C} - \text{C}$	347 кДж/моль	0,154 нм
$\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2$	$\text{C} = \text{C}$	612 кДж/моль	0,134 нм

Энергия одинарной $\text{C} - \text{C}$ связи равна 347 кДж/моль, почему энергия двойной $\text{C} = \text{C}$ связи не равна значению $2 \cdot 347 = 694$ кДж/моль?

Почему длина связи между атомами углерода в молекуле этена меньше по сравнению с длиной соответствующей связи в молекуле этана?

Рассмотрим пространственное строение алкенов на примере первого представителя гомологического ряда молекулы этена. В отличие от молекулы этана в молекуле этена каждый атом углерода соединён не с тремя, а с двумя атомами водорода, и между атомами углерода имеется двойная связь. А также при помощи физических методов исследований было установлено, что атомы в молекуле этена располагаются на одной плоскости. Это можно объяснить гибридным состоянием атомов углерода в молекуле этена. Три орбитали (одна s и две p орбитали) наружного энергетического уровня атома углерода в процессе гибридизации образуют sp^2 орбитали.

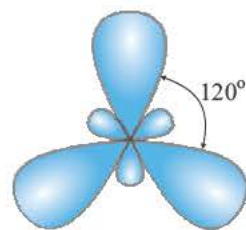


Образованные sp^2 гибридные орбитали максимально удаляются друг от друга. В этом случае угол между ними составляет 120° .

Две гибридные орбитали каждого атома углерода, перекрываясь с s -орбиталями атомов водорода ($sp^2 - s$ перекрывание), образуют $\text{C} - \text{H}$ связи. Третьи гибридные орбитали атомов углерода, перекрываясь вдоль прямой линии, сое-

диняющей центры ядер атомов, образуют С – С σ -связь. ($sp^2 - sp^2$ перекрывание).

В атомах углерода, не принявших участия в гибридизации, p -орбитали направлены перпендикулярно к плоскости, в которой находятся орбитали, образующие сигма связи. Эти орбитали за счёт бокового перекрывания между собой выше и ниже плоскости, в которой находятся атомы, образуют вторую – π (пи) связь (p - p перекрывание).



Форма sp^2 гибридных орбиталей в пространстве

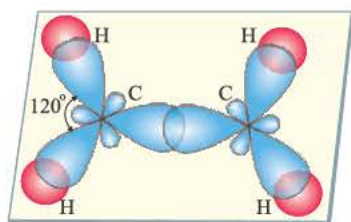


Схема образования σ -связей в молекуле этена

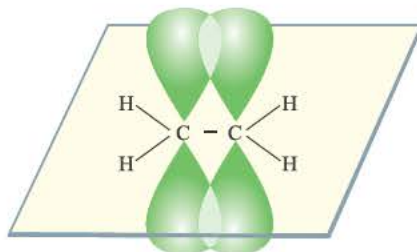


Схема образования π -связи в молекуле этена

Как видно, все атомы молекулы этена находятся на одной плоскости. С образованием π -связи расстояние между ядрами атомов углерода уменьшается. По этой причине длина связи между атомами углерода в молекуле этана 0,154 нм, а в молекуле этена составляет 0,134 нм. При образовании π -связи площадь перекрывания орбиталей меньше, чем в σ -связи.



σ -связь, образованная перекрыванием гибридных орбиталей



π -связь, образованная перекрыванием p -орбиталей

Поэтому энергия и прочность π -связи меньше, чем в σ -связи. То есть энергия π -связи в молекуле этена составляет не 347 кДж/моль, а равна $612 - 347 = 265$ кДж/моль.



347 кДж/моль

347 кДж/моль

$$2 \cdot 347 \text{ кДж/моль} = 694 \text{ кДж/моль}$$

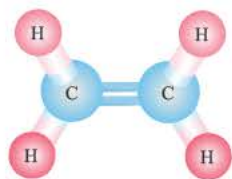


347 кДж/моль

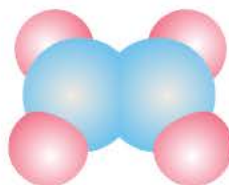
265 кДж/моль

$$347 \text{ кДж/моль} + 265 \text{ кДж/моль} = 612 \text{ кДж/моль}$$

Ниже даны шаростержневая и шаровая модели молекулы этена.

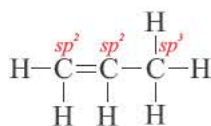


Шаростержневая
модель молекулы этена

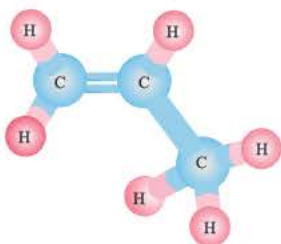


Шаровая модель
молекулы этена

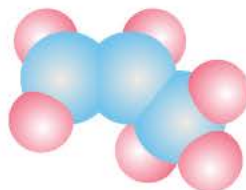
У других представителей гомологического ряда алкенов, кроме атомов углерода при двойной связи, остальные атомы углерода находятся в sp^3 гибридном состоянии. Например, в молекуле пропена два атома углерода находятся в sp^2 , а один атом углерода в sp^3 гибридном состоянии.



В молекуле пропена атомы углерода, находящиеся в sp^2 гибридном состоянии, три атома водорода и один атом углерода, которые связаны с этими атомами углерода, находятся всегда в одной плоскости. Атомы водорода, соединенные с атомом углерода, который находится в sp^3 гибридном состоянии, образуют валентный угол $109^\circ 28'$. Ниже даны шаростержневая и шаровая модели молекул пропена.



Шаростержневая
модель молекулы пропена



Шаровая модель
молекулы пропена



Что вы изучили?

В молекулах алкенов два атома углерода находятся в, а остальные – в состоянии.

В молекуле этена атома углерода образуют σ -связи, а, не участвующие в гибридизации, в результате бокового перекрывания образуют π -связь. по сравнению с непрочная.

Валентные углы в молекуле этана составляют, а в молекуле этена -

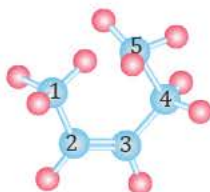
Длина $C=C$ связи в молекуле пропена равна, а длина $C-C$ связи -

sp^3 гибрид; sp^2 гибрид; 0,134 нм; 0,154 нм; p орбиталь; sp^2 орбиталь; π -связь; σ -связь; 120° ; $109^\circ 28'$



Проверьте изученное

- 1 Определите по шаростержневой модели молекулы атомы углерода, находящиеся в sp^2 гибридном состоянии.



- 2 Определите, в какой последовательности увеличивается число гибридных орбиталей в данном ряду веществ.

1. метан 2. этан 3. этен

- 3 Как можно объяснить отличия пространственного строения молекул этана и этена?

- 4 Какими электронными облаками обладают атомы углерода молекулы пропена? Обоснуйте свои мысли.



- 5 Вычислите относительную молекулярную массу алкена, в молекуле которого число sp^3 гибридных орбиталей в 2 раза больше числа sp^2 гибридных орбиталей.

- 6 В каких молекулах алкенов сумма длин связей между атомами углерода составляет 0,442 нм?



- 7 В каких случаях схемы перекрывания электронных облаков соответствуют связям в молекуле этена?



A) 1, 4, 6

B) 2, 4, 5

C) 2, 3, 6

D) 1, 2, 4

E) 1, 3, 6

- 8 Распределите в таблицу выражения об атомах углерода в молекуле $\overset{1}{\text{CH}_2}=\overset{2}{\text{CH}}-\overset{3}{\text{CH}_3}$.

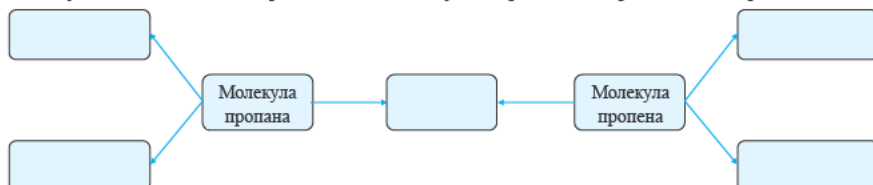
Атом углерода		
1	2	3

- a. Находятся в sp^3 гибридном состоянии
 b. Образуют две связи за счёт перекрывания sp^2-s
 c. Степень окисления -1
 d. Образуют одну неполярную ковалентную связь

- 9 Завершите схему, дописывая в ячейки вещества SO_2 , CH_4 , H_2O и C_2H_4 .



- 10 Используя данные ниже выражения о молекулах пропана и пропена, постройте кластер.



1. число sp^3 гибридных орбиталей = 4
2. все валентные углы = $109^\circ 28'$
3. число полярных ковалентных связей = 8
4. число связей, образованных перекрыванием гибридных орбиталей = 2
5. число неполярных ковалентных связей = 3

- 11 Вспомните взаимосвязь между длиной, энергией и кратностью химической связи в молекулах между атомами. Как можно объяснить эту закономерность на примере этана и этена?

- 12 $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3 \longrightarrow \text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$ для веществ, данных в ряду, определите соответствие.

- | | |
|------------------|--|
| 1. Увеличивается | a. молярная масса |
| 2. Не изменяется | b. число π -связей |
| 3. Уменьшается | c. число sp^2 гибридных орбиталей |
| | d. число sp^3 гибридных орбиталей |
| | e. число связей, образованных перекрыванием sp^2-s |



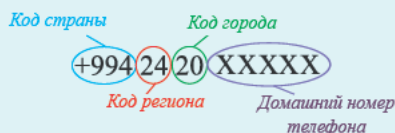
Домашнее задание

Используя пластилин и спички, постройте шаростержневую модель пропена. Определите валентные углы в молекуле и сгруппируйте их.

Тема 3.3. Номенклатура алкенов



Каждая цифра номера телефона выражает определенный код. Например:



А что выражают части, из которых составлены названия алкенов?



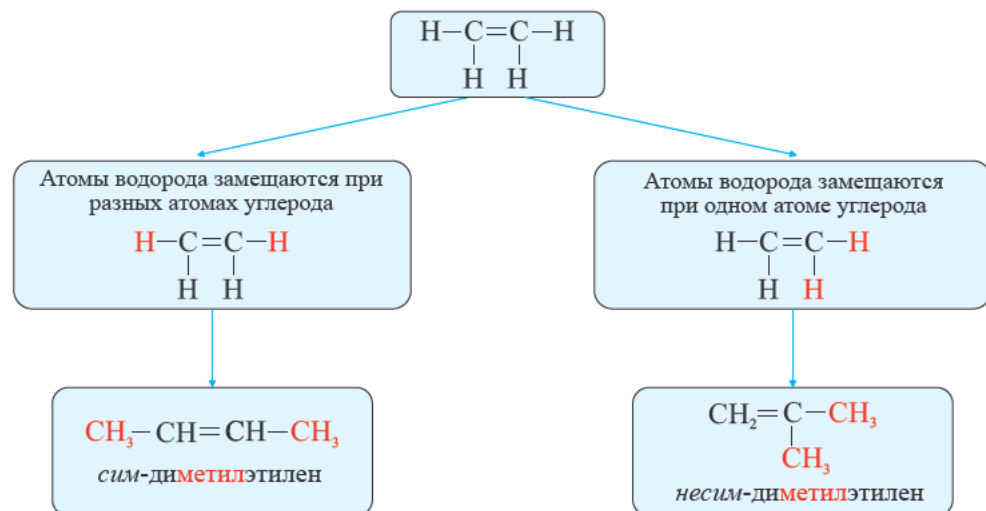
По исторически сложившейся номенклатуре, в названиях алкенов окончание «ан», используемое в названиях алканов, заменяется на «илен». Например, C_2H_4 -этилен, C_3H_6 -пропилен и др. Поэтому алкены называют углеводородами ряда этилена. Некоторыми историческими названиями до сих пор широко пользуются.

При назывании алкенов по рациональной номенклатуре их рассматривают как производные этилена, в молекулах которого атомы водорода частично или полностью замещены на алкильные радикалы. Рассмотрим несколько примеров.

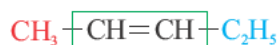
В молекуле этилена один из атомов водорода заменим на метильный радикал:



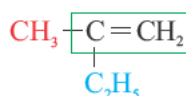
Если в молекуле этилена два атома водорода заменить на два метильных радикала, то получаются два разных алкена. Чтобы различать эти алкены, при их назывании пользуются словами *симметричный* и *несимметричный*.



Если в молекуле этилена атомы водорода замещаются разными радикалами, то они читаются от простого к сложному.



сим-метилэтилэтилен



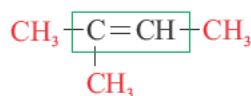
несим-метилэтилэтилен

Если в молекуле этилена два и более атомов водорода замещаются одним и тем же радикалом, то указывают число радикалов (ди-, три-, тетра- и др.).

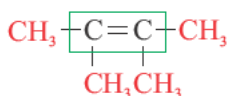


При отщеплении одного атома водорода от молекулы этилена получается радикал ($\text{CH}_2 = \text{CH}-$), который называется винилом.

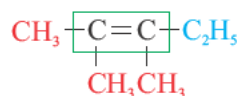
Назовём показанные ниже алкены по рациональной номенклатуре.



триметилэтилен



тетраметилэтилен



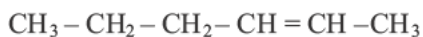
триметилэтилэтилен

С увеличением числа атомов углерода в молекуле, возникают трудности при назывании алкенов по рациональной номенклатуре.



Деятельность

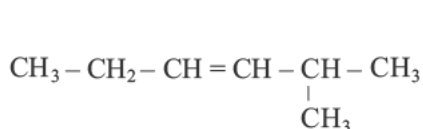
Даны названия некоторых алкенов по Международной номенклатуре:



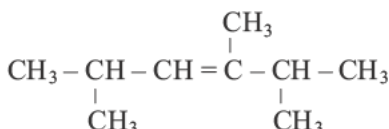
гексен-2



5-метилгексен-2



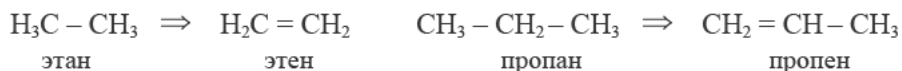
2-метилгексен-3



2,3,5-триметилгексен-3

Составьте алгоритм способа называния алкенов по Международной номенклатуре.

Согласно Международной номенклатуре, названия неразветвлённых алкенов образуют путём замены окончания «ан» в названиях соответствующих алканов на окончание «ен».

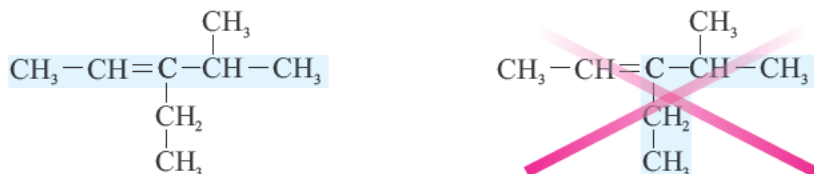


Когда в главной цепи число атомов углерода больше трех, то цепь нумеруют с того конца, куда ближе двойная связь. В конце названия алкена обозначают положение двойной связи номером того углеродного атома, от которого начинается двойная связь (место двойной связи). Например:



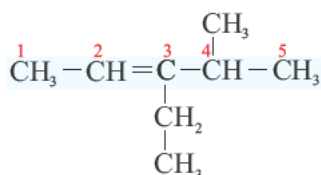
При назывании разветвлённых алкенов по Международной номенклатуре должна соблюдаться последовательность следующих правил.

1. В молекуле выбирается самая длинная цепь, содержащая двойную связь (главная цепь).

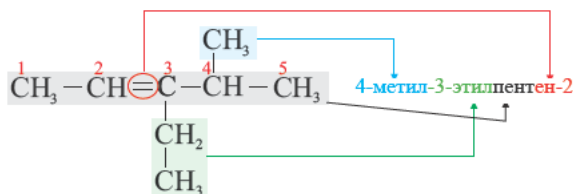


В первом случае главная цепь выбрана правильно. Потому что, в отличие от второго случая, в первом случае оба атома углерода при двойной связи находятся в главной цепи.

2. Нумерацию атомов углерода в главной цепи начинают с того конца, куда ближе двойная связь.



3. Сначала в главной цепи показывают номер углерода, к которому присоединён радикал, число (ди -, три -, тетра -, и др.) радикалов, которые читаются от простого к сложному. Потом в главной цепи заменяют окончание «ан» соответствующих алканов на «ен» и, наконец, читают номер углеродного атома, от которого начинается двойная связь.



Если двойная связь находится на одинаковом расстоянии от концов главной цепи, то нумерацию проводят на основе правил, изученных при номенклатуре алканов.

$$\overset{4}{\text{CH}_3}-\overset{3}{\text{CH}}=\overset{2}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\overset{1}{\text{CH}_3}$$

2-метилбутен-2

$$\begin{array}{ccccccc} & & & \text{CH}_3 & & & \\ & & & | & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{CH}_2 & - & \text{C} & = & \text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 \\ & & & & | & & & & & & \\ & & & & \text{CH}_2 & & & & & & \\ & & & & | & & & & & & \\ & & & & \text{CH}_3 & & & & & & \end{array}$$

3-метил-4-этилгексен-3

$$\begin{array}{ccccccc} & & & \text{CH}_3 & & & \\ & & & | & & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{CH} & - & \text{CH} & = & \text{C} & - & \text{CH} & - & \text{CH}_3 \\ & & | & & & & & & | & & \\ & & \text{CH}_3 & & & & & & \text{CH}_3 & & \end{array}$$

2,3,5-триметилгексен-3

Что вы изучили?

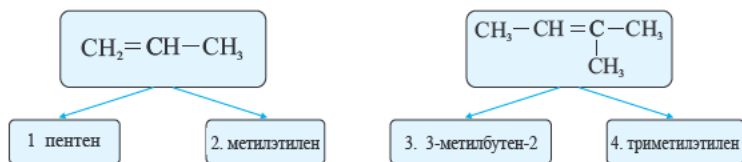
Ален, формула которого $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_3$ по называется несимметричным

диметилэтиленом, а по – 2-метилпропенном.

Международная номенклатура; рациональная номенклатура; историческое название

Проверьте изученное

- 1 В каких случаях названия алкенов даны неправильно?

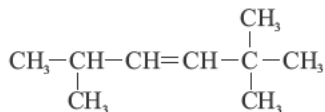


- A) 1, 2 B) 2, 4 C) 1, 3 D) 1, 4 E) 2, 3

- 2 Укажите правильную последовательность правил при названии алкенов по Международной номенклатуре:

1. Указывают место и название радикалов в главной цепи.
2. Проводят нумерацию главной цепи
3. Выбирают главную цепь
4. Отмечают название главной цепи
5. Показывают место двойной связи

- 3 Если в молекуле алкена двойная связь и разветвления расположены на одинаковом расстоянии от концов главной цепи, то согласно Международной номенклатуре, нумерация начинается с того конца, где больше разветвлений. Объясните это правило на примере и назовите соответствующий алкен по Международной номенклатуре.
- $$\begin{array}{ccccccc} & & & & \text{CH}_3 & & \\ & & & & | & & \\ \text{CH}_3 - & \text{CH} - & \text{CH} = & \text{CH} - & \text{C} - & \text{CH}_3 & \\ & | & & & | & & \\ & \text{CH}_3 & & & \text{CH}_3 & & \end{array}$$



4

Углеводород	Название по Международной номенклатуре
$\begin{array}{cccc} \text{CH}_3 & \text{CH} & \text{CH}_2 & \text{CH}_3 \\ & & & \\ & \text{CH}_3 & & \end{array}$	2-метилбутан
$\begin{array}{cccc} \text{CH}_3 & \text{CH} & \text{CH} & \text{CH}_2 \\ & & & \\ & \text{CH}_3 & & \end{array}$	3-метилбутен-1

Несмотря на сходство в строениях данных формул алкана и алкена, метильный радикал в главной цепи расположен у разных атомов углерода. Объясните причину.

5 Назовите по Международной номенклатуре алкен, в 0,5 молях которого содержится 36 г углерода и в молекуле содержится один четвертичный атом углерода.

6 В молекуле пентена-2 атомы водорода, связанные со вторым и третьим атомами углерода, замените этиловым радикалом и назовите полученное соединение по Международной номенклатуре.

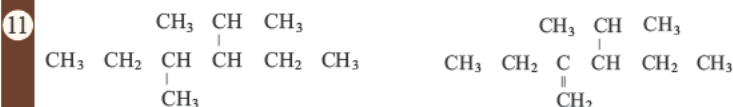
7 Принимая во внимание то, что историческое название этена это этилен, пропена – пропилен, определите историческое название 2-метилпропена.

8 Какие радикалы образуются при разрыве связей между вторым и третьим атомами углерода в главной цепи молекулы 3,3-диметилбутена-1?

9 Завершите таблицу.

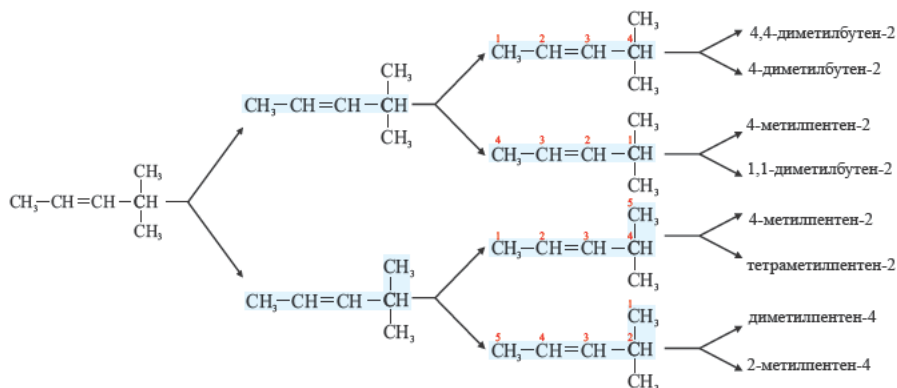
Алкен	Название по Международной номенклатуре	Название по рациональной номенклатуре
$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$		
	2-метилбутен-2	
		сим-метилизопропилэтилен

10 Назовите по Международной номенклатуре алкен, полученный соединением радикалов винила и вторичного бутила.



Назовите углеводороды по Международной номенклатуре. С чем связано резкое отличие названий этих веществ, несмотря на то, что строение их молекул близко друг другу?

12 Сравните данные на схемах стадии реакции и определите правильный «путь» названия алкенов.



Тема 3.4. Изомерия алкенов

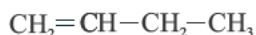


В то время, как 2 алкана с составом C_4H_{10} , существует 4 алкена составом C_4H_8 . Почему у алкенов, имеющих то же число атомов углерода, что и в алканах, число изомеров больше?

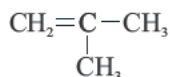
Алкены, как и алканы, обладают *структурной изомерией*. Но, в отличие от алканов, алкены, помимо изомерии углеродного скелета, имеют *структурную изомерию по расположению двойной связи* и *межклассовую изомерию*. Кроме структурной изомерии у алкенов возможна геометрическая изомерия.

Структурная изомерия по углеродному скелету

Изомерия углеродного скелета у алкенов, как и у алканов, начинается с представителя, в молекуле которого находится четыре атома углерода (C_4H_8).



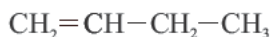
бутен-1



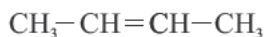
2-метилпропен

Структурная изомерия по положению двойной связи

Структурная изомерия по положению двойной связи образуется по месту положения двойной связи в главной цепи. В это время структура углеродной цепи не меняется, а только в главной цепи меняется место двойной связи. Если в главной цепи алкена находится по крайней мере 4 атома углерода, то изомеры образуются в соответствии с положением двойной связи. Таким образом, изомерия по положению двойной связи в цепи тоже начинается с алкена, в состав которого входит четыре атома углерода (C_4H_8).



бутен-1



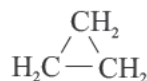
бутен-2

Межклассовая изомерия

Общая формула алкенов такая же, как у циклоалканов. По этой причине молекулы алкена и циклоалкана, содержащие одинаковое число атомов углерода, являются межклассовыми изомерами. У этилена нет межклассового изомера, так как у циклоалканов первый представитель циклопропан (C_3H_6), и у алкенов эта изомерия начинается с пропена.

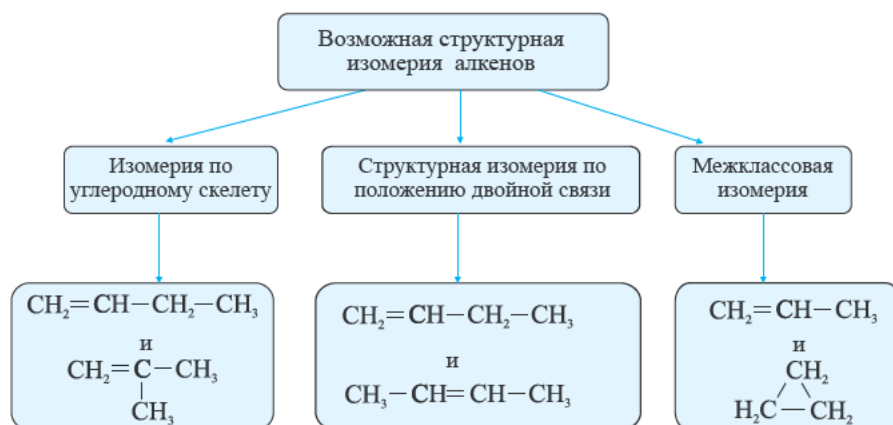


пропен



циклопропан

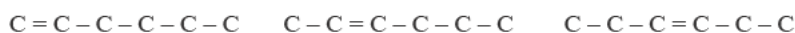
Структурные изомеры алкенов можно сгруппировать по нижеуказанной схеме:



Пример

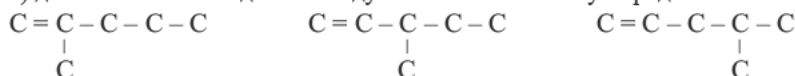
Напишите графические формулы алкена с составом C_6H_{12} .

1. Сначала напомним формулы алкенов неразветвленного строения. Двойная связь в главной цепи может находиться в трёх положениях.

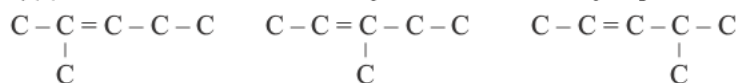


2. Далее пять атомов углерода соединим последовательно, а один напомним в виде разветвления в возможных вариантах. В этом случае двойная связь в главной цепи может находиться в двух разных положениях:

а) двойная связь находится между 1-м и 2-м атомами углерода

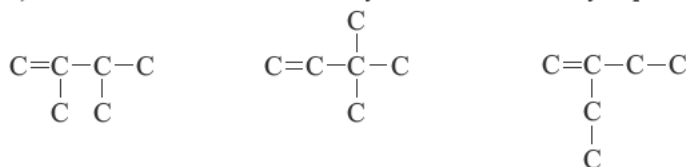


б) Двойная связь находится между 2-м и 3-м атомами углерода

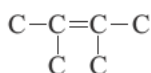


3. Далее четыре атома углерода соединим последовательно, а два атома напомним в виде разветвления в возможных вариантах. В этом случае двойная связь в главной цепи тоже может находиться в двух различных положениях:

а) двойная связь находится между 1-м и 2-м атомами углерода



б) двойная связь находится между 2-м и 3-м атомами углерода



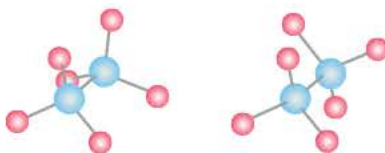
Как видно, существуют 13 различных алкенов с составом C_6H_{12} .

Геометрическая (цис-транс) изомерия



Деятельность

Вы знаете, что атомы углерода в молекуле этана могут свободно вращаться вдоль С – С связи.

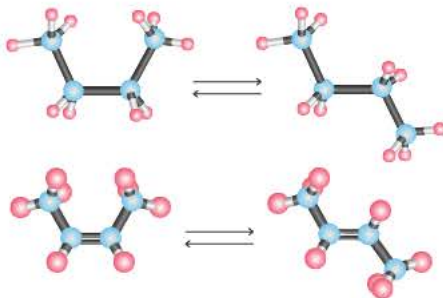


Соберите шаростержневую модель молекулы этилена и проверьте возможности вращения атомов углерода относительно друг друга вдоль связи (С = С), соединяющей атомы углерода.

Чем отличается вращение атомов углерода относительно друг друга вдоль связей соединяющих их атомы в молекулах этана и этилена?

В чём причина этого различия?

На примере бутана и бутена-2 ниже показаны изменения в строении молекул.

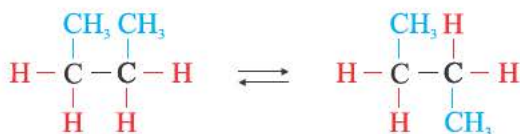


Какие превращения в молекулах происходят за счёт вращения атомов углерода вдоль связи, соединяющей эти атомы?

В каком случае при превращении веществ друг в друга получаются не одни и те же вещества, а изомеры?

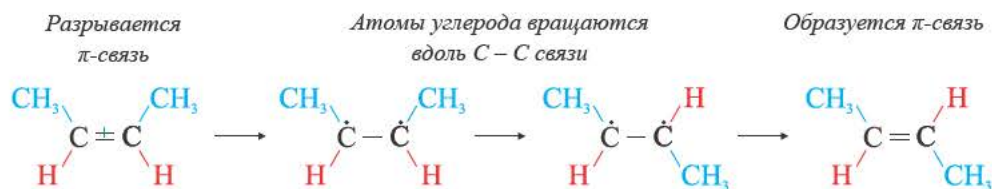
Чем отличаются эти изомеры друг от друга?

В молекулах алкана атомы углерода вращаются вдоль С – С связи, которая связывает их атомы. Например, в молекуле бутана за счёт этого вращения могут происходить превращения, показанные ниже:

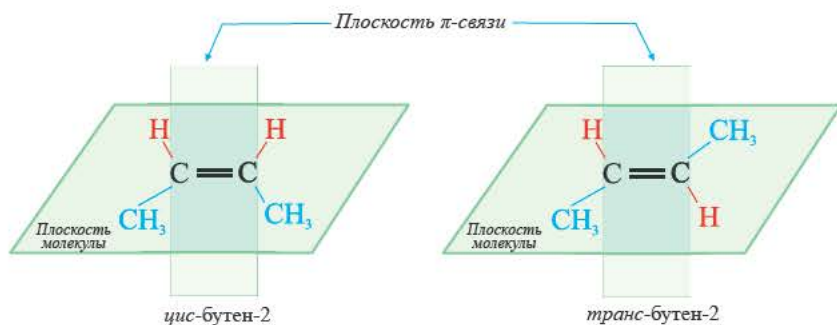


Данные алканы одно и то же вещество. В молекуле алкена атомы углерода не могут вращаться относительно друг друга вдоль двойной (С = С) связи. Причиной является то, что двойная связь ограничивает возможность вращения атомов углерода. Например, в молекуле бутена-2 не происходит превращений за счёт вращения, как по аналогии в молекуле бутана. Такое превращение в

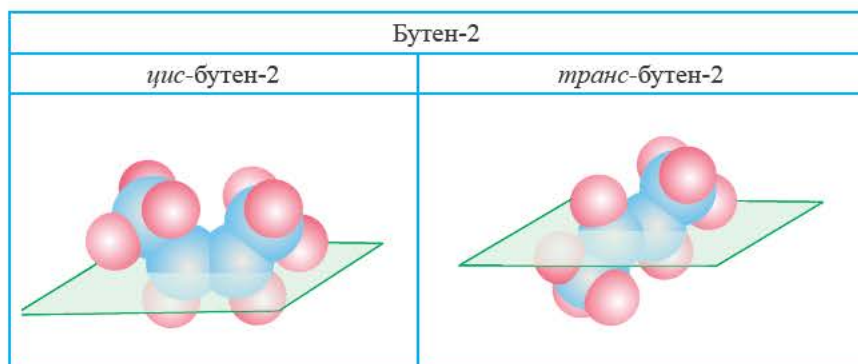
молекуле бутена-2 может произойти за счёт расхода дополнительной энергии и разрыва π -связи. Это можно изобразить в виде схемы, показанной ниже:



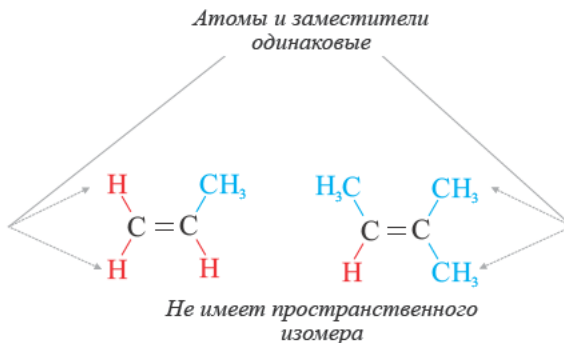
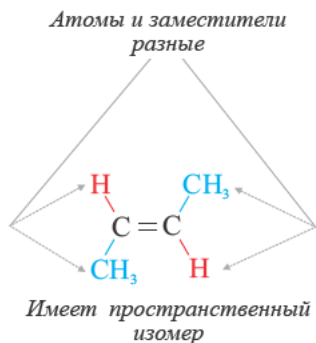
Полученные таким образом алкены не являются одним и тем же веществом, они изомеры. Но эти изомеры отличаются не изменением структуры углеродного скелета и не положением двойной связи в главной цепи. Они отличаются тем, что с каждым атомом углерода при двойной связи соединяются заместители (в этом случае метильные группы), которые расположены в пространстве в разных направлениях по отношению к плоскости π – связи. Следовательно, у алкенов возможна *геометрическая (цис-транс) изомерия*. Если в молекуле алкена одинаковые группы находятся по одну сторону плоскости π -связи, то образуется *цис-изомер*, а при расположении по разные стороны – *транс-изомер*.



Ниже даны шаровые модели *цис*- и *транс*- изомеров бутена-2.



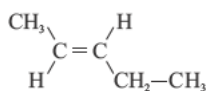
Не все алкены имеют пространственную изомерию. Пространственная изомерия в молекуле алкена возможна в том случае, если к каждому атому углерода при двойной связи присоединяются разные атомы или группы атомов.



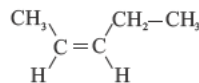
Что вы изучили?

У второго представителя гомологического ряда алкенов есть.....

Если в молекуле 2-метилбутена-2 один из атомов углерода при двойной связи соединён с одинаковыми радикалами и он не имеет

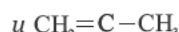
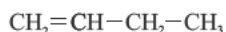


является, пентена-2, а



является

его



- это, а $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$

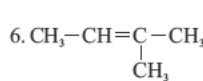
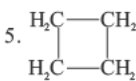
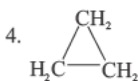
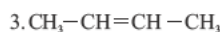
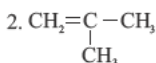
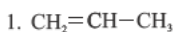
-

межклассовые изомеры; изомеры по строению углеродной цепи; геометрический (цис-транс) изомер; структурный изомер по положению двойной связи; цис-изомер; транс-изомер

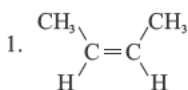


Проверьте изученное

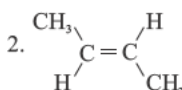
1 Выберите изомеры бутена-1.



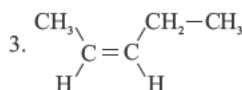
2 Определите цис- и транс- изомеры алкенов.



цис-изомер



транс-изомер



A) 1, 2

3

B) 1

2, 3

C) 1, 3

2

D) 2

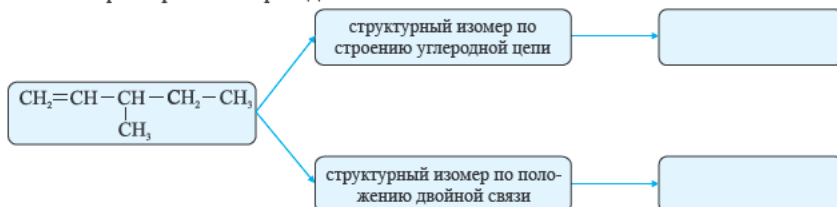
1, 3

E) 3

1, 2

- 3 Если в молекуле пропена у первого атома углерода заменить один из атомов водорода на метильный радикал, то полученное соединение образует цис-транс изомерию, а если заменить атом водорода у второго углерода, то полученное соединение не образует геометрическую изомерию. Объясните причину.

- 4 Покажите примеры изомеров данного алкена.



- 5 Какие изомеры существуют у алкена в молекуле которого находится 8 σ -связей?

1. изомеры по строению углеродной цепи
2. изомеры по положению двойной связи
3. межклассовые изомеры
4. геометрические (цис-транс) изомеры

- 6 $\text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}$ Какими радикалами надо заместить X и Y, чтобы у соединения были геометрические (цис-транс) изомеры?

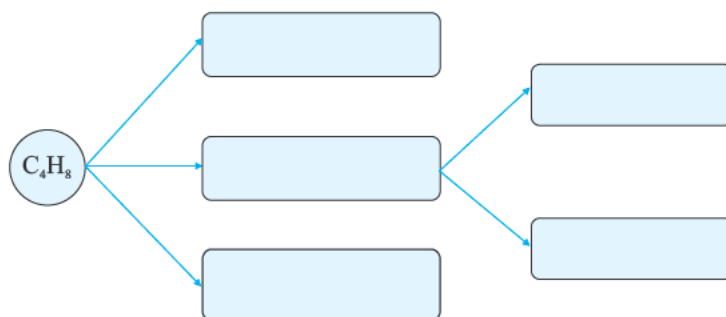
- X Y
1. H CH₃
 2. CH₃ CH₃
 3. C₂H₅ CH₃
 4. CH₃ C₂H₅

- 7 Данные пары веществ впишите в соответствующие ячейки таблицы.

Структурные изомеры алкенов		
Структурные изомеры по строению углеродной цепи	Структурные изомеры по положению двойной связи	Межклассовые изомеры
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1. пентен-2 и циклопентан.
2. 2-метилпропен и бутен-1
3. 2-метилбутен-1 и 2-метилбутен-2

- 8 Выделите по схеме изомеры алкенов с составом C₄H₈.



- 9 Составьте графические формулы алкена с составом C₅H₁₀. Какие из этих веществ образуют геометрическую (цис-транс) изомерию?

10



- 11 Мы знаем, что существуют 13 алкенов разного строения с составом C_6H_{12} . Если учесть и цис-транс изомерию, то определите общее число изомеров.
- 12 У какого атома углерода в молекуле пропена следует заместить один атом водорода на атом хлора, чтобы у полученного соединения были цис-транс изомеры?

Тема 3.5. Получение алкенов

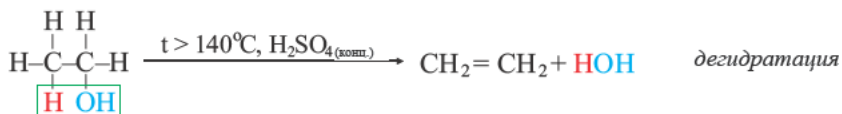
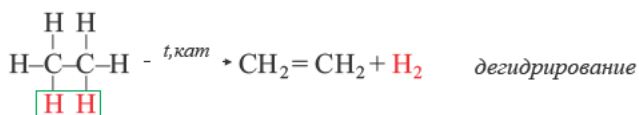


Как по-вашему, можно ли получать алкены из предельных веществ?



Деятельность

В результате отщепления молекулы водорода от молекулы этана, а молекулы воды от молекулы этанола получается этилен, и вы уже знаете, что эти реакции соответственно называют реакциями дегидрирования и дегидратации.



Можно ли подобным путём получить этилен из 1,2-дихлорэтана и хлорэтана? Какими веществами надо подействовать на них?

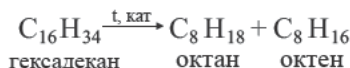


Какие галогенопроизводные можно взять для получения других алкенов?

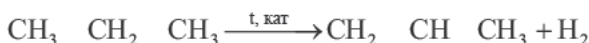
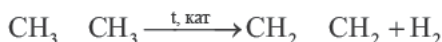
Из-за активности алкены, в отличие от алканов, в природе не встречаются. В промышленности и в лаборатории алкены, в основном, получают из алканов или их производных.

В промышленности алкены получают следующими способами:

1. *Крекинг нефтяных продуктов.* При крекинге алканы, входящие в состав нефтепродуктов, расщепляются и образуется смесь алканов и алкенов с меньшей молекулярной массой.

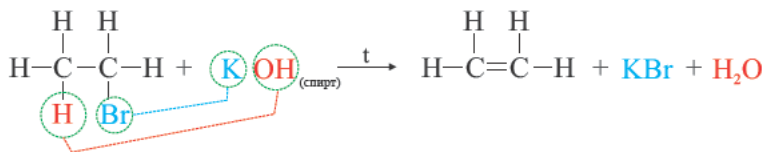


2. *Дегидрированием алканов.* При высокой температуре, в присутствии катализатора, от молекулы алкана отщепляется водород и получается алкен.

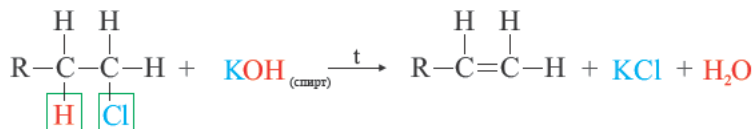


В лаборатории алкены получают в основном отщеплением от соседних атомов углерода определённых атомов или атомных групп. Во время таких реакций между атомами углерода образуется π -связь (двойная связь). Алкены в лаборатории получают по данным ниже реакциям.

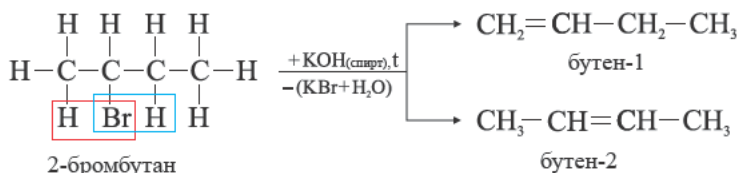
1. *Нагреванием моногалогенопроизводных алканов (алкилгалогенидов) со спиртовым раствором щёлочи.* Например, при взаимодействии бромэтана со спиртовым раствором гидроксида калия от молекулы бромэтана отщепляются атомы водорода и брома, в результате получается этилен, бромид калия и вода.



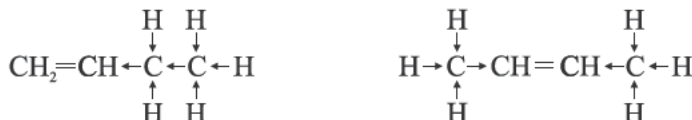
Как видно, эта реакция протекает с одновременным отщеплением атомов водорода и галогена от молекул, и такие реакции называются *реакциями дегидрогалогенирования*. Если атом галогена присоединен к первичному атому углерода, то при реакции дегидрогалогенирования алкилгалогенида получается только один алкен.



Если атом галогена присоединен к вторичному или третичному атому углерода, то при дегидрогалогенировании алкилгалогенидов обычно получается смесь двух алкенов. Например, при взаимодействии 2-бромбутана со спиртовым раствором KOH образуются два продукта – бутен-1 и бутен-2.

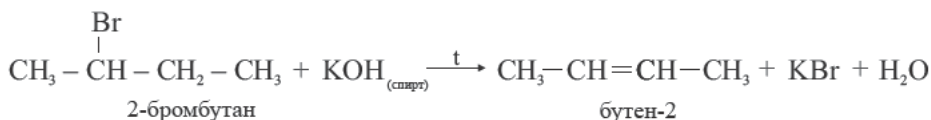


Однако выход бутена-2 больше, чем бутена-1. Причиной этого является увеличение числа алкильных радикалов, соединённых с атомами углерода при двойной связи, что ведет к увеличению устойчивости молекулы алкена.

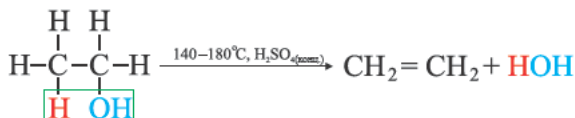
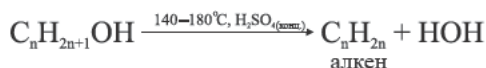


Как видно, в молекуле бутена-1 к атомам углерода с двойной связью присоединён один (этильный), а в бутене-2 присоединено два (метильных) алкильных радикала. То есть, бутен-2 устойчивее, чем бутен-1. Это правило впервые было выявлено русским учёным А.М.Зайцевым.

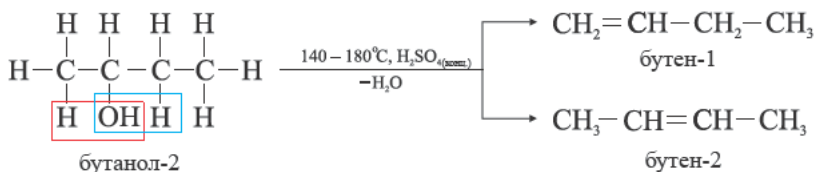
В органической химии есть много таких реакций, которые протекают в разных направлениях с образованием нескольких продуктов. В этом случае уравнение реакции записывают с основным продуктом реакции, выход которого больший. Уравнение реакции взаимодействия 2-бромбутана со спиртовым раствором КОН записывают, как показано ниже.



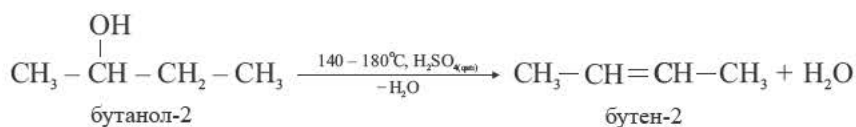
2. Дегидратацией предельных одноатомных спиртов. При нагревании спиртов до 140 – 180 °С в присутствии концентрированной серной кислоты от их молекул отщепляется вода (внутримолекулярная дегидратация) и получается алкен.



Если в спиртах атом углерода с гидроксильной группой имеет соседние атомы углерода, у которых нет атома водорода, то они не подвергаются внутримолекулярной дегидратации. А если в молекуле спирта ОН группа соединена с вторичным или с третичным атомом углерода, то, как и в реакциях дегидрогалогенирования, в результате реакций дегидратации получают обычно два алкена. Например:



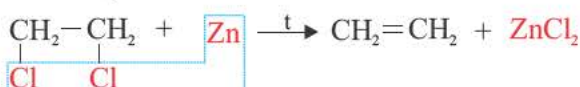
По правилу Зайцева, основным продуктом реакции является бутен-2, то уравнение этой реакции можно записать так, как показано ниже.



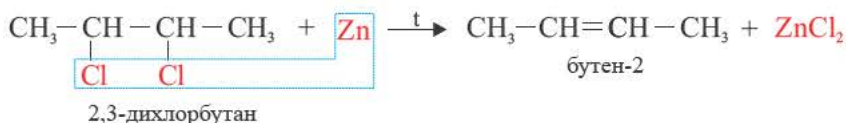
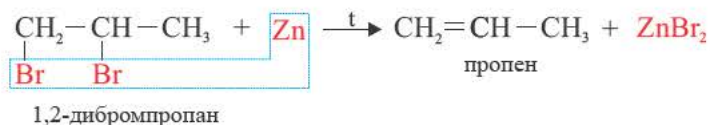
В настоящее время правило Зайцева выражают следующим образом:

При отщеплении галогеноводорода от алкилгалогенидов и воды от спиртов, реакция протекает в направлении получения более устойчивого алкена (то есть такого, в котором число атомов водорода, присоединенных к атомам углерода с двойной связью, минимально).

3. Нагреванием вицинальных дигалогенопроизводных алканов с некоторыми металлами (Zn, Mg и др). Вицинальные дигалогенопроизводные алканов – это вещества, у которых атомы галогенов находятся у соседних атомов углерода. При взаимодействии их с некоторыми металлами в результате реакции атомы металла отщепляют атомы галогенов, и получается соответствующий алкен. Например, при действии Zn на 1,2-дихлорэтан реакция протекает следующим образом.



Как видно, в результате этих реакций от молекул отщепляются атомы галогенов. Поэтому эти реакции называются *реакциями дегалогенирования*. Рассмотрим несколько примеров реакций дегалогенирования.



Зайцев Александр Михайлович
(1841–1910)

Русский химик.
Провёл важные исследования по синтезу спиртов.



Что вы изучили?

В промышленности алкены получают в основном алканов, входящих в состав нефтепродуктов.

Продуктом вицинальных дигалогенопроизводных алканов является алкен. При этилового спирта, а также при этана в результате реакций получают этилен.

Взаимодействие 2 - хлорбутана со спиртовым раствором КОН относится к реакциям и эта реакция протекает по

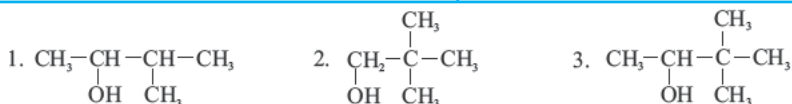
крекинг; дегидратация; дегидрогалогенирование; дегидрирование; дегалогенирование; правило Зайцева



Проверьте изученное

- Определите число σ -связей в молекуле X.
1. $C_8H_{18} \xrightarrow{t} C_4H_{10} + X$
A) 8 B) 10 C) 11 D) 13 E) 14
- Продуктом каких реакций является бутен-2?
1. 1-хлорбутан + $KOH_{(спирт)} \xrightarrow{t}$
2. 2-хлорбутан + $KOH_{(спирт)} \xrightarrow{t}$
3. бутанол-1 $\xrightarrow{140-180^\circ C, H_2SO_{4(конц.)}}$
4. 2,3-дихлорбутан + $Zn \xrightarrow{t}$
A) 2, 4 B) 1, 2 C) 1, 3 D) 3, 4 E) 1, 4
- Почему при нагревании метилбромид со спиртовым раствором гидроксида натрия не получается алкен?
- Дегидратацией какого спирта получается смесь алкенов?
A) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-C-CH_3 \\ | \\ OH \end{array}$ B) $\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_3 \\ | \\ OH \end{array}$ C) $\begin{array}{c} CH_3-CH-CH-CH_3 \\ | \quad | \\ CH_3 \quad OH \end{array}$
D) $\begin{array}{c} CH_2-CH_2-CH_3 \\ | \\ OH \end{array}$ E) $\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_2-OH \\ | \\ CH_3 \end{array}$
- Каким радикалом следует заменить один из атомов водорода в молекуле CH_3Br , чтобы при взаимодействии образованного продукта со спиртовым раствором щелочи не получался алкен?
A) вторичный бутил B) третичный бутил C) изобутил D) этил E) изопропил
- Вычислите (н.у., литр) объём алкена, полученного при реакции 12,9 г хлорэтана со спиртовым раствором гидроксида калия, взятого в избытке.
A) 2,24 B) 1,12 C) 4,48 D) 5,6 E) 11,2
- Выделите превращения соответствующих реакций дегидрования (1), дегидрогалогенирования (2), дегидратации (3) и дегалогенирования (4). Обоснуйте свои мысли.
а. $CH_3-CHOH-CH_3 \rightarrow CH_2=CH-CH_3$ б. $CH_3-CHCl-CH_2Cl \rightarrow CH_3-CH=CH_2$
с. $CH_3-CH_2-CH_3 \rightarrow CH_2=CH-CH_3$ д. $CH_3-CHCl-CH_3 \rightarrow CH_3-CH=CH_2$
- Впишите формулы спиртов в соответствующие ячейки таблицы.

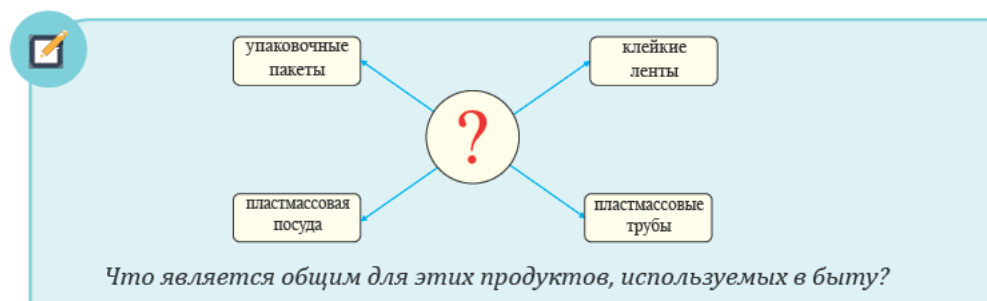
Спирт	
Подвергается внутримолекулярной дегидратации	Не подвергается внутримолекулярной дегидратации



- $CH_3Cl \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_4$
Составьте уравнения реакций, согласно схеме превращений.
- Напишите уравнения реакций получения бутена-2 из нижеуказанных веществ.
1. 2-бромбутан 2. 2,3-дихлорбутан 3. бутанол-2

- 11 Какая смесь алкенов получается при дегидрировании бутана, если учесть то, что не происходят изменения в структуре углеродной цепи? Согласно правилу Зайцева, количество какого алкена больше в смеси?
- 12 Какие соединения веществ с составом $C_3H_6Cl_2$ при реакциях с цинком не образуют пропен?

Тема 3.6. Физические и химические свойства алкенов



Деятельность 1

- $CH_3-CH=CH_2$
- $CH_3-CH_2-CH_2-CH=CH_2$
- $CH_2=CH_2$
- $CH_3-CH_2-CH=CH_2$
- $CH_3-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{C}=CH_2$

Как выглядит сравнение температур кипения данных алкенов?

Как вы думаете, в каких агрегатных состояниях при обычных условиях находятся эти алкены?

Физические свойства

Алкены бесцветные, нерастворимые в воде и полярных растворителях вещества. Они хорошо растворяются в неполярных растворителях (бензин, бензол, толуол и др.). Первые три представителя гомологического ряда алкенов при комнатной температуре газообразные вещества без запаха. Алкены с низкой молекулярной массой в больших концентрациях оказывают вредное действие на организм человека.

Как и алканы, в твердом состоянии они образуют молекулярную кристаллическую решётку. Как и в алканах, с увеличением числа атомов углерода в молекулах (относительной молекулярной массы), увеличивается температура кипения и плотность неразветвленных алкенов.

Алкен	Относительная молекулярная масса	Агрегатное состояние при комнатной температуре	Температура кипения, °С	Плотность, г/см ³ (жидкое состояние)
Этен	28	Газы	-103,9	0,566
Пропен	42	Газы	-47,0	0,609
Бутен-1	56	Газы	-6,6	0,629

Как и в алканах, с увеличением разветвлений в изомерных алкенах их плотность и температура кипения уменьшаются.

Алкены, являющиеся структурными изомерами	Температура кипения, °С	Плотность г/см ³ (жидкое состояние)
Бутен-1	-6,6	0,629
2-метилпропен	-6,9	0,588

Из *цис*- и *транс*- изомеров алкенов, как правило, *цис*-изомеры имеют более высокую температуру кипения и плотность, чем *транс*-изомеры.

Алкены, являющиеся геометрическими изомерами	Температура кипения, °С	Плотность, г/см ³ (жидкое состояние)
<i>Цис</i> -бутен-2	+3,7	0,645
<i>Транс</i> -бутен-2	+0,9	0,627



Роль химии

Этилен ускоряет созревание некоторых плодов. При транспортировке плодов на дальние расстояния их собирают неспелыми, чтобы избежать порчи продукта. Во время перевозки в воздух закрытых хранилищ вводят небольшое количество этилена. В результате, продукция не портится и созревает в дороге до прибытия в назначенное место.



Деятельность 2

Определите для этана и этилена правильные (+) и ошибочные (-) высказывания.

	Этан	Этилен
1. В молекуле нет π -связи	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. В молекуле есть π -связь	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Предельный углеводород	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Непредельный углеводород	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Характерна реакция присоединения	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Характерна реакция замещения	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Как вы думаете, какими свойствами этилен отличается от этана?

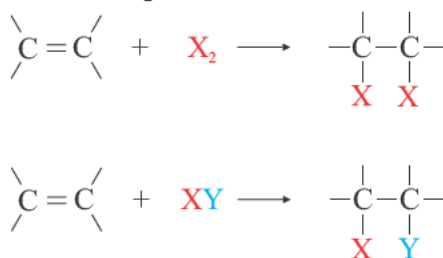
Какие реакции характерны для него?

Как это связано с его строением?

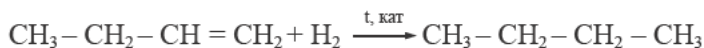
Химические свойства

Несмотря на одинаковый качественный состав алканов и алкенов, их химические свойства резко отличаются. Причиной этого является то, что в отличие от алканов, в молекулах алкенов есть π -связи. Большинство химических свойств (реакции присоединения, полимеризации и т. д.) связано с наличием π -связи в их молекулах. Вы изучили то, что π -связь, по сравнению с σ -связью, непрочная. При химических реакциях π -связь, находящаяся в молекулах алкенов, легко разрывается, и они превращаются в предельные вещества.

Реакция присоединения. Алкены присоединяют к себе водород, галогены, галогеноводороды, воду и др. Во время этих реакций атомы углерода при двойной связи из sp^2 гибридного состояния переходят в sp^3 гибридное состояние. Присоединение к молекулам алкена молекул типа X_2 (H_2 , Cl_2 , Br_2) и XY (H – Гал, H – OH и др.) схематично можно представить так, как показано ниже.

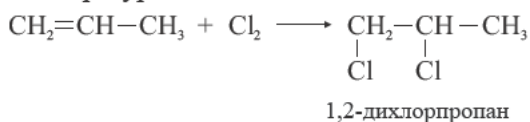


Алкены в присутствии катализатора, присоединяя водород, превращаются в соответствующие алканы.



Реакции гидрирования могут протекать как при атмосферном, так и при высоком давлении. Не требуется нагревание до высокой температуры, так как эти реакции экзотермические. При увеличении температуры, с участием того же катализатора (по принципу Ле-Шателье), реакция может протекать в обратном направлении (реакции дегидрирования).

В отличие от водорода, галогены присоединяются к алкенам при комнатной температуре.



При взаимодействии алкенов с водным раствором брома (бромная вода) происходит обесцвечивание красно-бурого цвета раствора. Причиной этого является то, что при обычных условиях бром, соединяясь с молекулами алкена, образует бесцветные вещества дибромалканы.



Знаете ли вы?

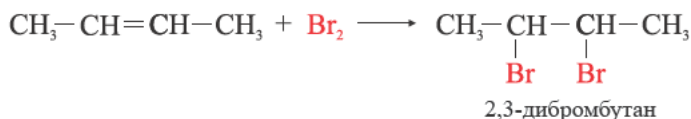
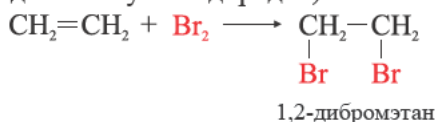
Исторически алкены именовались и как олефины (жирообразующие). Это название они получили потому, что первые представители алкенов в реакциях с хлором и бромом образуют жироподобные продукты.



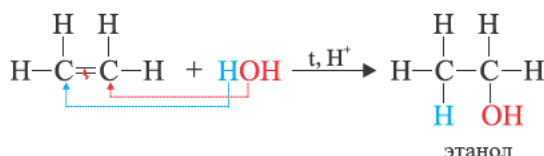
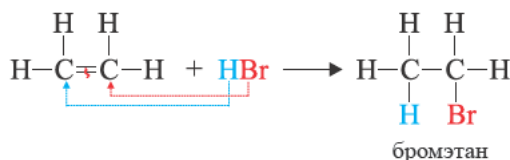
Вспомним

Бром жидкость красно-бурого цвета.

Эта реакция является *реакцией определения* (качественная) для алкенов (в общем, для всех непредельных углеводородов).



Присоединение молекул типа НХ (галогеноводороды, вода и т.д.) протекает по тому же правилу. Во время реакции происходит разрыв π -связи, атом Н присоединяется к одному из атомов углерода при двойной связи, а Х (атом галогена, ОН группа и др.) – к другому. Реакция этилена с галогеноводородами протекает при обычных условиях, а с водой реакция протекает в кислой среде (в присутствии H_2SO_4). Схемы реакций показаны ниже:



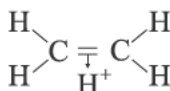
Исследуем механизм реакции присоединения молекул типа НХ к молекулам алкена на примере присоединения НВг к этилену. Из-за большей электроотрицательности атома брома электронная плотность химической связи в молекуле НВг смещена к бром. В результате, атом водорода обладает частичным положительным зарядом, а атом брома – частичным отрицательным зарядом. Во время реакции происходит гетеролитический разрыв связи и образуются *электрофильные* (H^+) (греч. «любящая отрицательный заряд или электрон») и *нуклеофильные* (Br^-) (греч. «любящая положительный заряд или ядро») частицы. Этот процесс можно показать схематически следующим образом.



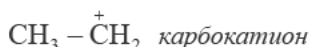
Известно что π -связь по сравнению с σ -связью неустойчива, легко поляризуется под действием наружного электрического поля. В реакционной среде при приближении электрофильной частицы (H^+) к молекуле этилена электронное облако двойной связи направляется в сторону электрофильной частицы, и в результате образуется π -комплекс.



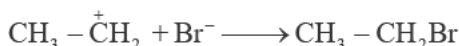
Катион водорода (H^+) обладает большим значением сродства к электрону и является сильной электрофильной частицей. Потому что атом водорода имеет всего один электрон, при потере которого образуется катион, лишенный этого электрона. H^+ образуется при диссоциации кислот, и поэтому некоторые реакции протекают в присутствии кислот.

 π -комплекс

В образованном π -комплексе электронная пара двойной связи смещается в сторону одного из атомов углерода. Этот атом углерода (донор) за счёт электронной пары π -связи образует со свободной орбиталью H^+ (акцептор) ковалентную связь по донорно – акцепторному механизму. Присоединяя водород, валентность атома углерода становится равной четырём, а другой атом углерода, приобретая положительный заряд, образует карбокатион.



Полученный карбокатион с лёгкостью соединяется с нуклеофильной частицей (Br^-).



Если в составе органического вещества один из атомов углерода заряжается положительно, то этот ион называют карбокатионом, а ион с отрицательно заряженным атомом углерода называют карбоанионом.

Как видно, присоединение к алкену молекул типа HX идет в присутствии электрофильной частицы и протекает по ионному механизму. Такие реакции присоединения называются *реакциями электрофильного присоединения*.



Деятельность 3

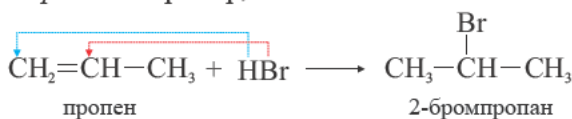
Завершите таблицу.

Алкен	Продукт, образованный присоединением HBr
Этилен	
Пропен	
Бутен-1	
Бутен-2	

При реакции присоединения каких алкенов с HBr могут образоваться два разных продукта?

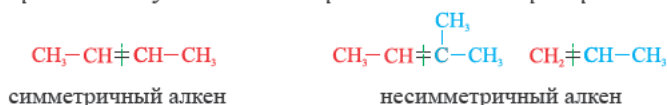
Как вы думаете, какой из образованных продуктов считается основным?

Присоединение молекул типа HX к несимметричным молекулам алкенов протекает по правилу Марковникова. Классический вариант определения правила Марковникова гласит: *при присоединении галогеноводородов (или воды) к алкенам атом водорода присоединяется к наиболее гидрированному атому углерода при двойной связи, а атом галогена (или OH группа) – к наименее гидрированному атому углерода*. Например,

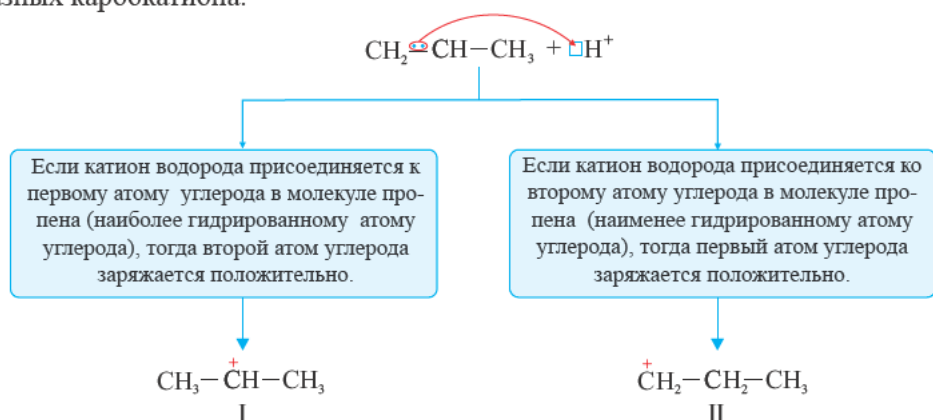




Если части молекулы алкенов при $C=C$ связи одинаковые, то такие алкены симметричные а в противном случае – несимметричные алкены. Например:



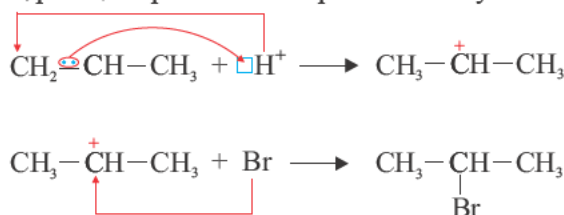
Объясним причину реакций присоединения к несимметричным алкенам по правилу Марковникова на примере реакции присоединения пропилена с HBr . При влиянии катиона водорода на молекулы пропилена могут образоваться два разных карбокатиона.



Из полученных карбокатионов тот, который наиболее стабилен, дольше остаётся в реакционной среде, и нуклеофильная частица (в этом случае Br^-) присоединяется к этому карбокатиону. Положительный заряд I карбокатиона стабилизируется за счёт двух метильных групп, а II за счёт одного этилового радикала. В момент стабилизации положительного заряда эффект, созданный двумя метильными группами, больше эффекта, созданного одной этильной группой, и поэтому I карбокатион наиболее стабильный.



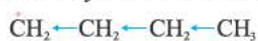
Другими словами, реакция протекает в направлении получения I карбокатиона.



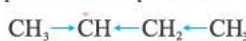
Опытным путём было определено, что в результате реакции в основном получается 2-бромпропан.



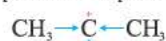
При реакциях электрофильного присоединения к алкенам, стойкость образованных карбокатионов увеличивается в направлении: первичный – вторичный – третичный.



первичный
карбокатион
I



вторичный
карбокатион
II

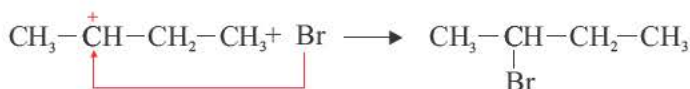


третичный
карбокатион
III

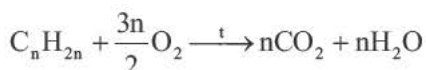
Из данных карбокатионов наиболее стабильным является III карбокатион.

Современный вариант правила Марковникова гласит: реакции присоединения к алкенам молекул типа HX протекают в направлении образования наиболее стабильного карбокатиона.

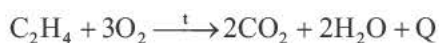
Из-за несимметричного строения бутена-1 реакции присоединения с HBr и водой протекают по правилу Марковникова.



Реакции горения и окисления. С участием кислорода алкены полностью сгорают с образованием CO_2 и H_2O . Общее уравнение этих реакций можно выразить следующим образом:



В отличие от этана, этилен горит светящимся пламенем. Это обусловлено повышенной массовой долей углерода в молекуле этилена. Во время горения образуется высокая температура. Углерод, образующийся при распаде молекул этилена от нагревания, сгорает не сразу. Частички его сначала раскаляются, вызывая свечение пламени, и лишь затем полностью сгорают в его наружной части.

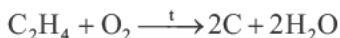
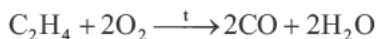


При недостатке кислорода этилен сгорает не полностью, образуя очень ядовитый угарный газ или углерод (сажу).

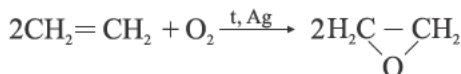


Владимир Васильевич Марковников
(1837 – 1904)

Русский химик. Определил закономерности направлений протекания реакций изомеризации, замещения, разложения, присоединения по двойной связи согласно их строению.

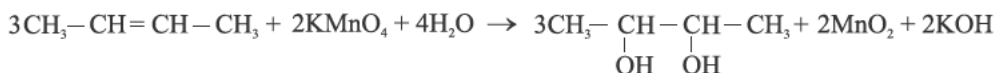
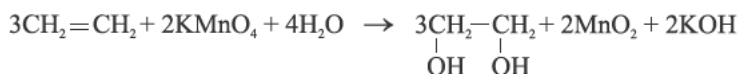


При взаимодействии алкенов с кислородом с участием серебряного катализатора получаются эпоксиды. Например,



Оксид этилена (эпоксид)

В отличие от алканов, алкены легко окисляются растворами веществ-окислителей (KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Например, при взаимодействии раствора перманганата калия с алкенами происходит быстрое обесцвечивание фиолетовой окраски с образованием осадка MnO_2 бурого цвета. Эта реакция является *реакцией определения* алкенов (а также других непредельных углеводородов). При действии на алкены разбавленным раствором KMnO_4 в нейтральной или слабощелочной среде реакции протекает при обычных условиях. При этом алкен превращается в двухатомный спирт. Как и в реакциях присоединения, центром реакции является π -связь. Во время окисления в молекулах алкенов разрывается π -связь и к каждому атому углерода при двойной связи присоединяется одна OH группа. Ниже даны уравнения реакций окисления этилена и бутена-2 слабым раствором KMnO_4 .



В упрощённом виде в данном процессе окислитель обозначают в виде $[\text{O}]$.



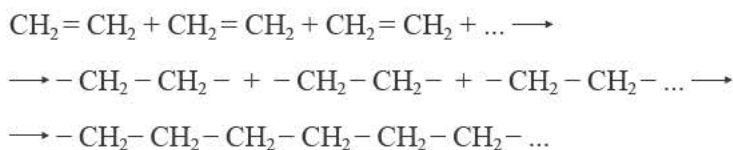
Реакции полимеризации.

Молекулы алкенов могут соединяться друг с другом, образуя длинные углеродные цепи. Причина этого – наличие в молекулах π -связи. Во время полимеризации тысячи молекул алкена за счёт разрыва π -связи соединяются друг с другом с образованием макромолекул (полимера). Рассмотрим реакцию полимеризации этилена.

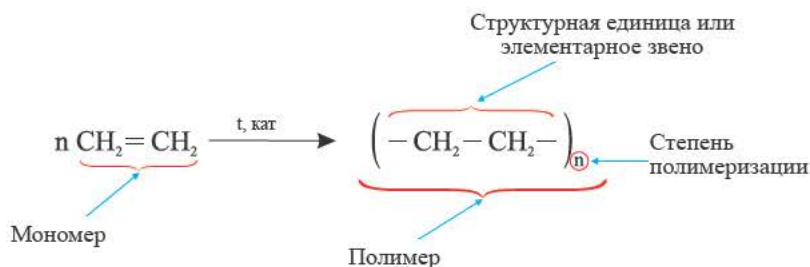


Вспомним

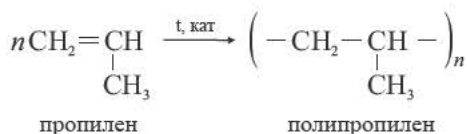
Процесс образования крупных молекул путём соединения множества молекул с низкой молекулярной массой называют реакцией полимеризации. Образованное высокомолекулярное вещество (макромолекула) называется полимером, а низкомолекулярные вещества, из которых образован полимер, называются мономерами. В молекулах полимера многократно повторяющийся остаток мономера называется структурной единицей или элементарной звеной.



Продукт полимеризации этилена называется *полиэтиленом*. Более кратко полимеризацию этилена можно выразить в следующем виде:



Другие алкены полимеризуются аналогично. Например, полимеризацией пропилена получается *полипропилен*, и уравнение реакции выражают в следующем виде:



Роль химии

Этилен и пропилен являются ценным сырьём для органического синтеза. По этой причине в качестве горючего они не используются. Основная часть полученного этилена и пропилена используется для производства полимеров. Из них изготавливают посуду (1), полиэтиленовые пакеты (2), трубы и шланги (3), медицинское оборудование (4), клейкие ленты (5), различные детали (6) и др., которые используют в быту.



С полимерами и с закономерностями реакций полимеризации вы подробно ознакомитесь в 11 классе.

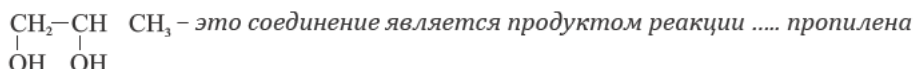


Что вы изучили?

Первые три представителя гомологического ряда алкенов при обычных условиях находятся в состоянии. Реакция между пентен-1 и HBr, в результате которой получается 2-бромпентан, протекает по

Реакция $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2 \xrightarrow{t, \text{кат}}$ называется реакцией

Вступая в реакцию, алкены образуют промышленно важные высокомолекулярные вещества.



раствором KMnO_4 .

Реакции электрофильного присоединения протекают в направлении образования более стабильного

карбокатион; газ; окисление; гидрирование; правило Марковникова; полимеризация



Проверьте изученное

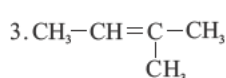
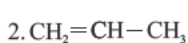
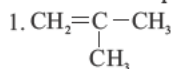
- При помощи какого раствора можно выделить этан из этан-этиленовой смеси?
1. Бромная вода
2. Спиртовый раствор гидроксида калия
3. Водный раствор перманганата калия
А) только 1 В) только 2 С) только 3 Д) 1, 2 Е) 1, 3

- Как изменяется число общих связей в молекуле и гибридное состояние атомов углерода при гидрировании этилена в этан?



Почему при горении смеси одинакового объема во II случае по сравнению с I свечение пламени уменьшается?

- Какие из веществ, массы которых равны, присоединяют большее количество брома? Объясните причину.



- При пропускании этан-этиленовой газовой смеси объемом 89,6 л (н.у) через разбавленный раствор KMnO_4 , взятого в избытке, образуется 62 г этиленгликоля. Определите объемную долю (%) этана в первоначальной газовой смеси.
А) 50 В) 75 С) 85 Д) 25 Е) 40

- При использовании этилена в теплицах для ускорения созревания плодов достаточно, чтобы его присутствие в воздухе составляло 1% его объемной доли. Сколько грамм этилена необходимо для обеспечения этой нормы в теплице объемом 448 м³?



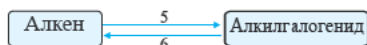
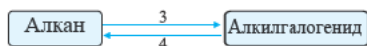
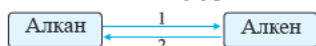
Разбейте схему на реакции, составьте уравнения этих реакций и определите X, Y, Z.

8 Выделите данные высказывания по схеме.



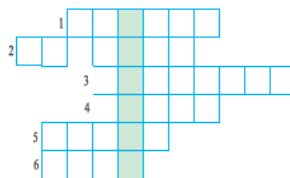
1. Вступает в реакцию присоединения
2. При обычных условиях в газообразном состоянии
3. Получается крекингом бутана
4. Вступает в реакцию замещения с хлором
5. Вступает в реакцию с водородом

9 Составьте по одному уравнению реакций, соответствующих каждой стадии схемы.



10 Завершив кроссворд, определите алкен.

1. Неразветвлённый алкан, имеющий формулу C_7H_{16}
2. Элемент, входящий в состав всех органических соединений
3. Печь для производства чугуна
4. Дезинфицирующее вещество
5. Непредельный углеводород с составом C_nH_{2n}
6. Алкен, у которого нет межклассового изомера



11 Предложите способ получения 3-метилпентена-2 из 3-метилпентена-1.

12 Присоединение бромоводорода к трифторпропену ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CF}_3$) протекает против правила Марковникова (классический вариант). Напишите уравнение реакции и объясните причину этого.



Домашнее задание

1. Пользуясь пластилином и спичками, смоделируйте реакцию этилена с бромоводородом и покажите, как меняется пространственное строение молекулы этилена.
2. Подготовьте презентацию на тему: «Применение полиэтилена и полипропилена».

Тема 3.7. Гомологический ряд алкадиенов, графические формулы и пространственное строение их молекул



Алкан → Алкен

Алкан → Алкадиен

Что означает замена окончания «ан» в алканах на «ен»?

Что выражает окончание «диен» в алкадиенах?

Какое определение можно дать алкадиенам на основе определений алканов и алкенов?

На основе Международной номенклатуры алкадиенами (или диеновыми углеводородами) называются углеводороды с открытой цепью, в молекулах которых имеются две двойные связи. Если в молекуле содержится n число атомов углерода, то состав C_nH_{2n-2} выражает общую формулу алкадиена. Например, в молекуле алкадиена, содержащей четыре атома углерода, формула имеет вид $C_4H_{2 \cdot 4 - 2}$ или C_4H_6 . Для того чтобы между атомами углерода были две двойные связи, в молекуле алкадиена должно быть минимум три атома углерода. Поэтому первым представителем гомологического ряда алкадиенов является пропадиен (C_3H_4). Другие алкадиены отличаются от пропадиена на одну или несколько $-CH_2-$ групп и образуют показанный ниже гомологический ряд.

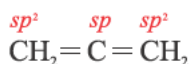
Формула алкадиена	Название алкадиена
C_3H_4	Пропадиен
C_4H_6	Бутадиен
C_5H_8	Пентадиен и т.д.

Графические формулы пропадиена и бутадиена -1,3 показаны ниже.

Алкадиен			
Название	Молекулярная формула	Графическая формула	
Пропадиен	C_3H_4	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	$CH_2 = C = CH_2$
Бутадиен-1,3	C_4H_6	$\begin{array}{c} & \text{H} & & \text{H} \\ & & \diagdown & / \\ \text{H} & & \text{C} = \text{C} & \\ & / & & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} & \end{array}$	$CH_2 = CH - CH = CH_2$

Диеновые углеводороды по положению двойных связей в молекуле подразделяются на три группы.

В кумулированных диеновых углеводородах двойные связи соединены с одним и тем же атомом углерода. Один из атомов углерода при двойных связях находится в sp , а два в sp^2 гибридном состоянии. Не принявшие участия в гибридизации p орбитали атома углерода, находящегося в sp гибридном состоянии, перекрываются с p орбиталями соседнего атома углерода, который находится в sp^2 гибридном состоянии. Происходит боковое перекрывание p орбиталей в плоскостях, перпендикулярных друг к другу с образованием двух π -связей. Первый представитель кумулированных алкадиенов пропадиен.



В молекуле *конъюгированных или сопряжённых алкадиенов* углеводородов между атомами углерода при двойной связи имеется одна С – С σ -связь. В их молекулах четыре атома углерода находятся в sp^2 гибридном состоянии. Первым представителем сопряженных алкадиенов является бутадиен-1,3.

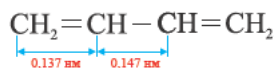
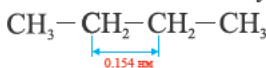


В молекуле *изолированных алкадиенов*, в отличие от сопряженных алкадиенов, двойные связи разделены двумя или более одинарными С – С σ -связями. В их молекулах тоже четыре атома углерода находятся в sp^2 гибридном состоянии. В молекуле первого представителя изолированного алкадиена находится пять атомов углерода.



Деятельность

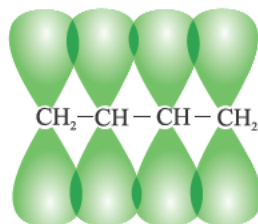
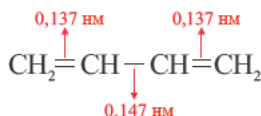
В молекуле бутадиена-1,3 ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$) длина двойной С = С связи больше, чем длина двойной С = С связи в молекулах алкенов, а длина одинарной С – С связи короче, чем длина С – С связи в молекулах алканов.



Как можно объяснить причину этого?

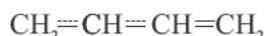
Какими схожими и отличительными особенностями обладают молекулы алифатических углеводородов с двумя двойными связями с алкенами?

Практически значимыми диеновыми углеводородами являются сопряженные, которые обладают рядом отличительных свойств, связанных с их строением. Исследуем строение молекулы бутадиена-1,3. Физическими методами исследования было определено, что все атомы углерода молекулы бутадиена-1,3 находятся на одной плоскости. Расстояние между атомами углерода (длина химической связи) в молекуле выглядят так, как показано ниже:

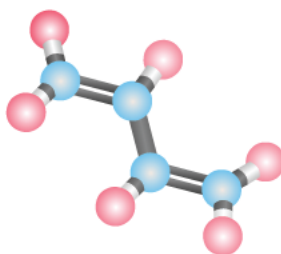


Как видно, в молекуле бутадиена-1,3 между атомами углерода длина двойной связи больше длины двойных связей в молекулах алкенов, а длина одинарной связи короче длины соответствующей одинарной связи в молекулах алканов. В молекуле бутадиена-1,3 все атомы углерода находятся в sp^2 гибридном состоянии. У каждого атома углерода на наружном энергетическом уровне имеется одна p орбиталь, которая не участвует в гибридизации. За счёт перекрывания sp^2 гибридных орбиталей между атомами углерода образуется σ -связь. Не принявшие участия в гибридизации p орбитали, взаимно перекрываясь, образуют сопряжённую π -систему (*делокализованная связь*).

При образовании сопряженной π -системы в крайних атомах углерода орбитали перекрываются больше, чем у атомов углерода, находящихся в середине молекулы. В результате этого длина двойной связи между атомами углерода больше длины двойной связи молекул алкенов, а длина одинарной связи между атомами водорода меньше длины соответствующей одинарной связи в молекулах алканов. Наличие сопряженной π -системы в молекуле бутадиена-1,3 в некоторых случаях выражают его строением, показанным ниже.



Ниже приведена шаростержневая модель бутадиена-1,3.



Что вы изучили?

Общую формулу алкадиенов, в молекулах которых содержатся n атомов углерода, выражают в виде

Алифатические углеводороды, в молекулах которых между атомами углерода имеются две, называются

В молекуле алкадиена один из атомов углерода находится в sp гибридном состоянии.

Молекула первого представителя алкадиена содержит пять атомов углерода.

Бутадиен-1,3 алкадиен и в его молекуле имеется, образованная делокализацией химической связи.

кумуляированные; изолированные; конъюгированные; алкадиен; $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$; сопряженная π -система; двойная связь



Проверьте изученное

- 1 Определите число атомов водорода в молекуле алкадиена, содержащего n атомов углерода.
A) $n + 2$ B) $n - 2$ C) $2n$ D) $2n + 2$ E) $2n - 2$
- 2 Определите алкадиены.
1. $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{C}=\text{CH}_2$ 2. $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ 3. $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ 4. $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
A) 1, 2 B) 3, 4 C) 1, 3 D) 2, 4 E) 1, 4
- 3 Почему молекула первого представителя алкадиенов содержит 3 атома углерода?

- 4 Неодинаковым для молекул бутадиена-1,3 и бутена-1 является:
1. Число атомов углерода
 2. Число атомов водорода
 3. Число π -связей
- А) только 1 В) только 2 С) только 3 Д) 1, 3 Е) 2, 3
- 5 Определите формулу алкадиена, в 0,5 молях которого содержится 4 г водорода.
- 6 Если в молекуле пропена один из атомов водорода метильной группы заменить винильным радикалом, то к какому типу алкадиенов будет относиться полученное соединение?
- 7 Составьте схему классификации диеновых углеводородов по положению двойной связи и распределите приведенные ниже алкадиены по этой схеме.
1. $\text{CH}_2=\text{CH}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}=\text{CH}_2$
 2. $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$
 3. $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{C}=\text{CH}_2$
 4. $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}=\text{CH}_2$
- 8 Завершите схему.



- 9 Перекрытием каких орбиталей образуются связи в молекуле $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{C}=\text{CH}_2$?
1. $sp^2 - sp^3$
 2. $sp^2 - s$
 3. $sp^2 - sp^2$
 4. $sp - sp$
 5. $sp^2 - sp$
 6. $sp - s$
 7. $sp^3 - sp^3$
 8. $sp^3 - s$
- 10 Составьте электронную формулу бутадиена-1,3. Сколько электронов принимают участие в образовании связей между атомами углерода в молекуле?
- 11 Завершите таблицу, сравнивая графические формулы бутана и бутадиена-1,3.

Вещество	Молекула содержит		
	число гибридных орбиталей	число σ -связей	число неполярных ковалентных связей
Бутан	а		с
Бутадиен-1,3		б	

12

Алкадиен	Число атомов углерода в молекуле первого представителя
Кумулированные	3
Конъюгированные	4
Изолированные	5

Число атомов углерода в молекулах первых представителей кумулированных, конъюгированных и изолированных алкадиенов разное. Объясните причину.

Тема 3.8. Номенклатура и изомерия алкадиенов



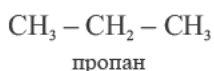
Какую структурную формулу вы предложите для вещества, называемого дивинилом?

Как по-вашему, на основе какой номенклатуры дано название этого вещества?

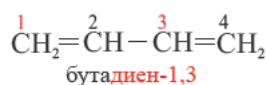
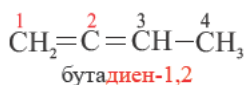
Как по-другому можно назвать это вещество, учитывая правила названия алкенов по Международной номенклатуре?

Номенклатура алкадиенов

При наименовании неразветвлённых алкадиенов на основе Международной номенклатуры в названиях соответствующих алканов букву «н» заменяют окончанием «диен».

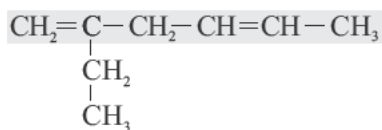
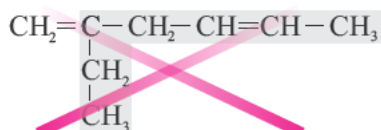


Если в главной цепи содержится больше трёх атомов углерода, нумерация ведётся с того конца, куда ближе одна из двойных связей. В конце названия алкадиена показывают номер атома углерода, с которого начинается двойная связь (место двойных связей). Например:



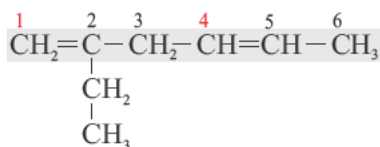
При назывании разветвлённых алкадиенов по Международной номенклатуре следует обращать внимание на правила, приведённые ниже.

1. В молекуле выбирается самая длинная углеродная цепь (главная цепь), содержащая двойные связи.

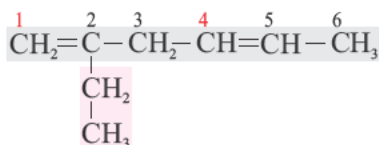


Во втором случае правильно сделан выбор главной цепи. Потому что, в отличие от первого случая, во втором случае четыре атома углерода находятся при двойных связях.

2. Нумерация атомов углерода в главной цепи начинается с того конца, куда ближе одна из двойных связей.



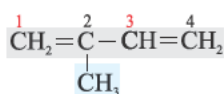
3. В главной цепи показывают номер атомов углерода, к которым присоединяются радикалы, число (ди-, три-, тетра- и др.) и названия радикалов, которые читают от простого к сложному, в названии соответствующего алкана в главной цепи окончание «н» заменяют на «диен» и читают номер атома углерода, с которого начинается двойная связь.



2-этилгексадиен-1,4

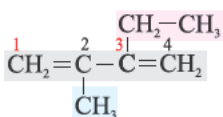
Если двойные связи в главной цепи находятся на одинаковом расстоянии с обоих концов цепи, то нумерацию главной цепи проводят на основе выученных вами правил называния алканов.

Нумерацию проводят с того конца, куда ближе радикал.



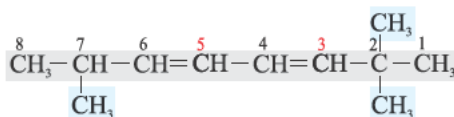
2-метилбутадиен-1,3

Нумерацию проводят с того конца, куда ближе простой радикал.



2-метил-3-этилбутадиен-1,3

Нумерацию проводят с того конца, где больше разветвлений.



2,2,7-триметилоктадиен-3,5

Широко пользуются историческими названиями алкадиенов и их производных.

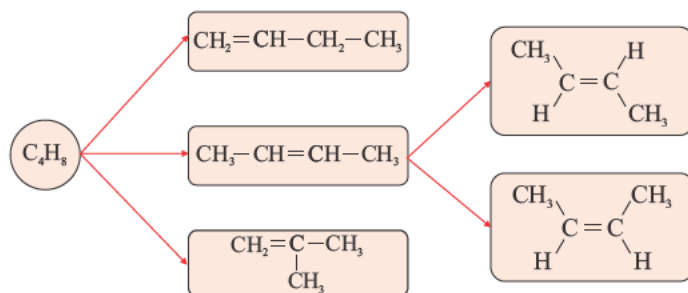
Формула соединения	Название по Международной номенклатуре	Историческое название
$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$	бутадиен-1,3	дивинил
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CH} = \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-метилбутадиен-1,3	изопрен
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CH} = \text{CH}_2 \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	2-хлорбутадиен-1,3	хлоропрен

Изомерия

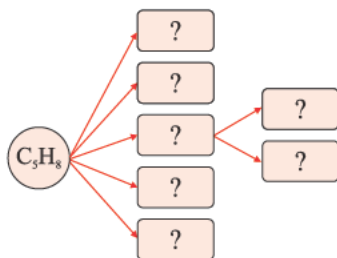


Деятельность

Дана схема, отражающая алкены с формулой C_4H_8 .



Составьте аналогичную схему и для алкадиенов с формулой C_5H_8 .

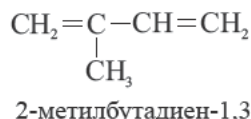
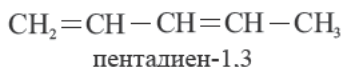


Почему изомерию алкадиенов мы сравнили с изомерией алкенов?
Какая изомерия возможна в алкадиенах?

Как в алкенах, в алкадиенах тоже возможны изомерия углеродного скелета, изомерия расположения двойной связи, межклассовая изомерия, а также геометрическая изомерия.

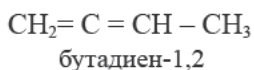
Структурная изомерия по углеродной цепи

Структурная изомерия по углеродной цепи начинается с представителя, в молекуле которого находится пять атомов углерода.



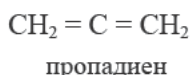
Структурная изомерия по положению двойной связи

Структурная изомерия по положению двойной связи начинается с представителя, в составе которого находится четыре атома углерода (C_4H_6).



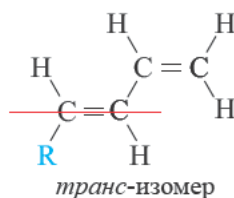
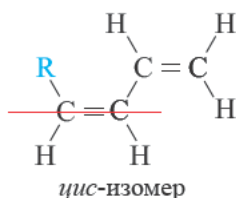
Межклассовая изомерия

Из-за одинаковой общей формулы алкадиенов и алкинов их молекулы, содержащие одинаковое число атомов углерода, являются межклассовыми изомерами. Межклассовая изомерия начинается от первого представителя гомологического ряда – пропадиена.

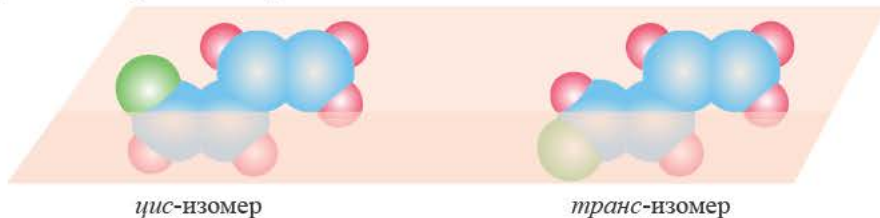


Геометрическая (цис-транс) изомерия

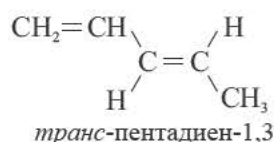
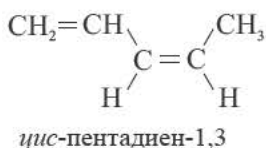
Геометрическая изомерия характерна только для конъюгированных и изолированных алкадиенов. В кумулированных алкадиенах не существует геометрической изомерии. Как и в алкенах, если в алкадиенах заместители атомов углерода при двойной связи разные, то в зависимости от их расположения в пространстве по отношению к плоскости π -связи возможна геометрическая (цис-транс) изомерия.



Если большие радикалы (атомы или группы атомов), присоединенные к обоим атомам углерода, при двойной связи размещены по одну сторону относительно плоскости π -связи, а малые радикалы (атомы или группы атомов) – по другую сторону, то такая форма называется *цис*-изомер, а если будет наоборот, то – *транс*-изомер.



Графические формулы пространственных изомеров пентадиена-1,3 показаны ниже:



Что вы изучили?

Название соединения $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ согласно бутадиен-1,3, а его дивинил.

У первого представителя гомологического ряда алкадиенов есть межклассовый изомер, но нет , и

Соединение $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$ является дивинила.

межклассовый изомер; структурные изомеры по углеродной цепи; геометрические (*цис-транс*) изомеры; структурные изомеры по положению двойной связи; Международная номенклатура; историческое название

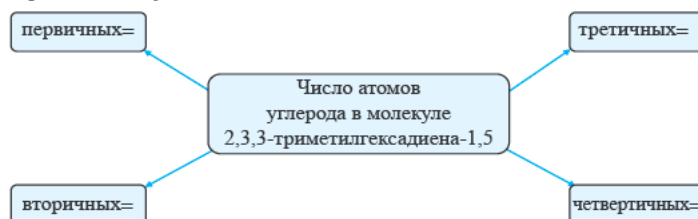


Проверьте изученное

- 1 Покажите число атомов углерода и водорода в молекуле бутадиена-1,3.
 А) 4; 6 В) 3; 6 С) 4; 8 Д) 3; 8 Е) 5; 8
- 2 В молекуле какого алкадиена есть атом углерода, находящийся в sp^3 гибридном состоянии?
 1. дивинил 2. изопрен 3. пропadiен 4. пентадиен-1,4
 А) 1, 2 В) 3, 4 С) 1, 3 Д) 2, 4 Е) 1, 4
- 3 Почему бутадиен-1,3 по исторический назван дивинилом?
- 4 Почему алкены, в молекулах которых есть четыре атома углерода, имеют структурную изомерию по углеродной цепи, а в алкадиенах с равным числом атомов углерода нет этого вида изомерии?
- 5 Определите число гибридных орбиталей в молекулах изопрена.
 А) 12 В) 14 С) 16 Д) 15 Е) 13

- 6 Назовите по Международной номенклатуре алкадиен, полученный замещением в молекуле 3-метил-2-изопропилпентадиена-1,4 атома водорода при вторичном атоме углерода на метильный радикал.

- 7 Завершите схему.



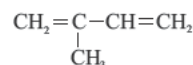
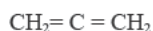
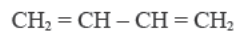
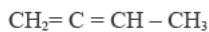
- 8 Определите правильные (+) и неправильные (-) выражения для дивинила и изопрена

	Дивинил	Изопрен
Международное название 2-метилбутадиен-1,3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Есть структурные изомеры по положению двойной связи	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Есть структурные изомеры по строению углеродной цепи	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Есть геометрические (цис-транс) изомеры	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- 9 Завершите таблицу.

Графическая формула молекулы	Название по Международной номенклатуре	Историческое название
		Изопрен
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$		
	2-хлорбутадиен-1,3	

- 10 Составьте схему, отражающую структурную изомерию в алкадиенах, и распределите вещества, данные ниже, в этой схеме.



- 11 Сравните строение молекул бутадиена-1,3, пентадиена-1,3 и пентадиена-1,4 и завершите таблицу, данную ниже:

Алкадиен	Способность образования геометрической (цис-транс) изомерии (+/-)	Причина
Бутадиен-1,3		
Пентадиен-1,3		
Пентадиен-1,4		

12 Назовите вещества



Несмотря на сходство их строений, объясните причину разного числа атомов углерода в главной цепи.

Тема 3.9. Получение и физические свойства алкадиенов

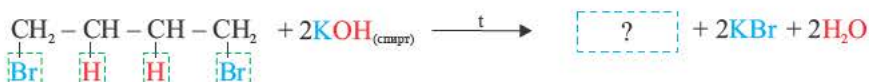
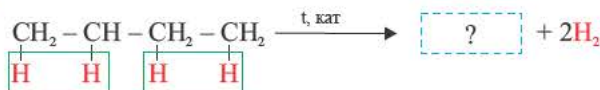


Вы изучили общие способы получения алкенов. К этим способам, в основном относятся дегидрирование алканов, дегидратация спиртов, дегидрогалогенирование моногалогенопроизводных алканов.

Учитывая схожие особенности алкенов и алкадиенов, можно ли этими способами получать алкадиены?



Деятельность



Основываясь на изученных способах получения алкенов, определите, какие вещества могут получаться в результате данных реакций.

Получение

Как и алкены, алкадиены получают в промышленности и в лаборатории, главным образом, на основе реакций дегидрирования алканов, дегидрогалогенирования галогенопроизводных алканов, дегидратацией спиртов.

В промышленности алкадиены получают следующими способами:

1. **Пиролизом нефтепродуктов.** В это время алкадиены получают как побочные продукты.

2. **Методом Лебедева.** В 1932 году С.В.Лебедев при пропускании паров этилового спирта над нагретым катализатором получил бутадиен-1,3. Уравнение протекания реакции в общем виде можно показать нижеследующим образом.



Лебедев Сергей Васильевич
(1874–1934)

Русский химик.

Основные научные исследования посвящены полимеризации, изомеризации и гидрированию непредельных углеводородов. Получил синтетический каучук полимеризацией бутадиена-1,3 в присутствии натрия.

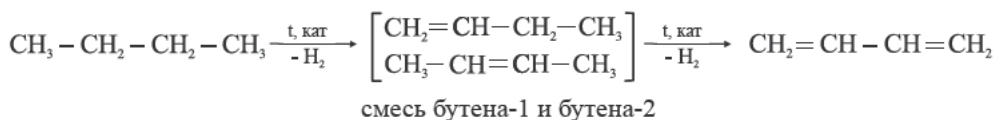


Как видно из уравнения реакции, помимо бутадиена-1,3 получается вода и водород. То есть, во время реакции происходит процесс дегидрирования и дегидратации.

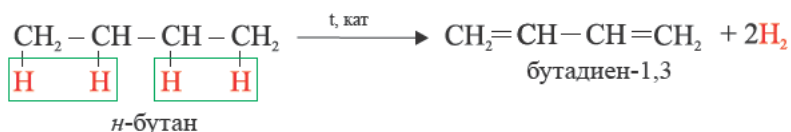
3. *Дегидрирование алканов.* При высокой температуре в присутствии катализатора от алкана отщепляются две молекулы водорода и получается алкадиен.



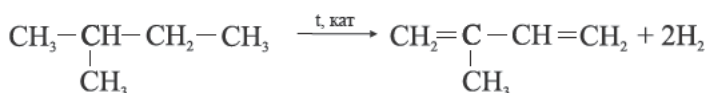
Например, самым распространенным методом получения бутадиена-1,3 является каталитическое дегидрирование *n*-бутана в две стадии. В это время сначала образуется смесь алкенов (смесь бутена-1 и бутена-2), а потом последующим дегидрированием получается бутадиен-1,3.



Уравнение протекающих реакций можно выразить в следующем виде:

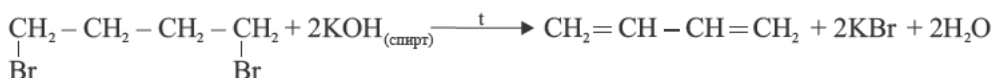


Изопрен (2-метилбутадиен-1,3), один из важных представителей гомологического ряда алкадиенов, получают дегидрированием 2-метилбутана.

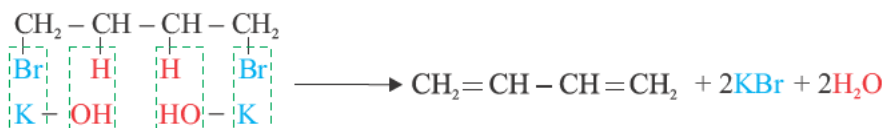


В лаборатории алкадиены получают в основном по следующим реакциям.

1. *Нагреванием дигалогенопроизводных алканов со спиртовым раствором щёлочи (дегидрогалогенирование).* Во время этой реакции надо брать такое галогенопроизводное, чтобы в молекуле атомы галогена не были ни при одном атоме углерода, ни при соседних атомах углерода. Например, при нагревании 1,4-дибромбутана со спиртовым раствором KOH получается дивинил. В отличие от реакций получения алкенов, в этой реакции на один моль дигалогеноалкана действуют двумя молями щёлочи. При протекании этих реакций от молекул дигалогенопроизводных алканов отщепляются по два атома водорода и галогена, и в молекуле образуется π-связь.



Схематически реакцию можно представить в таком виде:

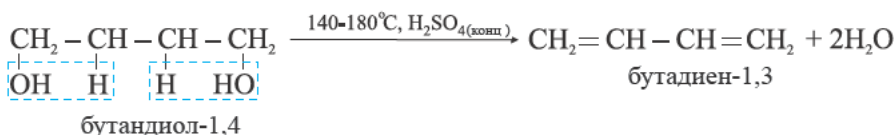
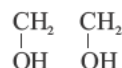


2. Дегидратацией предельных двухатомных спиртов. Во время реакции надо взять такой двухатомный спирт, чтобы гидроксильные группы OH не были ни при одном и ни при соседних атомах углерода. При нагревании спиртов до 140–180°C в присутствии концентрированной серной кислоты от их молекул отщепляется молекула воды (внутримолекулярная дегидратация). В результате реакции образуется π-связь и ее число равно числу молей отщепленной воды. При внутримолекулярной дегидратации двухатомных спиртов отщепляются две молекулы воды, в молекуле образуется две π-связи и получается алкадиен.



Вспомним

Спирты, в состав которых входят две гидроксильные группы, называются двухатомными. Простейшим представителем двухатомных спиртов является этиленгликоль.



Физические свойства

В гомологическом ряду с увеличением молекулярной массы алкадиенов увеличивается их плотность и температура кипения. При обычных условиях бутадиен-1,3 газ, а 2-метилбутадиен-1,3 – летучая жидкость. Алкадиены не растворяются в воде, но хорошо растворимы в неполярных органических растворителях. Бутадиен-1,3 и его гомологи оказывают вредное действие на центральную нервную систему. Газообразные алкадиены раздражают дыхательные пути.



Что вы изучили?

Изопрен при обычных условиях, а дивинил – вещество в состоянии. При пропускании паров этилового спирта над нагретым катализатором протекает и реакция и дегидратации, в результате образуется дивинил. Это называют

При реакциях диалогенопроизводных алканов и при предельных двухатомных спиртов могут получиться алкадиены.

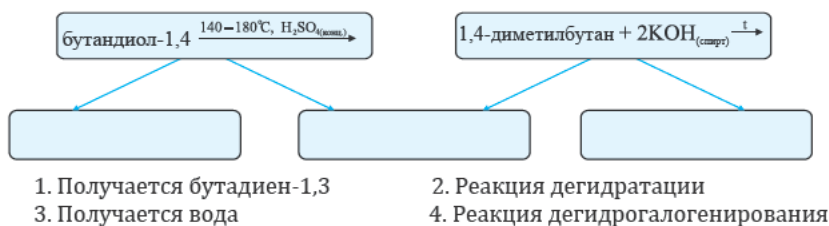
дегидрогалогенирование; дегидратация; газ; жидкость; дегидрирование; метод Лебедева



Проверьте изученное

- Определите вещества, находящиеся при обычных условиях в жидком состоянии.
1. бутadiен-1,3 2. пентен-2 3. 2-метилбутadiен-1,3 4. бутан
A) 1, 2 B) 3, 4 C) 2, 3 D) 2, 4 E) 1, 4
- От какого вещества не получается дивинил?
A) 2-метилбутан B) 1,4-дибромбутан C) этиловый спирт D) бутандиол-1,4 E) бутан
- Сравните температуры кипения изопрена и дивинила и обоснуйте свои мысли.
- Почему при взаимодействии 1-бромбутана со спиртовым раствором гидроксида калия не образуется алкадиен? Какое вещество является продуктом этой реакции?
- Какое максимальное количество молей дивинила можно получить из этилового спирта массой 18,4 г?
A) 0,1 B) 0,2 C) 0,4 D) 0,5 E) 1
- Сколько литров (н.у.) водорода выделяется при полном превращении 2 молей бутана в дивинил?
A) 112 B) 44,8 C) 22,4 D) 67,2 E) 89,6

- Распределите выражения по схеме.



- Определите соответствие.

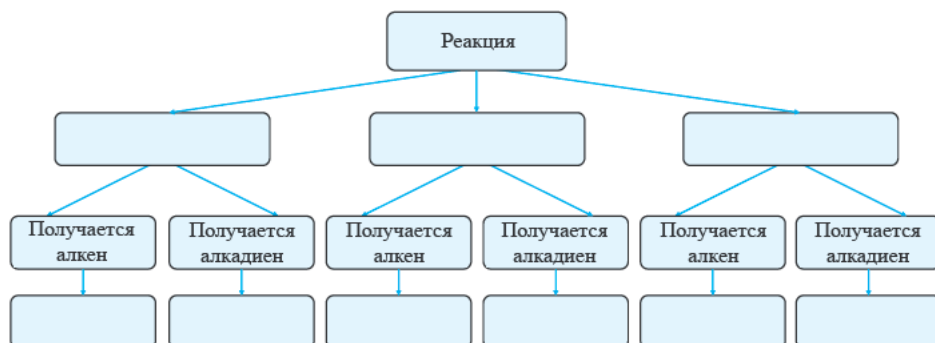
Продукты реакции

- Алкен
- Алкадиен

Реакции

- $\text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Cl} + 2\text{KOH}_{(\text{спирт})} \xrightarrow{t}$
- $\text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{KOH}_{(\text{спирт})} \xrightarrow{t}$
- $\text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2\text{Cl} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + \text{Zn} \xrightarrow{t}$
- $2\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Cl} + 2\text{Na} \longrightarrow$
- $2\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{425^\circ\text{C}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{ZnO}}$

- Завершите схему согласно нижеприведенным выражениям.



1. дегидрирование
2. бутанол-1 → бутен-1
3. бутан → бутадиен-1,3
4. 1,4-дибромбутан → бутадиен-1,3
5. бутандиол-1,4 → бутадиен-1,3
6. бутан → бутен-1
7. дегидратация
8. 2,3-дибромбутан → бутен-2
9. дегидрогалогенирование

10 При получении дивинила в две стадии каталитическим дегидрированием н-бутана сначала образуется смесь двух алкенов (бутена-1 и бутена-2), последующим дегидрированием получается бутадиен-1,3. Составьте стадии реакций получения изопрена из 2-метилбутана.

11 этиловый спирт $\xrightarrow{140-180^\circ \text{C}, \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц})}$

этиловый спирт $\xrightarrow{425^\circ \text{C}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{ZnO}}$

Сравните реакции и определите их отличительные стороны. Обоснуйте свои мысли.

12 Как меняется во время реакции $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl} + 2\text{KOH}_{(\text{спирт})} \xrightarrow{t}$ число первичных атомов углерода, гибридных орбиталей и σ -связей в молекулах органических веществ?

Тема 3.10. Химические свойства алкадиенов



В повседневной жизни вы встречаетесь с некоторыми предметами – резиновыми шинами, резиновой обувью и т. д.

Что вы знаете о химическом составе этих предметов?

Как можно их синтезировать?

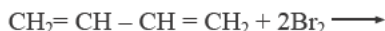
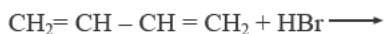
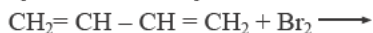


Деятельность

Вы изучили, что алкены обесцвечивают бромную воду и раствор KMnO_4 , и можете написать уравнения протекающих реакций.

Как вы думаете, могут ли алкадиены обесцвечивать бромную воду и раствор KMnO_4 ?

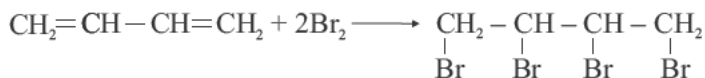
Используя закономерности, изученные в теме алкены, постарайтесь завершить ниже приведенные схемы реакций.



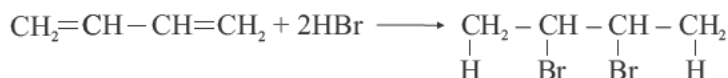
Из-за наличия двух двойных связей в молекулах алкадиенов большинство их химических свойств (присоединение, окисление и полимеризация) похоже с химическими свойствами алкенов. Но химические свойства сопряженных алкадиенов отличаются некоторым своеобразием. Причиной этого является наличие делокализованной π -системы в их молекулах. Рассмотрим химические свойства сопряженных алкадиенов.

Реакции присоединения

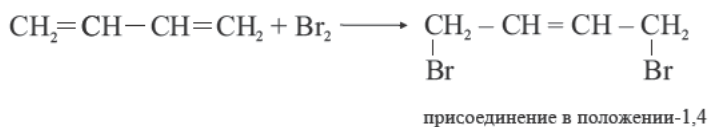
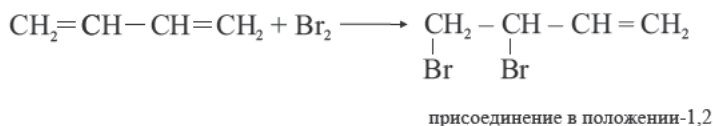
Как и алкены, алкадиены тоже присоединяют водород, галоген, галогеноводород и воду. В отличие от алкенов, 1 моль алкадиена максимально присоединяет не 1 моль, а 2 моля молекул типа X_2 (H_2 , Гал $_2$ – Cl_2 , Br_2) или HX (Н-Гал, Н-ОН и др.).



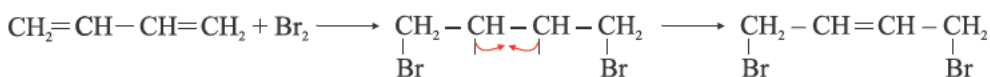
Присоединение молекул типа HX к алкадиенам протекает по правилу Марковникова. Например:



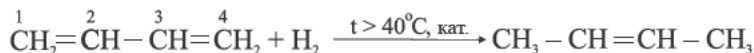
Во время реакции сопряженных алкадиенов с молекулами типа X_2 и HX в мольном отношении 1:1 образуются два разных продукта. Например, в результате реакции 1 моля бутадиена-1,3 с 1 молем Br_2 образуется и 3,4-дибромбутен-1 (*присоединение в положении-1,2*) и 1,4-дибромбутен-2 (*присоединение в положении-1,4*).

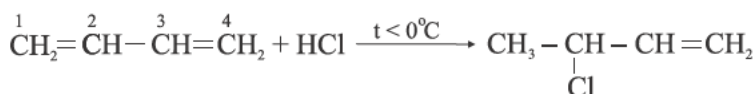
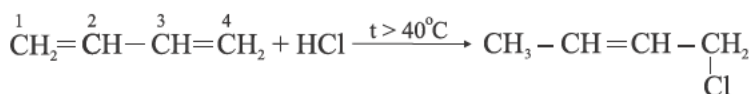


При присоединении в положении-1,4 в молекуле бутадиена-1,3 разрываются обе π -связи (π -система) и атомы брома присоединяются к первому и четвертому атомам углерода. В молекуле свободные электроны второго и третьего атома углерода образуют между этими атомами π -связь.



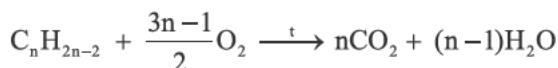
Во время реакции сопряженных алкадиенов с молекулами типа X_2 и HX в мольном отношении 1:1 выход продуктов присоединения в положениях-1,2 и -1,4 зависит в основном от температуры. При повышении температуры ($t > 40^\circ$) выход продукта присоединения в положении-1,4 а при понижении ($t < 0^\circ$) выход продукта присоединения в положении-1,2 увеличиваются. В органической химии, если в результате реакции одновременно образуются несколько веществ, то уравнение реакции записывают по выходу основного продукта. Рассмотрим несколько примеров.





Реакция горения и окисления

Алкадиены в присутствии кислорода горят с образованием CO_2 и H_2O . Общее уравнение реакции полного горения алкадиенов можно показать следующим образом:

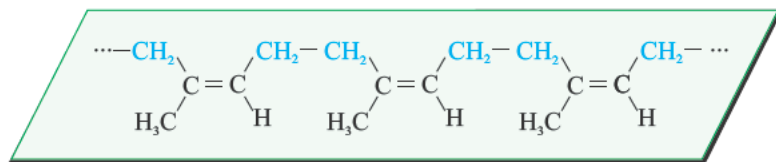


Если на алкадиены в нейтральной или слабощелочной среде подействовать слабым раствором KMnO_4 , то реакция протекает при обычных условиях. Сразу же исчезает фиолетовая окраска раствора KMnO_4 и получается осадок MnO_2 бурого цвета. Это реакция, как и для других непредельных углеводородов, для алкадиенов является реакцией определения.

Реакция полимеризации

Деятельность

Опытным путём было определено, что продуктом разложения макромолекул, являющихся основной частью сока гевеи (растёт в основном в Центральной и Южной Америке), является изопрен. То есть, эти макромолекулы являются продуктом полимеризации изопрена. А также было определено, что в макромолекулах $-\text{CH}_2-$ группы располагаются в пространстве по одну сторону по отношению к атомам углерода при двойной связи.

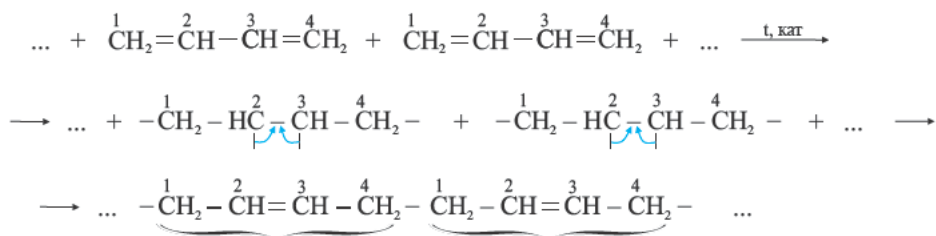


Как вы думаете, как соединены молекулы изопрена друг с другом в соке дерева гевеи: в 1,2- или 1,4 - положении?

Предложите уравнение реакции полимеризации изопрена.

Какое вещество образуется при полимеризации дивинила по этому же правилу?

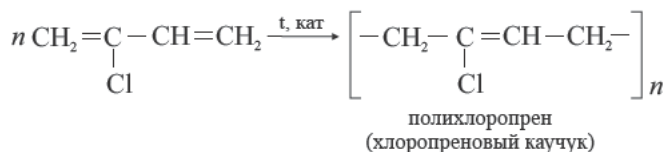
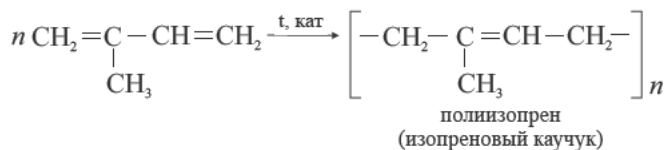
Алкадиены, как и алкены, вступают в реакцию полимеризации. Полученные при этом полимеры называются *каучуками*. Рассмотрим реакцию полимеризации бутадиена -1,3.



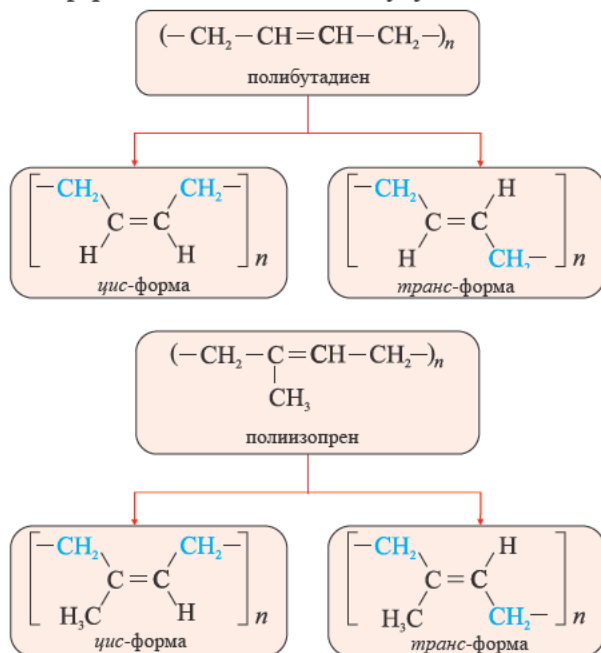
Уравнение реакции в сокращённом виде выражают следующим образом:

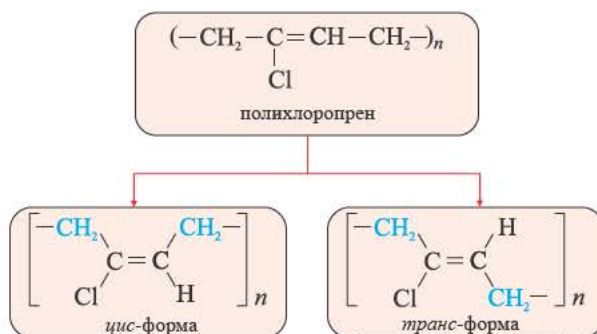


Уравнения реакций полимеризации изопрена и хлоропрена выглядят так:

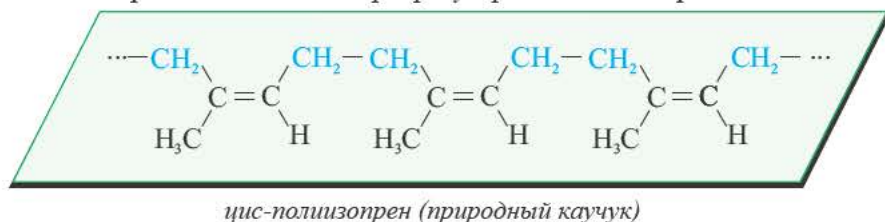


Каучуки, полученные на основе этих реакций, называются синтетическими каучуками. В составе макромолекул каучука $-\text{CH}_2-$ могут располагаться в пространстве по разные стороны по отношению к атомам углерода при двойной связи, то есть обладают *цис*- и *транс*- формами. Синтетические каучуки состоят из смеси этих форм.





Основная часть сока дерева гевеи, растущего в тропических лесах Америки, состоит только из цис-полиизопреновых макромолекул. Если мономерные звенья в макромолекуле расположены в определенной последовательности, то такие полимеры называются *стереорегулярными* полимерами.



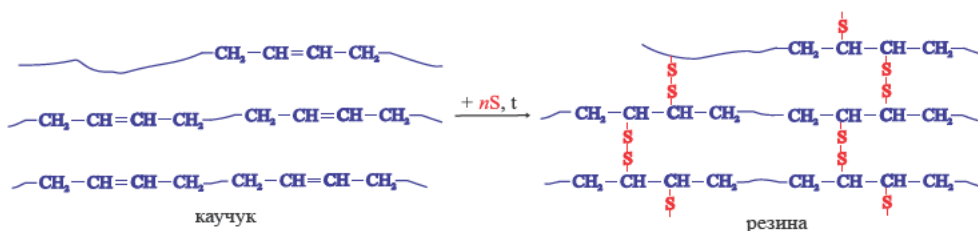
Знаете ли вы?

Значение слова «каучук» – это слёзы дерева. Местные жители Америки из каучука изготавливали разную бытовую посуду и водонепроницаемые материалы. Они изготавливали из каучука мячи, которыми пользовались при различных играх. Эти мячи были тяжелее кожаных, но, ударяясь о землю, высоко подсакивали в воздух. Во времена открытия Америки Колумб проявил интерес к природному каучуку.



Такие свойства, как эластичность, износоустойчивость, водо- и газонепроницаемость у природного каучука больше, чем у других каучуков, и это связано со стереорегулярным строением его макромолекулы.

Продукции, изготовленные из каучуков (например, калоши, водонепроницаемая одежда и др.), не находят применения в холодную и жаркую погоду. Так как при повышенной температуре каучук становится мягким и липким, а на холоде – твёрдым и хрупким. Для устранения этих недостатков каучук нагревают с серой до температуры 130–140°C. При этом разрываются π-связи элементарных звеньев, и атомы серы соединяются по месту некоторых двойных связей (–S–S– дисульфидный мостик) и как бы сшивают макромолекулы друг с другом. В результате этого получается *сшитый полимер*, обладающий высокими физико-механическими свойствами (высокая эластичность, стойкость к износу, к агрессивной химической среде, к растворителям и др.). Процесс соединения серы с каучуком называется *реакцией вулканизации*. Реакцию вулканизации каучука можно показать в следующем виде:



При вулканизации каучука получается резина. Резина отличается высокой стойкостью и прочностью по сравнению с каучуком. Если во время процесса вулканизации добавить больше серы, чем необходимо для получения резины, то получается твёрдое неэластичное вещество – эбонит.



Роль химии

Резины используются в основном в производстве шин автомобилей и других резиновых изделий. Эбонит используется как электроизоляционный материал в электротехнике, а также из него изготавливают корпуса аккумуляторов.



Что вы изучили?

Алкадиены, как и алкены, вступают в реакцию с водородом, обесцвечивают Реакция соединения дивинила с хлороводородом протекает по правилу Марковникова в В результате реакции присоединения к молекуле дивинила одной молекулы бромоводорода получается молекула 1-бромбутена-2. Природный каучук является продуктом изопрена. Полимеризацией алкадиенов получают , а при их получают резину.

соединение; вулканизация; присоединение в положении-1,2;
присоединение в положении-1,4; каучук; полимеризация; бромная вода



Проверьте изученное

- 1 Какое вещество является мономером природного каучука?
- 2 Какие вещества при обычных условиях обесцвечивают бромную воду?
1. пропан 2. дивинил 3. пропен 4. этан
A) 1, 2 B) 3, 4 C) 1, 4 D) 2, 3 E) 1, 3
- 3 В отличие от полиэтилена дивиниловый каучук подвергается вулканизации. Объясните причину.
- 4 Какими общими свойствами обладают алкены и алкадиены?
- 5 Вычислить максимальную массу брома, который может присоединиться к 27 г дивинила.

Алкадиен	Объём (н.у.), л	Объём кислорода, затраченный на его горение (н.у.), л
$X_{\text{(газ)}}$	a	$5,5a$

Определите отношение $m(C) : m(H)$ в составе X.

- A) 4 : 1 B) 8 : 1 C) 15 : 2 D) 9 : 1 E) 11 : 2

7 Определите соответствие.

Реакции присоединения дивинила

1. Присоединение в положении-1,2
2. Присоединение в положении-1,4

Продукты реакций присоединения

- a. $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$
- b. $\text{CH}_2\text{Br} - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2\text{Br}$
- c. $\text{CH}_3 - \text{CHBr} - \text{CH} = \text{CH}_2$
- d. $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2\text{Br}$
- e. $\text{CH}_2\text{Br} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$

- 8
- $$1 \text{ моль изопрена} + 1 \text{ моль } \text{H}_2 \xrightarrow{80^\circ\text{C}} \text{X}$$
- $$1 \text{ моль изопрена} + 1 \text{ моль } \text{Br}_2 \xrightarrow{80^\circ\text{C}} \text{Y}$$
- $$1 \text{ моль дивинила} + 1 \text{ моль } \text{HBr} \xrightarrow{80^\circ\text{C}} \text{Z}$$

Впишите вещества X, Y, и Z в пустые ячейки таблицы.

Образует цис-транс изомеры	Не образует цис-транс изомеров

- 9 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow[-(2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2)]{425^\circ\text{C}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{ZnO}} \text{X} \xrightarrow{+\text{Br}_2, t > 40^\circ\text{C}} \text{Y}$

Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме.

10 Завершите схему.



11 Предложите схему получения бутадиена-1,2 в двух стадиях из бутадиена-1,3.

12 Макромолекулу какого вещества можно получить полным гидрированием дивинилового каучука? Обоснуйте свои мысли.

Тема 3.11. Гомологический ряд алкинов, графические формулы и пространственное строение их молекул



Вы знаете, что алкадиены и алкины, содержащие одинаковое число атомов углерода, являются изомерами.

Как вы думаете, какой общей формулой можно выразить состав алкинов?

Как можно отличить строение алкинов от строения других углеводородов (алкан, алкен и алкадиенов)?

Сколько атомов углерода может содержаться в молекуле первого представителя алкинов? Объясните причину.

По Международной номенклатуре углеводороды с открытой цепью, в молекулах которых между атомами углерода имеется одна тройная связь ($-C \equiv C-$), называются **алкинами**. Общая формула алкинов, в молекулах которых содержится n число атомов углерода, выражается формулой C_nH_{2n-2} . Наиболее простым представителем этого класса является ацетилен (C_2H_2). И поэтому алкины называют углеводородами ряда ацетилена. Ниже даны некоторые члены гомологического ряда алкинов.

Формула алкина	Название алкина
C_2H_2	Этин (ацетилен)
C_3H_4	Пропин
C_4H_6	Бутин
C_5H_8	Пентин и др.



Деятельность

В молекуле азота между атомами азота, а в молекуле ацетилена между атомами углерода имеется тройная связь.

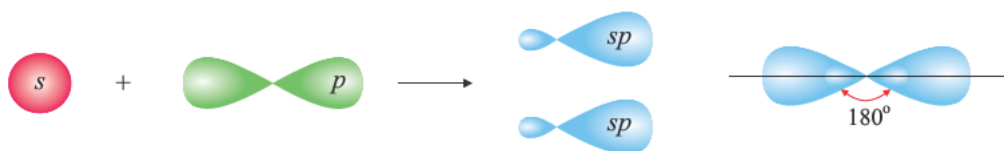
При участии каких орбиталей происходит образование химических связей в молекуле азота?

Сколько σ - и сколько π -связей входят в состав тройной связи?

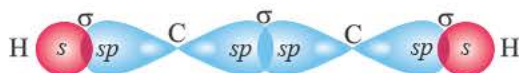
Какими схожими и отличительными особенностями обладают образование связей в молекулах ацетилена и азота?

Как вы объясните образование связей в молекуле ацетилена?

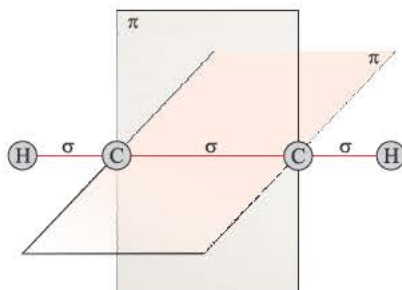
Рассмотрим пространственное строение молекул алкинов на примере первого представителя гомологического ряда – ацетилена. В молекуле ацетилена каждый атом углерода в возбужденном состоянии на последнем энергетическом уровне имеет одну s и одну p орбитали, которые подвергаются гибридизации и образуют sp гибридные орбитали. Образованные sp гибридные орбитали находятся на одной прямой под углом 180° .



Одна из гибридных орбиталей каждого атома углерода перекрывается s -орбиталью атома водорода и образует $C-H$ связи. Вторые гибридные орбитали атомов углерода перекрываются между собой и образуют $C-C$ σ -связь.



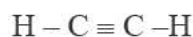
Две p -орбитали каждого атома углерода не принимают участия в гибридизации, перекрываются взаимно с боков в перпендикулярных друг к другу плоскостях с образованием две π -связи.



Значит, в молекуле ацетилена тройная связь между атомами углерода состоит из одной σ -и двух π -связей.

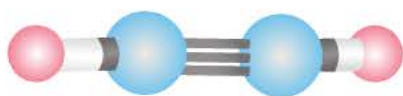


электронная формула ацетилена

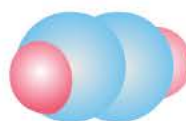


графическая формула ацетилена

В молекуле ацетилена атомы углерода и водорода расположены вдоль одной прямой линии, поэтому его молекула имеет линейное строение. Образование тройной связи между атомами углерода является причиной укорачивания межъядерного расстояния атомов углерода по сравнению с алканами и с алкенами. Длина $C \equiv C$ связи составляет 0,120 нм, а энергия (828 кДж/моль) больше, чем энергия двойной связи (612 кДж/моль). Ниже даны шаростержневая и шаровая модели молекул.

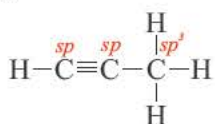


шаростержневая модель молекулы ацетилена

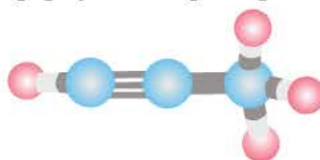


шаровая модель молекулы ацетилена

У других представителей гомологического ряда алкинов, кроме атомов углерода, при тройной связи другие атомы углерода находятся в sp^3 гибридном состоянии. Ниже даны графическая формула и шаростержневая модель молекулы пропина.



графическая формула молекулы пропина



шаростержневая модель молекулы пропина



Что вы изучили?

По Международной номенклатуре алифатические углеводороды, в молекулах которых между атомами углерода имеется одна тройная связь, называются Общую формулу алкинов выражают в виде В молекуле ацетилена содержится три и две Оба атома углерода в молекуле находятся в состоянии. А в молекуле пропина один атом углерода находится в состоянии.

C_nH_{2n-2} ; алкин; π -связь; σ -связь; sp^3 -гибрид; sp -гибрид



Проверьте изученное

1 Выберите вещества с общей формулой C_nH_{2n-2} .

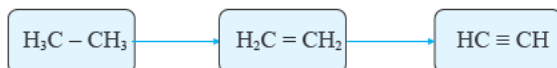
1. $CH_2=CH-CH=CH_2$
2. $CH_3-CH=CH-CH_3$
3. $CH \equiv C-CH_3$
4. $CH_3-CH_2-CH_3$

A) 1, 2 B) 3, 4 C) 1, 3 D) 2, 4 E) 1, 4

2 Определите соответственно число σ - и π -связей в молекуле ацетилена.

A) 3; 2 B) 1; 2 C) 4; 1 D) 5; 2 E) 2; 4

3



Как меняется энергия и длина связи между атомами углерода в данном ряду? Обоснуйте свои мысли.

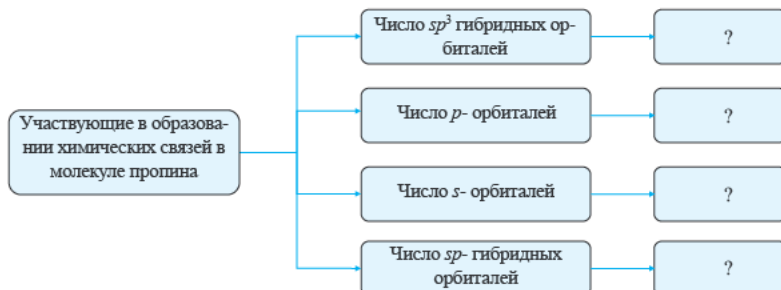
4 В молекуле ацетилена все атомы находятся на одной плоскости. Почему это не наблюдается в молекуле пропина?

5 Вычислите относительную молекулярную массу алкина, молекула которого содержит 8 атомов водорода.

6 Вычислите массовую долю (%) углерода в алкине, относительная плотность которого по водороду 20.

A) 75 B) 60 C) 40 D) 90 E) 80

7



8 Определите соответствие.

Пространственное строение молекулы

Формула молекулы

1. линейная

a. $HC \equiv CH$

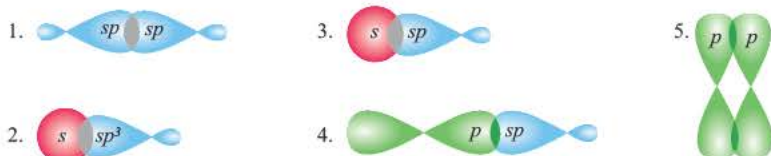
b. CO_2

2. тетраэдрическая

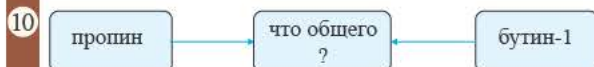
c. CH_4

d. H_2O

9 В каких случаях схемы перекрывания электронных орбиталей соответствуют связям в молекуле ацетилена?



- A) 1, 3, 4 B) 1, 3, 5 C) 2, 4, 5 D) 1, 2, 5 E) 2, 3, 4



1. Число σ -связей в молекуле
2. Число π -связей в молекуле
3. Число sp^3 гибридных орбиталей в молекуле
4. Число sp гибридных орбиталей в молекуле
5. Число связей, образованных $sp^3 - s$ перекрыванием в молекуле

11 Формула молекулы $\text{HC} \equiv \text{C} - \text{R}$ имеет такое строение . Определите радикал R.

12 Сравните графические формулы алкинов с разным числом атомов углерода. Предложите формулу, по которой можно определить число σ -связей в молекуле алкина, в состав которого входит n атомов углерода.



Домашнее задание

Пользуясь программой Excel, постройте график зависимости массовой доли углерода и водорода, находящихся в алкине, от их молярной массы.

Тема 3.12. Номенклатура и изомерия алкинов



С составом C_4H_8 имеются 4 алкена, а составом C_4H_6 имеются 2 алкина. То же самое явление наблюдается при сравнении числа изомеров алкенов и алкинов, в составе молекул которых содержится 5 атомов углерода. С составом C_5H_{10} имеются 6 алкена, а с составом C_5H_8 имеются 3 алкена.

В чём причина разного числа изомеров алкенов и алкинов, в составе молекул которых содержится одинаковое число атомов углерода?

Номенклатура

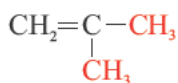


Деятельность

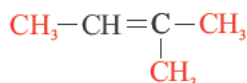
При назывании алкенов по рациональной номенклатуре их рассматривают как производные этилена, в молекулах которого атомы водорода частично или полностью замещены на алкильные радикалы. Сначала читают число и название радикалов, а в конце добавляется слово «этилен». В некоторых случаях пользуются словами симметричный и несимметричный. Например:



метилэтилен



несимметричный
диметилэтилен



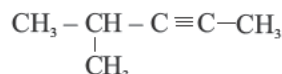
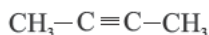
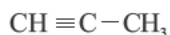
триметилэтилен

Производными какого углеводорода надо рассматривать алкины при наименовании их по рациональной номенклатуре?

В какой последовательности даются названия по рациональной номенклатуре?

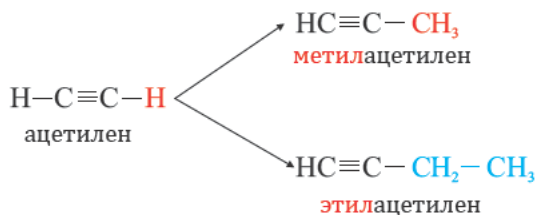
Можно ли при этом пользоваться словами симметричный и несимметричный?

Какие названия будут иметь нижеуказанные алкины по рациональной номенклатуре?

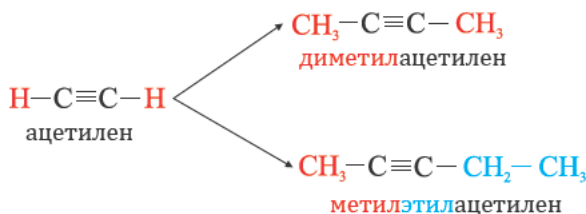


Алкины называют и по рациональной и по Международной номенклатуре. При назывании алкинов по рациональной номенклатуре их рассматривают как производные ацетилена, в молекулах которого атомы водорода частично или полностью замещены на алкильные радикалы. Сначала читают радикалы, а в конце добавляют слово «ацетилен». Так как в молекуле ацетилена содержатся два атома водорода, то при этом способе называния алкины можно разделить на две группы:

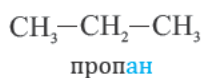
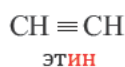
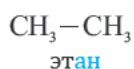
1. Когда в молекуле ацетилена один из атомов водорода замещён алкильным радикалом:



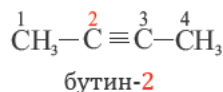
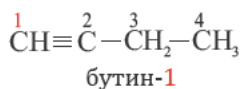
2. Когда в молекуле ацетилена оба атома водорода замещены алкильными радикалами. Если заместители – одинаковые радикалы, то для того, чтобы показать их число, пользуются приставкой «ди». Если заместители – разные радикалы, то их читают от простого к сложному.



Согласно Международной номенклатуре, названия неразветвленных алкинов образуют путём замены окончания «ан» в названиях соответствующих алканов на «ин».

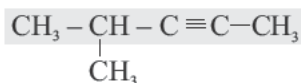


Когда в главной цепи число атомов углерода больше трёх, то цепь нумеруют с того конца, к которому ближе тройная связь. В конце названия алкина обозначают положение тройной связи номером того углеродного атома, от которого начинается тройная связь (место тройной связи). Например:

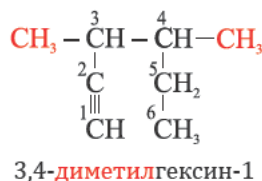
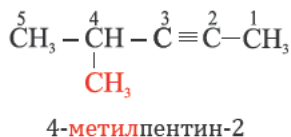


При названии разветвлённых алкинов по Международной номенклатуре должны соблюдаться нижеуказанные правила.

1. В молекуле выбирается самая длинная цепь, содержащая тройную связь (главная цепь).



2. Нумерацию атомов углерода в главной цепи начинают с того конца, куда ближе тройная связь. Сначала, в главной цепи показывают номер углерода, к которому присоединён радикал, их число (ди-, три-, тетра- и др.) и читают названия радикалов от простого к сложному. Далее в алкане, соответствующего главной цепи, окончание «ан» заменяют на «ин» и читают номер углерода, с которого начинается тройная связь.

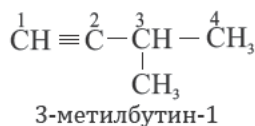
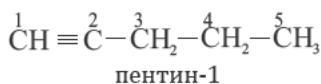


Изомерия

В алкинах возможны *структурная изомерия углеродной цепи, структурная изомерия по положению тройной связи и межклассовая изомерия.*

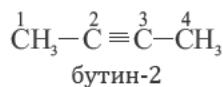
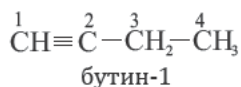
Структурная изомерия по углеродной цепи

Изомерия по углеродному скелету у алкинов, в отличие от алканов и алкенов, начинается с представителя, в молекуле которого находятся пять атомов углерода (C₅H₈).



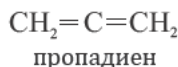
Структурная изомерия по положению тройной связи

Структурная изомерия по положению тройной связи образуется по месту положения тройной связи в главной цепи. В это время строение углеродной цепи не меняется, а меняется только место тройной связи в цепи. Изомерия по положению тройной связи начинается с третьего представителя гомологического ряда (C₄H₆).

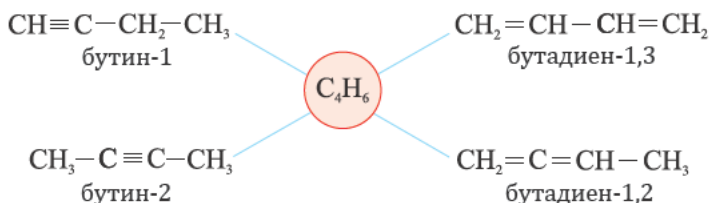


Межклассовая изомерия

Алкины и алкадиены, содержащие одинаковое число атомов углерода в молекулах, являются межклассовыми изомерами. В алкинах межклассовая изомерия начинается с пропина (C_3H_4).



Структурные изомеры алкина с формулой C_4H_6 можно обобщить по схеме, которая дана ниже:



Из-за того, что к атомам углерода при тройной связи присоединяется только один заместитель, в отличие от алкенов и алкадиенов, у алкинов не существует *цис-транс* изомерии.



Что вы изучили?

Бутин-1 и бутин-2 являются Алкины и алкадиены, содержащие одинаковое число атомов углерода в молекулах, являются Пентин-2 по называют метилэтилацетиленом. 3-метилбутин-1 является пентина-1.

межклассовые изомеры; структурные изомеры по положению тройной связи; рациональная номенклатура; структурные изомеры по углеродной цепи



Проверьте изученное

- 1 Назовите пропин по рациональной номенклатуре.
- 2 В каком случае вещество названо неправильно?

A) $CH \equiv C - CH_2 - CH_3$ бутин-1

B) $CH \equiv C - \underset{\begin{smallmatrix} | \\ CH_3 \end{smallmatrix}}{CH} - CH_3$ 2-метилбутин-3

C) $CH_3 - \underset{\begin{smallmatrix} | \\ CH_3 \end{smallmatrix}}{CH} - C \equiv C - CH_3$ 4-метилпентин-2

D) $CH_3 - C \equiv C - CH_3$ бутин-2

E) $CH_3 - CH_2 - C \equiv C - CH_3$ пентин-2
- 3 Почему алкин с составом C_4H_6 не образует структурные изомеры по углеродной цепи?
- 4 Бутин-2, в отличие от бутена-2, не образует геометрических (*цис-транс*) изомеров. Объясните причину.
- 5 Заместите в молекуле ацетилена один из атомов водорода на метильный радикал, а другой – на изопропильный. Назовите это соединение по Международной и рациональной номенклатурам.

6	Алкин	Число атомов углерода в молекуле	Число атомов водорода в молекуле
	X	a	$1,5a$
	Y	b	$1,6b$

Определите число межклассовых изомеров алкинов X и Y.

	X	Y
A)	2	6
B)	3	4
C)	3	2
D)	2	5
E)	2	4

7 Определите соответствие.

Алкин	Число вторичных атомов углерода в молекуле	
1. Метилэтилацетилен	a. 1	d. 0
2. Изопропилацетилен	b. 2	e. 4
3. Метилизопропилацетилен	c. 3	

8 Распределите пары веществ по таблице.

Структурные изомеры		
По строению углеродной цепи	По положению тройной связи	Межклассовая

1. Пентин-1 и метилэтилацетилен
2. Метилпропилацетилен и 4-метилпентин-2
3. Бутин-2 и дивинил

9 Напишите графические формулы алкинов, имеющих состав C_5H_8 и назовите их по Международной номенклатуре.

10 $R_1 - C \equiv C - R_2$ если вещество будет называться 2,2,5-триметилгексин-3, то определите R_1 и R_2 .

R_1	R_2
A) этил	пропил
B) изопропил	третичный бутил
C) третичный бутил	этил
D) пропил	изопропил
E) вторичный бутил	этил

11 Какими радикалами следует заместить атомы водорода в молекуле ацетилена, чтобы получилось соединение 3-метилоктин-4? Какое вещество получится при соединении этих радикалов между собой?

1. $CH_3 - \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array}}{CH} - CH = CH - CH_3$
2. $CH_2 = \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array}}{C} - CH = CH - CH_3$
3. $CH_3 - CH_2 - C \equiv C - \underset{\begin{array}{c} | \\ CH_3 \end{array}}{CH} - CH_3$

Назовите данные соединения по Международной номенклатуре и определите общие черты при назывании непредельных алифатических углеводородов.

Тема 3.13. Получение и физические свойства алкинов



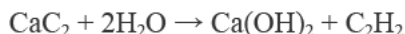
Вы знаете, что продуктами разложения метана при температуре выше 1000°C являются углерод (сажа) и водород, а при температуре 1500°C продуктом реакции разложения является ацетилен.

Почему полученный при температуре 1500°C ацетилен не разлагается на углерод и водород?

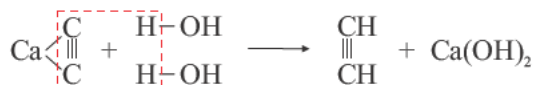
Как обеспечивают получение ацетилена из метана при такой температуре?

Получение

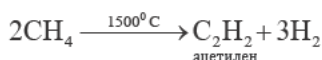
В промышленности и в лаборатории ацетилен получают при взаимодействии карбида кальция с водой (гидролизом).



Реакцию схематически изображают так, как показано ниже:

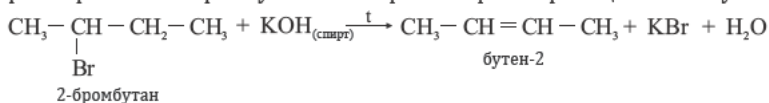


Однако данный способ экономически не выгоден, потому что на производство карбида кальция затрачивается большое количество энергии. В настоящее время применяется способ получения ацетилена из природного газа. При нагревании метана до 1500°C , чтобы полученный ацетилен не разложился на простые вещества, его сразу же охлаждают водой и удаляют из реакционной зоны.

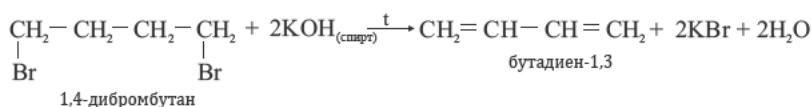


Деятельность

При нагревании 2-бромбутана со спиртовым раствором щёлочи получается бутен-2.



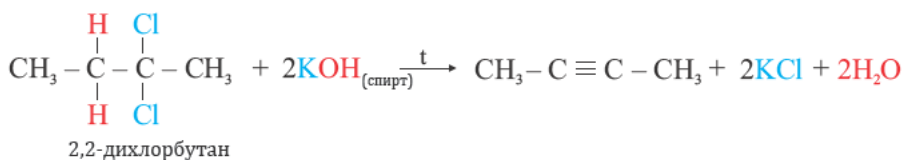
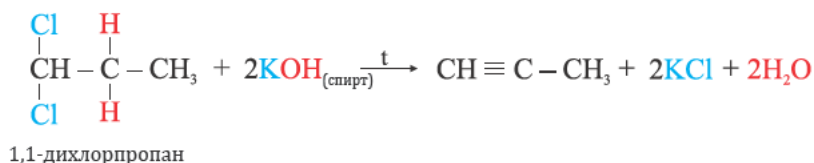
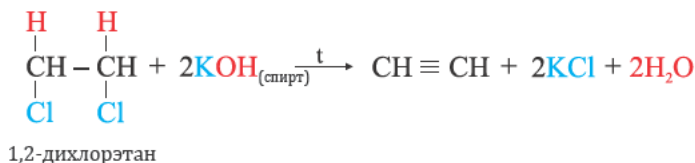
При нагревании 1,4-дибромбутана со спиртовым раствором щёлочи получается бутадиен-1,3.



А какие вещества получают при нагревании 1,2-дихлорэтана, 1,1-дихлорпропана и 2,2-дихлорбутана со спиртовым раствором щёлочи, взятом в избытке?

Чем отличаются взятые в этом случае галогенопроизводные как исходные вещества, от галогенопроизводных, взятых для получения алкенов и алкадиенов?

Для получения алкинов в лаборатории дигалогенопроизводные алканов, при наличии атомов галогена у соседних или же у одного и того же атома углерода, нагревают со спиртовым раствором щелочи. При этом реакция дегидрогалогенирования протекает по правилу Зайцева.



Физические свойства

С возрастанием относительной молекулярной массы алкинов повышается температура кипения и плотность алкинов. C_2H_2 , C_3H_4 и C_4H_6 при обычных условиях – в газообразном состоянии. Алкины не растворяются в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях. Ацетилен в чистом виде при обычных условиях бесцветный газ, не имеет запаха.



Что вы изучили?

В промышленности ацетилен получают метана, а иногда карбида кальция. Для получения алкинов в лаборатории, в основном, используют реакции дигалогенопроизводных алканов.

дегидрогалогенирование; разложение; гидролиз



Проверьте изученное

1

Этан \xrightarrow{a} Этилен \xrightarrow{b} 1,2-дибромэтан \xrightarrow{c} Ацетилен

Определите соответствующие реакции превращений дегидрирования (I) и дегидрогалогенирования (II)

A) I-c; II-b

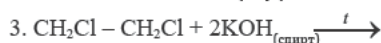
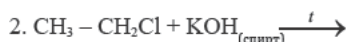
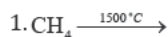
B) I-a; II-c

C) I-a; II-b

D) II-a; I-b

E) II-a; I-c

2 При каких реакциях получается ацетилен?



3 Почему при действии щелочного раствора KOH на 1,1-дихлорбутан получается бутин-1, а при действии на 2,2-дихлорбутан получается бутин-2?

4 Сравните температуру кипения пентина-1 и 3-метилбутина-1. Обоснуйте свои мысли.

5 Сколько литров (н.у.) ацетилена получается при полной реакции 128 г карбида кальция с водой?

А) 22,4 В) 33,6 С) 11,2 Д) 44,8 Е) 56

6 Из 5-ти молей метана получают 1 моль ацетилена. Вычислите выход продукта (в %).

А) 50 В) 40 С) 60 Д) 80 Е) 20

Агрегатное состояние при обычных условиях	
Жидкость	Газ

Распределите данные вещества по схеме.

1. Пропен 2. Пропин 3. Бутин-1 4. Дивинил 5. Изопрен

8 Определите соответствие

Вещество, полученное в реакции Реакция

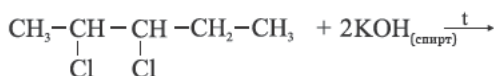
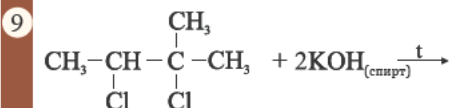
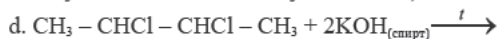
1. Алкин



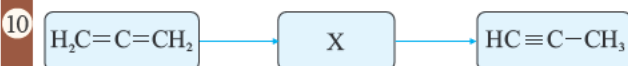
2. Алкен



3. Алкадиен



Завершите реакции и назовите полученные вещества по Международной номенклатуре.



Напишите уравнения реакций, согласно схеме.

11 Предложите способ получения бутина-2 из бутена-2, протекающий в двух стадиях. Составьте уравнения соответствующих реакций.

12 Сравните продукты реакций, полученных взаимодействием 2,2-дихлорбутана и 2,2-дихлор-3,3-диметилбутана со спиртовым раствором KOH, взятом в избытке. Почему они отличаются по месту положения тройной связи в главной цепи?

Тема 3.14. Химические свойства алкинов



В последнее время в квартирах и в офисах пользуются окнами и дверями, изготовленными из пластического материала. Иногда их называют «ПВХ окна и двери».

Что означает аббревиатура ПВХ?

Каким веществом пользуются при изготовлении этих окон и дверей?



Деятельность 1

1 моль C_2H_4 + a моль $Br_2 \rightarrow$ предельное соединение

1 моль C_2H_2 + b моль $Br_2 \rightarrow$ предельное соединение

Составьте уравнения реакций.

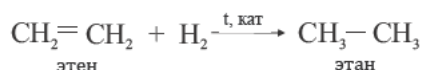
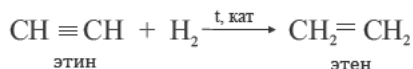
Сравните значения a и b и обоснуйте свои мысли.

Химические свойства

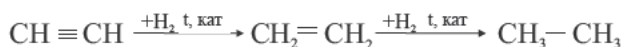
При рассмотрении химических свойств алкинов следует обратить внимание на особенности тройной связи в их молекулах. Как и для алкенов, для алкинов тоже характерна реакция присоединения. Из-за наличия двух π -связей реакции присоединения происходят в две стадии. На первой стадии алкин превращается в соединение с двойной связью, а на второй стадии превращается в предельное соединение. Кроме этого, алкины вступают в реакции окисления и замещения.

Реакции присоединения. Алкины вступают в реакции присоединения с водородом, с галогенами, с галогеноводородами, с водой и др. В это время в их молекулах атомы углерода при тройной связи из sp гибридного состояния переходят сначала в sp^2 , а потом в sp^3 гибридное состояние.

Присоединение водорода (гидрирование) протекает под действием катализатора:



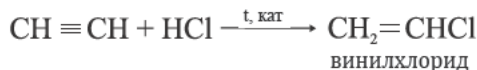
Эти реакции схематически показывают в следующем виде:



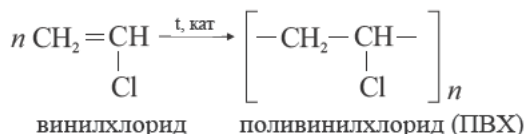
Как и алкены, алкины тоже обесцвечивают бромную воду, эта реакция является качественной реакцией и на алкины.



В присутствии катализатора ацетилен соединяется с хлороводородом в мольном отношении 1:1 и образует винилхлорид (хлорэтен).



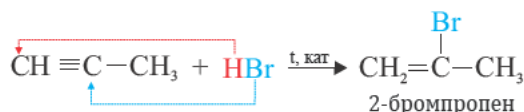
При обычных условиях винилхлорид газообразное вещество. Из-за наличия двойной связи в молекуле он полимеризуется.



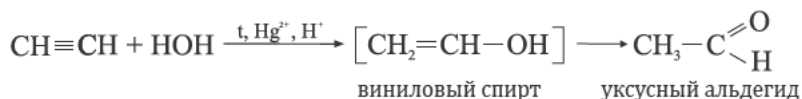
Роль химии

Поливинилхлорид – один из полимеров, который в настоящее время нашёл широкое применение. Он устойчив по отношению к действиям химических веществ. Его используют для изготовления окон, дверей, жалюзи, покрытий для подвесных потолков, пластмассовых труб, искусственной кожи и др. Поливинилхлорид обладает свойствами диэлектрика, поэтому из него изготавливают кабель и электроизоляционные материалы.

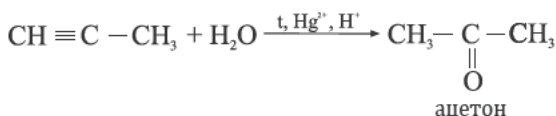
Присоединение галогеноводородов к несимметричным алкинам протекает по правилу Марковникова:



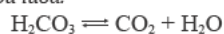
Ацетилен и его гомологи в кислой среде в присутствии солей ртути присоединяют воду (гидратация). Эта реакция называется *реакцией Кучерова*. При гидратации ацетилена получается промежуточный продукт – *виниловый спирт*. Вещества, у которых гидроксильная группа (ОН) находится у атома углерода при двойной связи, неустойчивы, поэтому виниловый спирт, в момент его образования, за счёт внутримолекулярной перегруппировки превращается в уксусный альдегид.



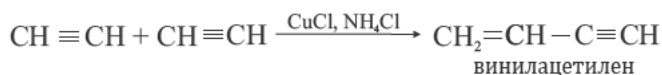
При гидратации других алкенов получают кетоны.



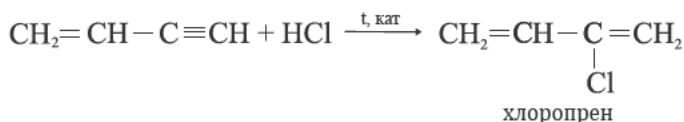
В молекуле угольной кислоты две гидроксильные группы находятся у атома углерода при двойной связи, и поэтому его молекула неустойчива.



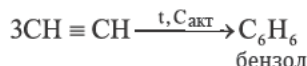
Молекулы ацетилена соединяются друг с другом и образуют различные продукты. При пропускании ацетилена через водный раствор солей хлорида меди(I) и хлорида аммония, он *димеризуется*, и в это время образуется *винилацетилен*.



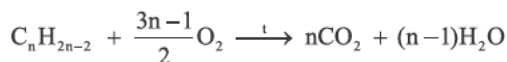
При соединении с одним молем хлороводорода винилацетилен превращается в хлоропрен.



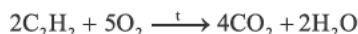
При пропускании ацетилена через нагретую трубку с активированным углем он *тримеризуется* с образованием бензола.



Реакции горения и окисления. Как и другие углеводороды, алкины горят в присутствии кислорода с образованием CO_2 и H_2O . Общее уравнение реакции полного горения алкинов можно показать в виде:

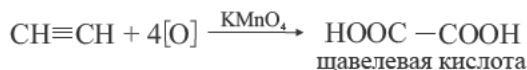


Ацетилен, в отличие от этана и этилена, на воздухе горит коптящим пламенем. Причина этого – большая массовая доля углерода в ацетиле.

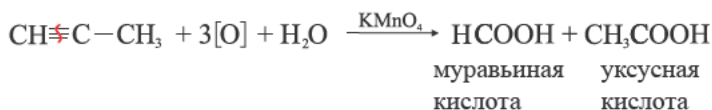


При сгорании ацетилена в кислородной среде выделяется большое количество тепла (3000°C).

Алкины, как и алкены, легко окисляются с растворами окислителей (KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Например, если на алкины подействовать раствором KMnO_4 , то сразу же исчезает фиолетовая окраска раствора (раствор обесцвечивается), и получается осадок MnO_2 бурого цвета. Эта реакция является реакцией определения алкинов. При пропускании ацетилена через раствор перманганата калия, он превращается в щавелевую кислоту:



При окислении других алкинов происходит разрыв тройной связи и образуются соответствующие одноосновные карбоновые кислоты. Например, при окислении пропина образуется смесь муравьиной и уксусной кислот.



Роль химии

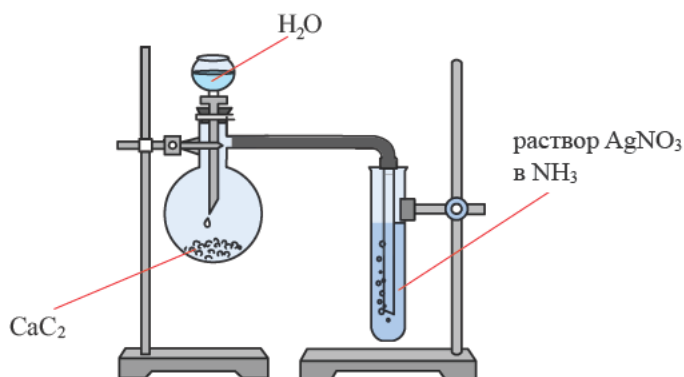
При сгорании смеси, состоящей из ацетилена и кислорода, образуется высокая температура, которая применяется при резке и сварке металлов.



Деятельность 2

Реактивы и оборудование: карбид кальция, поваренная соль, вода, нитрат серебра(I), аммиачная вода, бромная вода, круглодонная колба (колба Вюрца), штатив, капельная воронка, газоотводная трубка, пробка, пробирка.

Соберите прибор, как показано на рисунке.



Поместите в пробирку небольшое количество соли нитрата серебра(I). Добавляйте к нему 5 %-ный раствор аммиака до тех пор, пока не растворится соль. Прикрепите к штативу колбу с карбидом кальция и закройте горлышко колбы. Затем при помощи капельной воронки добавьте к нему насыщенный раствор поваренной соли. Конец газоотводной трубки опустите в пробирку с аммиачным раствором нитрата серебра(I).

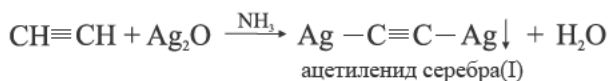
Что вы наблюдаете при протекании этих реакций?

Предложите уравнения этих реакций.

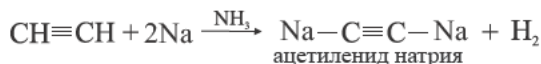
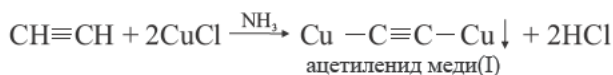
Вступают ли в такие реакции алканы, алкены и алкадиены?

Как вы объясните причину протекающих реакций?

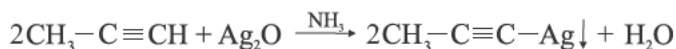
Реакции замещения. Связь, образованная между атомом углерода sp гибридного состояния и атомом водорода ($sp-s$), более полярная чем связи, образованные между атомом водорода и атомом углерода, находящимися в sp^3 и sp^2 гибридном состоянии. Поэтому атом водорода, соединенный с углеродом в sp гибридном состоянии, становится подвижным и может замещаться атомами металлов. Например, при пропускании ацетилена через аммиачный раствор оксида серебра(I) выпадает осадок ацетиленида серебра(I). Аммиачный раствор оксида серебра(I) называется *реактивом Толленса*. Уравнение реакции можно выразить в простом виде, как показано ниже.



Похожие реакции протекают с аммиачным раствором хлорида меди(I) и с натрием.



В отличие от молекулы ацетилена в молекуле пропина атомом металла замещается один атом водорода.



Эти реакции являются отличительными реакциями для алкинов, в которых тройная связь находится в начале углеродной цепи, от других непредельных углеводородов.



Что вы изучили?

При полном алкины превращаются в алканы. В отличие от алканов алкины вступают в реакцию с Эта реакция – качественная реакция на алкины.

В отличие от бутена-2, присоединение хлороводорода к бутену-1 протекает по

Реакции алкинов называются Если для реакции используют ацетилен, то образуется альдегид, а при использовании других алкинов образуются.... .

При ... ацетилена получается бензол, а при его - винилацетилен.

В отличие от бутина-2, бутин-1 вступает в реакцию с аммиачным раствором оксида меди(I).

гидрирование; бромная вода; правило Марковникова; реакция Кучерова; димеризация; тримеризация; замещение; гидратация; кетон



Проверьте изученное

- Покажите продукт тримеризации ацетилена в присутствии активированного угля.
 А) дивинил
 Б) гексан
 В) бензол
 Г) этилен
 Д) винилацетилен
- Определите продукт, образованный присоединением к молекуле пропина одной молекулы брома.
 А) 1-бромпропен
 Б) 1,2-дибромпропан
 В) 1,2-дибромпропен
 Г) 2-бромпропен
 Д) 3-бромпропан
- При помощи каких веществ можно отличить бутин-1 от бутина-2? Обоснуйте свои мысли.
- Происходит ли обесцвечивание бромной воды продуктом, образованным при взаимодействии ацетилена с бромом в мольном отношении 1:1? Обоснуйте свои мысли.

5 Сколько всего молей H_2 затратится на полное гидрирование смеси 1 моля пропина и 2 молей винилацетилена?

6 При пропускании газовой смеси, состоящей из этилена и ацетилена, через аммиачный раствор оксида серебра(I), взятого в избытке, объём газовой смеси уменьшается на 60%. Найдите молярное отношение $[v(C_2H_4):v(C_2H_2)]$ газов в смеси.

7 Распределите реакции по таблице.

Продукт реакции	
Полимеризуется	Не полимеризуется

I. 1 моль ацетилена + 1 моль хлороводорода \longrightarrow

II. 1 моль винилацетилена + 1 моль хлороводорода \longrightarrow

III. 1 моль ацетилена + 2 моля брома \longrightarrow

IV. 1 моль ацетилена + 1 моль водорода \xrightarrow{t}

8 $X \xrightarrow{+H_2, t, \text{кат}} Y \xrightarrow{+HCl} Z \xrightarrow{+Na} \text{2,3-диметилбутан}$

$X \xrightarrow{+H_2O, t, \text{кат}} A$

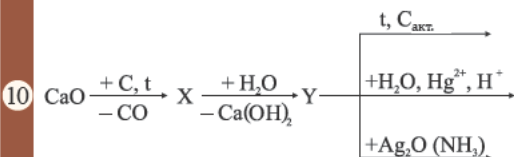
$Y \xrightarrow{+H_2O, t, \text{кат}} B$

Распределите вещества X, Y, Z, A и B в нижеуказанной схеме.



9 1 моль ацетилена $\xrightarrow{+1 \text{ моль } H_2, t, \text{кат}}$ X $\xrightarrow{+1 \text{ моль } Cl_2}$ Y $\xrightarrow{+1 \text{ моль } KOH(\text{спирт}), t}$ Z

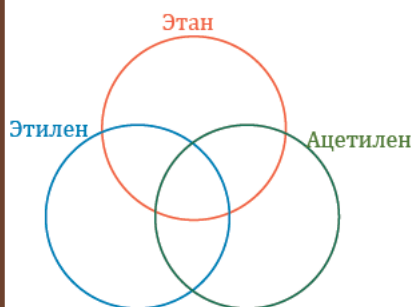
Напишите уравнения реакций согласно схеме.



Напишите уравнения реакций согласно схеме.

11 Предложите способы получения хлорпренового каучука из метана.

- 12 Сравните химические свойства этана, этилена и ацетилена и внесите в диаграмму Венна, соответствующие утверждения.



1. Предельное соединение.
2. Окислением его получается двухатомный спирт.
3. Не вступает в реакцию с аммиачным раствором хлорида меди(I).
4. Обесцвечивает раствор бромной воды.
5. При сгорании 1 моля вещества получается 2 моля CO_2 .
6. При реакции с водой получается уксусный альдегид.
7. Вступает в реакцию замещения.

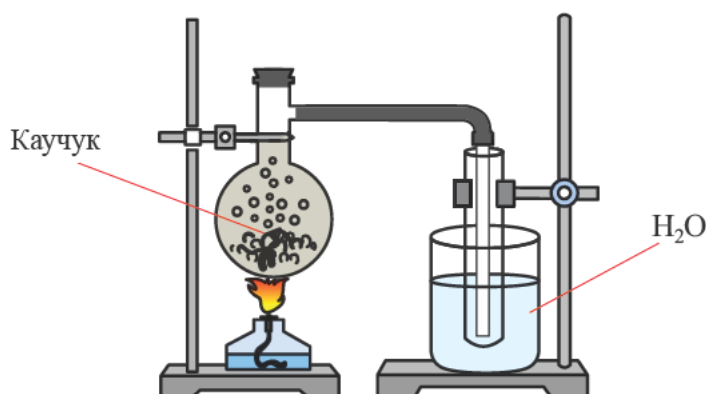


Практическая работа №2 Изучение химического состава каучука и резины

Реактивы и оборудование: каучук, резина, бромная вода или раствор перманганата калия, круглодонная колба, химический стакан, пробка, штатив, спиртовка, пробирки, фильтровальная бумага.

Опыт 1. В один из химических стаканов поместите несколько кусочков каучука, а в другой – кусочки резины. Добавьте в каждый стакан бензин и оставьте в покое. Сделайте вывод о том, как ведут себя эти вещества по отношению к растворителям. Через определённое время в стакан, в котором находится каучук, добавьте немного бромной воды или раствора перманганата калия. Объясните наблюдаемые явления.

Опыт 2. Соберите прибор, показанный на рисунке.



В колбу, прикрепленную к штативу, добавьте несколько кусочков каучука. Закройте колбу пробкой, а конец газоотводной трубки опустите в пробирку. Пробирку поместите в стакан с холодной водой.

Осторожно нагревайте колбу и наблюдайте за конденсацией паров в пробирке. В жидкость, которая собралась в пробирке, добавьте бромную воду или раствор перманганата калия и встряхните смесь.

Объясните причину образования в пробирке жидкого вещества, полученного нагреванием твёрдого каучука.

Изменяет ли жидкость, собранная в пробирке, цвет бромной воды или перманганата калия?



IV РАЗДЕЛ

ЦИКЛИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

Тема 4.1. Гомологический ряд циклоалканов, графические формулы и пространственное строение их молекул

Тема 4.2. Номенклатура и изомерия циклоалканов

Тема 4.3. Получение и физические свойства циклоалканов

Тема 4.4. Химические свойства циклоалканов

Тема 4.5. Ароматические углеводороды. Пространственное строение молекулы бензола

Тема 4.6. Номенклатура и изомерия гомологов бензола

Тема 4.7. Получение и физические свойства углеводородов ряда бензола

Тема 4.8. Химические свойства углеводородов ряда бензола

Тема 4.9. Стирол

Практическая работа №3: Получение и химические свойства бензола

Тема 4.1. Гомологический ряд циклоалканов, графические формулы и пространственное строение их молекул

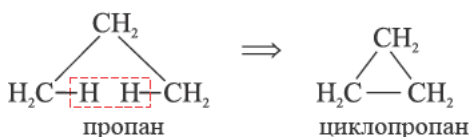


В отличие от алканов, первый представитель гомологического ряда циклоалканов состоит из трёх атомов углерода, и несмотря на то, что атомы углерода находятся в sp^3 гибридном состоянии, углы между гибридными облаками не равны $109^\circ 28'$.

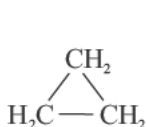
Почему в молекуле первого представителя циклоалканов содержится три атома углерода?

Как можно объяснить отличие валентных углов в молекулах циклоалканов от $109^\circ 28'$?

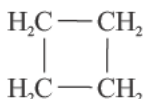
По Международной номенклатуре углеводороды циклического строения с общей формулой C_nH_{2n} ($n \geq 3$) называются **циклопарафинами** или **циклоалканами**. Если в молекуле алкана мысленно отщепить от несоседних атомов углерода по одному атому водорода, то за счёт образования связи между этими атомами цикл замыкается и образуются циклические углеводороды.



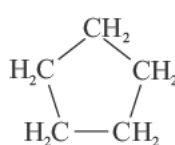
Значит, молекула алкана должна содержать минимум три атома углерода, чтобы при отщеплении атомов водорода мог образоваться циклический углеводород. Поэтому первый представитель циклоалканов – это циклопропан. Ниже показаны четыре представителя гомологического ряда циклоалканов.



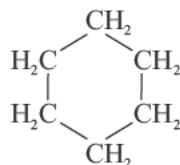
циклопропан



циклобутан

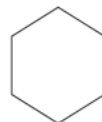


циклопентан



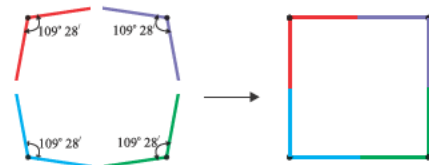
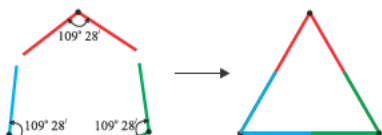
циклогексан

Во многих случаях используют упрощённые графические формулы:



Деятельность

В результате нижеуказанных превращений получают равносторонний треугольник и квадрат.



Сколько градусов составляют углы в полученных фигурах?

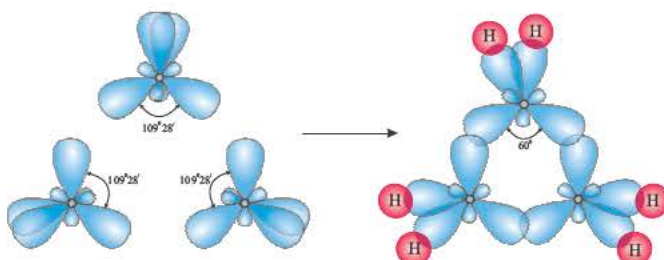
На сколько градусов уменьшаются углы при этих превращениях?

Какая есть связь между данными превращениями и пространственным строением циклоалканов?

Рассмотрим пространственное строение циклоалканов на примере образования молекулы циклопропана. В циклоалканах атомы углерода находятся в sp^3 гибридном состоянии. При образовании молекул циклоалканов каждый атом углерода образует 4 sp^3 гибридные орбитали. Две гибридные орбитали участвуют в образовании связи с водородом, а две другие образуют связи с соседними атомами углерода. При образовании химических связей между атомами углерода происходит перекрывание гибридных орбиталей, в результате чего уменьшается валентный угол. Он в отличие от молекул алкана составляет не $109^\circ 28'$, а равен 60° . Ниже показаны сравнительные схемы образования молекул метана и циклопропана.



При образовании молекулы метана все валентные связи образуют углы равные $109^\circ 28'$



При образовании молекулы циклопропана связи между атомами углерода образуются за счёт перекрывания гибридных орбиталей, в результате углы связей уменьшаются и становятся равными 60°

То же самое наблюдается при образовании других молекул циклоалканов, и углы связей отличаются от $109^\circ 28'$. Например, в молекуле циклобутана углы связей равны 90° . Ниже даны шаростержневые модели молекул циклопропана и циклобутана.



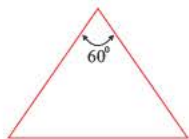
Шаростержневая модель молекулы циклопропана



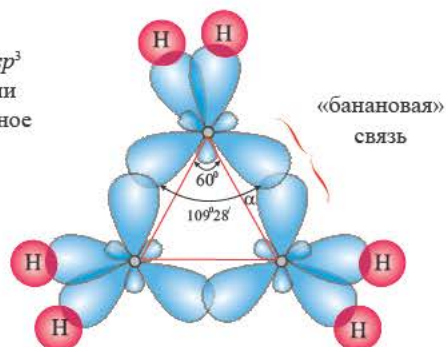
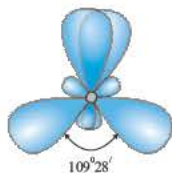
Шаростержневая модель молекулы циклобутана

В молекулах циклоалканов, в отличие от алканов, гибридные орбитали, участвующие в образовании связей между атомами углерода, находятся в напряженном состоянии (иногда эти связи называют «банановыми» связями). Это напряжение растёт с увеличением отклонения угловых связей атомов углерода от нормального положения ($109^\circ 28'$). Это отклонение называют угловым напряжением (напряжение Байера). Вычислим угловое напряжение на примере циклопропана:

Валентный угол в молекуле циклоалкана равен 60° .



Валентные углы между sp^3 гибридными орбиталями атома углерода (нормальное положение) $109^\circ 28'$.

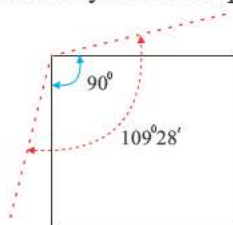


За счет напряжения гибридных орбиталей валентные углы уменьшаются от $109^\circ 28'$ до 60° .

В циклопропане угловое напряжение можно вычислить как показано ниже:

$$\alpha = \frac{109^\circ 28' - 60^\circ}{2} = 24^\circ 44'$$

По такому же правилу вычисляют угловое напряжение в молекуле циклобутана:



$$\alpha = \frac{109^\circ 28' - 90^\circ}{2} = 9^\circ 44'$$

Как видно, чем больше атомов углерода в цикле, тем меньше угловое напряжение.



Что вы изучили?

Углеводороды циклического строения, с общей формулой называются циклоалканами. В молекулах циклоалканов атомы углерода находятся в состоянии, валентные углы отличаются от $109^\circ 28'$ из-за наличия

В молекуле циклобутана содержатся четыре ..., восемь ..., шестнадцать Все атомы в молекуле циклоалканов соединены друг с другом только

угловое напряжение; полярная ковалентная связь; неполярная ковалентная связь; sp^3 гибридная орбиталь; σ -связь; C_nH_{2n} ; sp^3 гибрид



Проверьте изученное

- В каких молекулах число атомов водорода одинаковое?
 - бутан
 - циклопропан
 - бутен-2
 - циклопентан
- Расположите вещества в порядке увеличения числа σ -связей в молекулах.
 - пропен
 - пропан
 - циклопропан

- 3 Почему угловое напряжение в молекуле циклобутана меньше, чем в молекуле циклопропана?
- 4 Пропан и циклопропан отличаются друг от друга:
1. По гибриднему состоянию атомов углерода
 2. По числу C – C связей в молекуле
 3. По числу атомов водорода в молекуле
- А) только 1 В) только 2 С) только 3 D) 1, 2 Е) 2, 3
- 5 Вычислите валентный угол циклоалкана, угловое напряжение которого составляет $0^{\circ}44'$

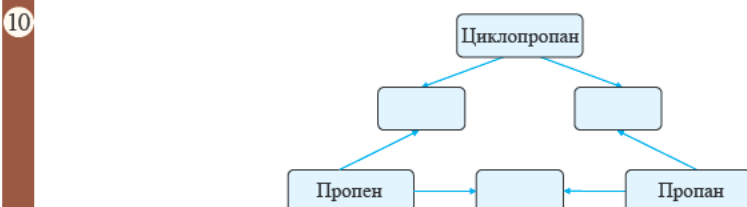
Вещество	Число атомов водорода в молекуле	Число связей	
		Полярные	Неполярные
Циклоалкан	a	8	y
Алкан	a	x	2

Вычислите сумму $x + y$.

- 7 Завершите схему.



- 8 Разделите орбитали, участвующие в образовании связей молекулы циклобутана, на 2 группы – гибридные и негибридные – и определите их число. Сравните число этих орбиталей с числом гибридных и негибридных орбиталей, участвующих в образовании связей в молекулах бутана и бутена-2.
- 9 Как мы уже знаем, если в молекуле алкана от несоседних атомов углерода мысленно отщепить по одному атому водорода, то за счёт образования химической связи между этими атомами получаются циклические углеводороды. Составьте графическую формулу циклоалкана, который получается отщеплением атомов водорода от первого и третьего атомов углерода в молекуле бутана.



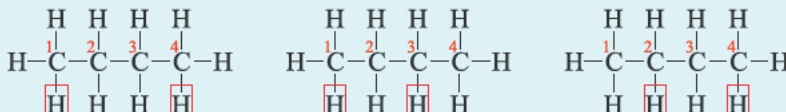
Используя нижеуказанные утверждения, завершите схему.

1. Молекула имеет 12 гибридных орбиталей
 2. Общее число атомов в молекуле равно 9
 3. Молекула образуется только за счёт σ -связей
 4. Молекула с открытой цепью
- 11 Сопоставьте пространственное строение молекул циклопропана и циклобутана и объясните причину различия углов связей.
- 12 Почему в отличие от молекулы пропана в молекуле циклопропана имеется «банановая» связь?

Тема 4.2. Номенклатура и изомерия циклоалканов



Как мы уже знаем, если в молекуле алкана от несоседних атомов углерода мысленно отщепить по одному атому водорода, то за счёт образования химической связи между этими атомами углерода получаются циклические углеводороды. Например, если в молекуле пропана от первого и третьего атомов углерода отщепить по одному атому водорода, то между этими атомами углерода образуется связь, в результате образуется молекула циклопропана. В молекуле же бутана от несоседних атомов углерода можно по-разному отщеплять атомы водорода.



Какие из полученных циклоалканов одинаковые, а какие – разные вещества?

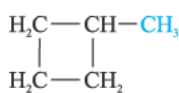
Какими схожими между собой особенностями обладают разные циклоалканы?

Номенклатура

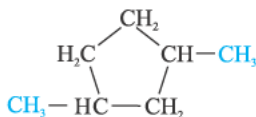


Деятельность

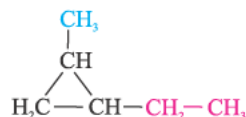
Ниже даны циклоалканы разветвленного строения и названия их по Международной номенклатуре.



метилциклобутан



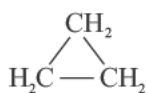
1,3-диметилциклопентан



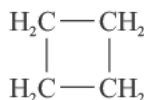
1-метил-2-этилциклопропан

Составьте алгоритмы для называния циклоалканов по Международной номенклатуре.

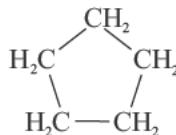
Согласно Международной номенклатуре названия неразветвлённых циклоалканов образуются от соответствующих алканов с аналогичным числом атомов углерода посредством прибавления к ним приставки «цикло». Например:



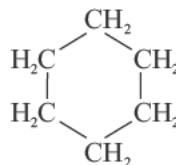
циклопропан



циклобутан

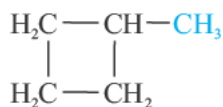


циклопентан

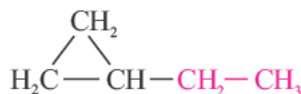


циклогексан

Если в цикле имеется один радикал (заместитель), то при назывании циклоалкана атомы углерода, образующие цикл, считают основной цепью, вначале называют радикал, затем название цикла.



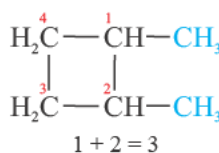
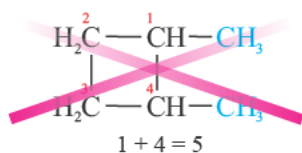
метилциклобутан



этилциклопропан

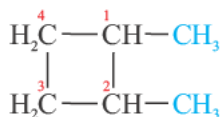
Если в цикле имеются несколько радикалов, то название циклоалканов осуществляют в нижеуказанной последовательности.

1. Проводят нумерацию атомов углерода в цикле. Нумерацию проводят так, чтобы сумма номеров атомов углерода, соединяющих радикалы, была наименьшей. Например:



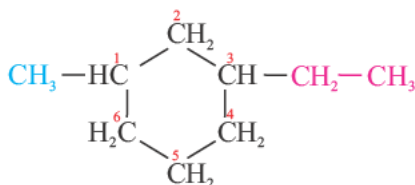
Нумерация во втором случае проведена правильно. Потому что в этом случае сумма номеров атомов углерода, соединяющих радикалы, наименьшая.

2. Читают номер углерода, к которому присоединены радикалы, названия радикалов, а потом название главной цепи.



1,2-диметилциклобутан

Если цикл содержит разные радикалы, то нумерацию проводят начиная с атома углерода, у которого находится простой радикал. При назывании циклоалкана радикалы читают в порядке от простого к сложному.



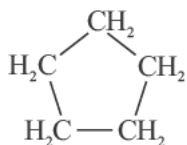
1-метил-3-этилциклогексан

Изомерия

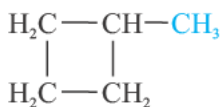
Для циклоалканов характерна структурная и геометрическая изомерия. Для них характерны нижеуказанные виды структурной изомерии.



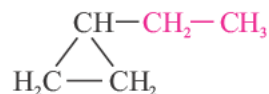
Изомерия по размеру цикла:



циклопентан

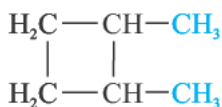


метилциклобутан

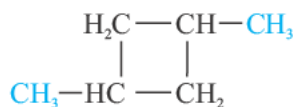


этилциклопропан

Изомерия по положению заместителей в цикле:

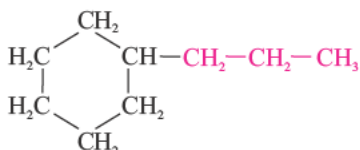


1,2-диметилциклобутан

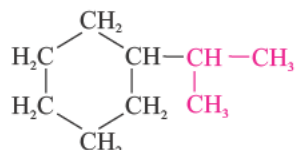


1,3-диметилциклобутан

Изомерия по строению заместителей:

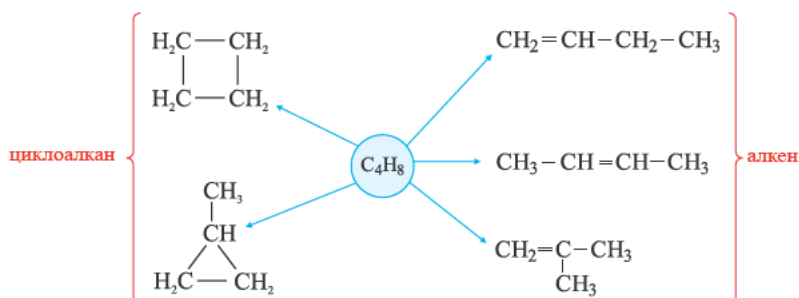


пропилциклогексан



изопропилциклогексан

Межклассовая изомерия. Циклоалканы и алкены, в состав которых входит одинаковое число атомов углерода, являются межклассовыми изомерами. Например, существуют следующие изомеры циклоалканов и алкенов с составом C_4H_8 .



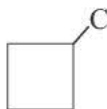
Пример

Напишите графическую формулу циклоалкана, состав которого C_5H_{10} .

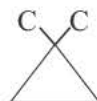
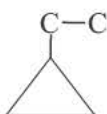
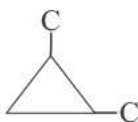
1. Сначала напомним формулу неразветвленного циклоалкана.



2. Потом, четыре атома углерода соединим в цикле, а один напишем в разветвлении.

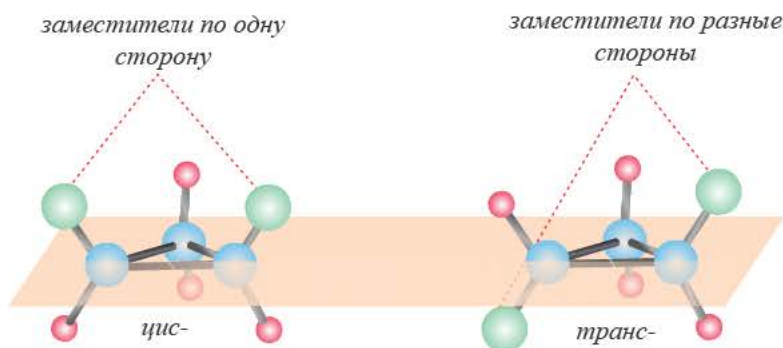


3. Далее, три атома углерода соединим в цикле, а два покажем в возможных вариантах в разветвлении.

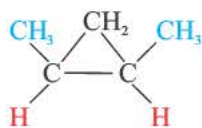


Как видно, есть 5 различных циклоалканов с составом C_5H_{10} .

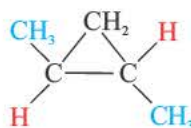
Как у алкенов, у циклоалканов тоже есть возможность образования геометрической изомерии. Причиной образования геометрической изомерии является то, что в циклических молекулах атомы углерода не могут свободно вращаться вокруг $C - C$ связи. Если заместители находятся по одну сторону плоскости цикла, то образуется *цис*-, а если заместители расположены по разные стороны плоскости цикла, то образуется *транс*-изомер.



Например, в молекуле 1,2-диметилциклопропана по положению CH_3 - групп к плоскости молекулы возможны *цис*- и *транс*- изомеры.



цис-1,2-диметилциклопропан

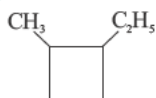


транс-1,2-диметилциклопропан

Если заместители находятся у одного и того же атома углерода в цикле, то соединения не образуют геометрическую изомерию.



Что вы изучили?



название вещества по 1-метил-2-этилциклобутан.

Пентен-1 является цикlopентана.

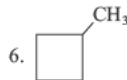
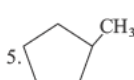
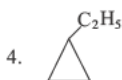
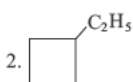
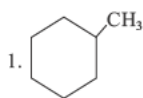
В отличие от 1,1-диметилциклобутана в 1,3-диметилциклобутане возможна

геометрическая изомерия; межклассовая изомерия; Международная номенклатура



Проверьте изученное

- 1 Выделите изомеры цикlopентена.



- 2 Определите циклоалканы, в молекулах которых 5 атомов углерода.

1. метилциклобутан

2. метилциклопентан

3. 1,2-диметилциклопропан

4. этилциклобутан

A) 1, 2

B) 3, 4

C) 1, 4

D) 2, 3

E) 1, 3

- 3 Какие из данных веществ: бутан, циклобутан и бутен-2, являются изомерами? Обоснуйте свои мысли.

- 4 Не существует циклоалкана с названием 1,3,4-триметилциклопентан. Объясните причину.

- 5 Сколько процентов составляет число третичных атомов углерода в молекуле 1,2-диметил-3-изопропилциклопентана от общего числа его атомов?

- 6 Определите название циклоалкана по Международной номенклатуре, полученного замещением в молекуле этилциклобутана одного из атомов водорода, находящегося в цикле у третьего атома углерода, на метильный радикал.

- 7 Распределите вещества в таблицу.

Структурные изомеры 1-метил-2-пропилциклобутана			
По размеру цикла	По положению заместителей в цикле	По строению заместителей	Межклассовая изомерия

1. 1-метил-2-изопропилциклобутан

2. 2,5-диметилгексен-3

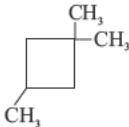
3. этилциклогексан

4. 1-метил-3-пропилциклобутан

- 8 Определите число метиленовых групп и метильных радикалов в молекуле 1-этил-3-изопропилциклобутана.

9 Напишите графические формулы для циклоалкана с составом C_5H_{10} , в молекулах которых содержатся три вторичных атома углерода, и назовите эти вещества по Международной номенклатуре.

10 Завершите таблицу.

Циклоалкан	Название
	
	1-метил-3-изопропилциклопентан

11 В отличие от 1,1,2-триметилциклопропана, 1,2-диметилциклопропан образуют цис- и транс-изомеры. Объясните причину.

12 Составьте графическую формулу и назовите по Международной номенклатуре циклоалкан, образованный из двух молекул метилциклопропана, у которых происходит разрыв связи в цикле между вторым и третьим атомами углерода.

Тема 4.3. Получение и физические свойства циклоалканов

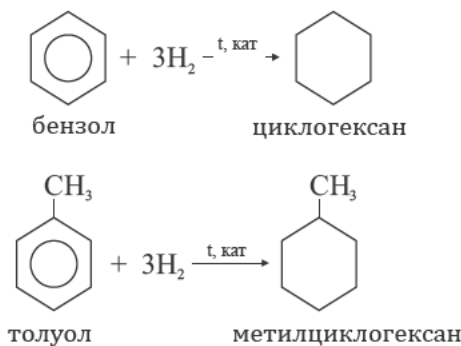


Бакинская нефть → В.Марковников → Нафтеновые углеводороды (Нафтенy).

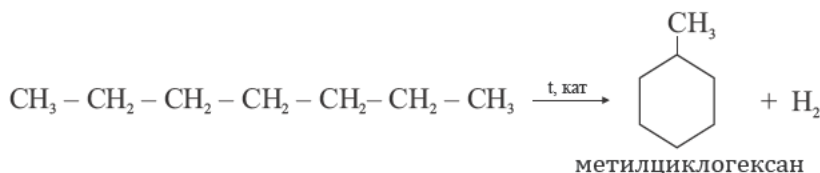
Определите связь между данными выражениями.

Получение

В состав нефти входят циклопентан, циклогексан и их алкилзамещенные гомологи. **В промышленности** циклоалканы можно получить из дистилляции нефти. Циклогексан и его алкилзамещенные производные в промышленности получают каталитическим гидрированием бензола и его гомологов.

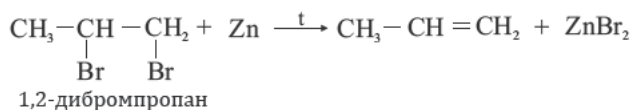


Если в главной цепи алканов содержится пять и больше атомов углерода, то при их нагревании в присутствии катализатора получают циклоалканы:

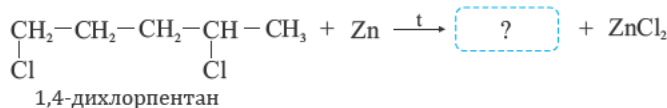
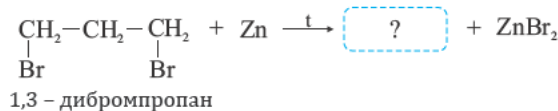


Деятельность

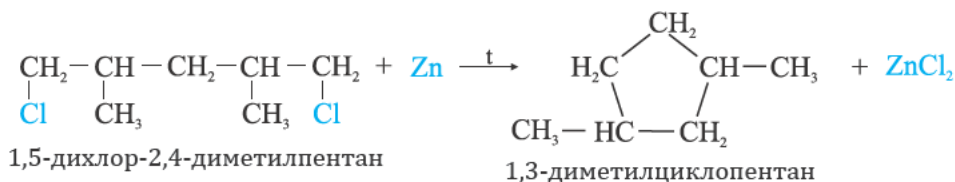
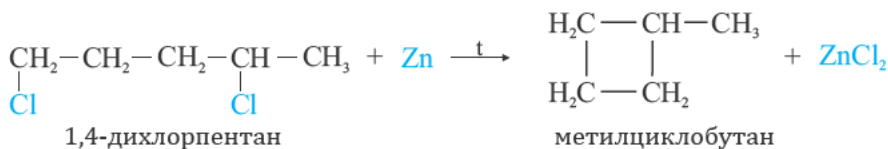
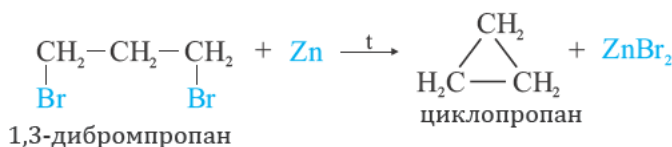
При взаимодействии Zn с дигалогенопроизводными алканов, в которых галогены расположены рядом при соседних атомах углерода, получают алкены.



Как вы думаете, какие соединения образуются при взаимодействии Zn с дигалогенопроизводными алканов, в которых галогены находятся не при соседних атомах углерода (например, 1,3-дибромпропан; 1,4-дихлорпентан и др.)?



В лаборатории циклоалканы получают взаимодействием цинка или натрия с дигалогенопроизводными алканов, в которых атомы галогена не должны находиться при одном и при соседних атомах углерода:



В этом случае для получения циклоалканов в молекуле между атомами галогенов должно быть не менее одного или нескольких атомов углерода.

Физические свойства

При нормальных условиях циклопропан и циклобутан – это газы, а циклопентан и циклогексан – жидкости. С увеличением молярной массы циклоалканов повышается их температура кипения. Циклоалканы практически нерастворимы в воде и оказывают вредное действие на организм человека.



Знаете ли вы?

В медицине циклопропан использовался в качестве анестезирующего средства (наркоз).



Что вы изучили?

При обычных условиях циклоалканы неразветвленного строения, в состав которых входят 3 и 4 атома углерода, содержащие 5 и 6 атомов углерода

Для получения циклоалкана следует действовать цинком на

Циклогексан получается в результате реакции гексана и бензола.
гидрирование; жидкое; газ; дигалогенопроизводные алканов; дегидрирование



Проверьте изученное

- Расположите вещества в порядке уменьшения их температур кипения.
1. Циклопентан 2. Циклопропан 3. Циклобутан
А) 1>2>3 В) 2>1>3 С) 1>3>2 D) 3>2>1 Е) 2>3>1
- При взаимодействии какого вещества с цинком получается циклобутан?
А) 1,2-дихлорбутан В) 1,3-дихлорбутан С) 1,4-дихлорбутан
D) 1,5-дихлорпентан Е) 1,4-дихлорпентан
- Массовая доля углерода в циклопропане и в циклобутане одинаковая. Объясните причину.
- Почему при взаимодействии Zn с 2,3-дибромбутаном не получается циклоалкан?
- При взаимодействии 10,8 г дибромалкана с Zn, взятым в избытке, получается 2,8 г циклоалкана. Определите формулу циклоалкана.
- Определите циклоалкан, который является продуктом взаимодействия Zn с веществом, полученным замещением в молекуле 2-метилбутана одного из атомов водорода, присоединенного к первому и третьему атому каждого углерода, атомом брома.

- 7 Распределите вещества в таблицу, согласно продуктам, полученным при реакции их с Na.

Продукт, полученный при реакции с натрием		
Алкан	Циклоалкан	Алкен

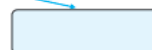
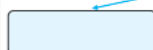
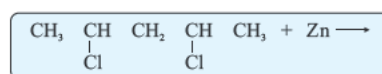
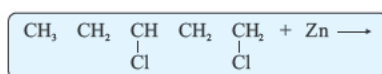
I. 1,2-дихлорбутан

II. 2-хлорпропан

III. 1,4-дихлорбутан

IV. 1,3-дихлор-2-метилбутан

8



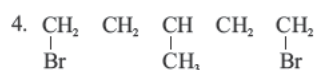
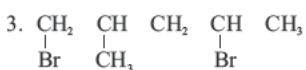
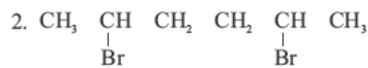
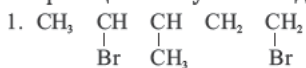
Распределите выражения по схеме.

- Получается этилциклопропан
- Получается циклоалкан, в молекуле которого 2 третичных атома углерода
- Получается циклоалкан, в молекуле которого 1-метиленовая группа
- Получается циклоалкан, в цикле которого 3 атома углерода

- 9 Завершите таблицу.

Дигалогенопроизводное алканов	Циклоалкан, полученный при реакции с Zn	Название циклоалкана по Международной номенклатуре
$\begin{array}{ccccccc} \text{CH}_3 & \text{CH} & \text{CH}_2 & \text{CH} & \text{CH} & \text{CH}_3 \\ & & & & \\ & \text{Br} & & \text{Br} & \text{CH}_3 \end{array}$		
$\begin{array}{ccccccc} \text{CH}_3 & \text{CH} & \text{CH}_2 & \text{CH} & \text{CH} & \text{CH}_3 \\ & & & & \\ & \text{Br} & & \text{CH}_3 & \text{Br} \end{array}$		

- 10 Составьте уравнения реакций нижеуказанных веществ с цинком и определите, при каких реакциях получается одинаковый циклоалкан.



- 11 Сколько различных циклоалканов можно получить при реакции Zn с соединениями с составом $\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2$? Обоснуйте свои мысли.

- 12 Предложите методы получения циклобутана из дивинила в три стадии.

Тема 4.4. Химические свойства циклоалканов



Тар является одним из струнных музыкальных инструментов, который широко используется при исполнении Азербайджанской национальной музыки. Тар состоит из 11 металлических струн различного диаметра, которые издают определённые звуки при прикасании к ним плектром. Исполнители на таре и мастера через определённое время настраивают тар. Настройка тара необходима для того, чтобы его звуки соответствовали определённым тонам, была согласованность созвучия струн. Это делают натягиванием или расслаблением струн. Однако когда струны сильно натянуты, они могут оборваться при исполнении.

Как вы думаете, почему вероятность обрыва натянутой струны больше, чем у других?

У каких молекул циклоалканов разрыв C – C связи схож с разрывом натянутой струны?

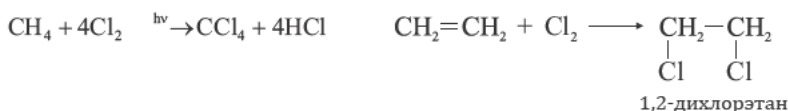
Какими свойствами отличаются эти циклоалканы от других?

Вы знаете, что циклоалканы с малым циклом (циклопропан и циклобутан) обладают большим угловым напряжением, чем другие циклоалканы (циклопентан, циклогексан). Чем больше угловое напряжение, тем больше напряженность орбиталей, участвующих в образовании связи в молекуле, уменьшается прочность молекулы, в результате этого разрыв связи C – C облегчается, увеличивается способность молекул вступать в реакции присоединения.

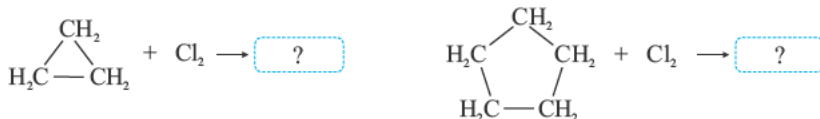


Деятельность

Алканы с галогенами вступают в реакцию замещения, а алкены в реакцию присоединения.

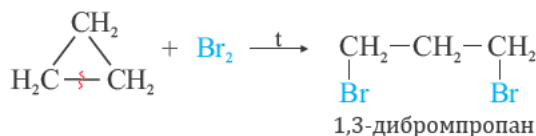


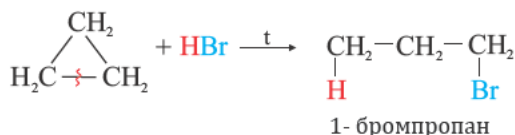
Как по-вашему, какая реакция протекает между циклопропаном и цикlopентаном с галогенами (замещения или присоединения)?



Как можно это объяснить строением их молекул?

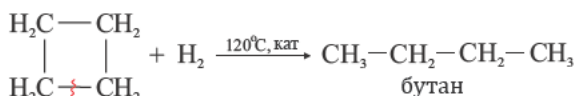
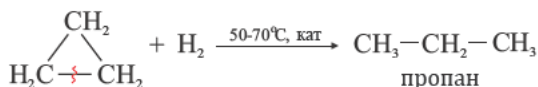
Реакции присоединения. Циклоалканы с малыми циклами (циклопропан, циклобутан) при нагревании (циклоалканы при обычных условиях не обесцвечивают бромную воду), как и алкены, вступают в реакции присоединения с галогенами и галогеноводородами. Это связано с большим угловым напряжением в их молекулах.



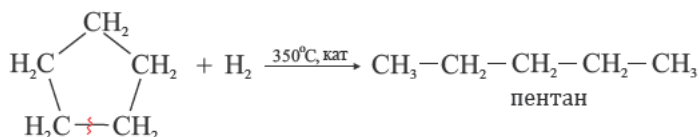


Если взаимодействие циклобутана с галогеноводородами происходит с трудом, то циклопентан и другие циклоалканы не присоединяют галогеноводороды.

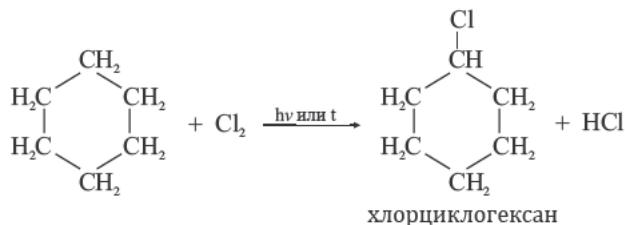
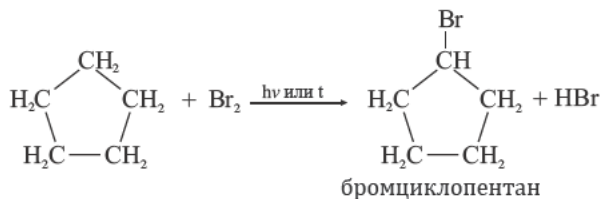
В присутствии катализатора некоторые циклоалканы гидрируются и превращаются в соответствующие алканы.



Циклопентан по сравнению с циклопропаном и циклобутаном вступает в реакции гидрирования при высокой температуре.



Реакция замещения. Циклоалканы с большим циклом, как и алканы, вступают в реакции замещения с галогенами. Это связано с тем, что с увеличением цикла молекулы уменьшается угловое напряжение. Реакция протекает под воздействием света или при нагревании:

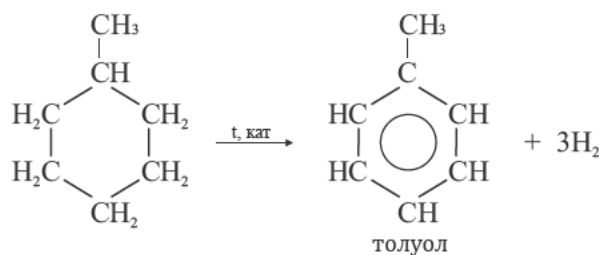
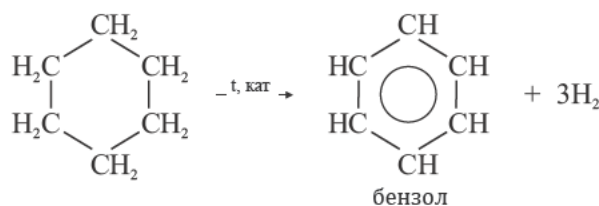


Реакции дегидрирования. Некоторые циклоалканы вступают в реакции дегидрирования. Например, в присутствии катализатора дегидрированием циклогексана получается бензол, а дегидрированием метилциклогексана получается толуол.

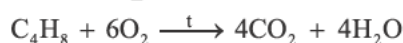
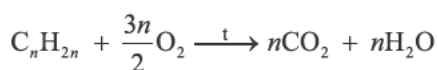


Роль химии

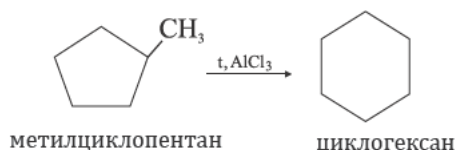
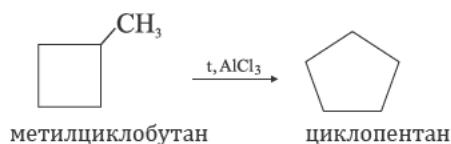
Циклогексан широко применяется как растворитель, как сырьё для получения бензола и других органических веществ.



Реакции горения. При полном горении циклоалканов получается углекислый газ и вода.



Реакция изомеризации. При нагревании в присутствии катализатора хлорида алюминия циклоалканы изомеризуются. Изомеризация в основном протекает с увеличением цикла.



Что вы изучили?

В циклоалканах с большим циклом небольшое, поэтому они трудно вступают в реакции

Реакция циклопентана с бромом под действием света относится к реакциям циклогексана получается бензол. При реакции метилциклопропан может превратиться в циклобутан.

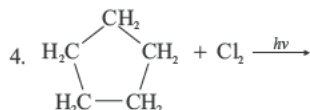
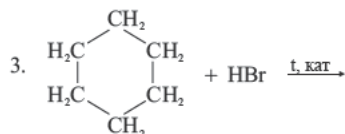
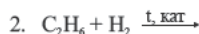
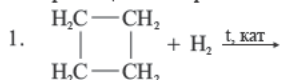
дегидрирование; замещение; присоединение; изомеризация; угловое напряжение



Проверьте изученное

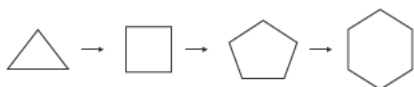
- 1 Определите продукт реакции циклопропана с HBr .
 А) 1-бромпропан В) 2-бромпропан С) 1,2-дибромпропан
 Д) бромциклопропан Е) 1,3-дибромпропан

- 2 Какие реакции не протекают?



- А) 1, 2 В) 3, 4 С) 1, 4 Д) 2, 3 Е) 1, 3

- 3



В данном направлении реакции присоединения циклоалканов с галогенами затрудняются, а реакции замещения протекают легче. Объясните причину этого.

- 4 Для бутена-1 и циклобутана являются различными:

1. Агрегатное состояние при обычных условиях
2. Обесцвечивание бромной воды
3. Продукты гидрирования
4. Число вторичных атомов углерода в молекуле
5. Продукты горения

- 5

Вещество	Масса воды, образованной при полном сгорании 1 моля, г
Циклоалкан	108

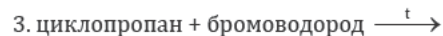
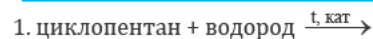
Определите число атомов углерода в молекуле циклоалкана.

- 6 При постепенном пропускании 44,8 л (н.у.) смеси, состоящей из пропена и циклопропана, через бромную воду, взятую в избытке, масса раствора увеличивается на 8,4 г. Вычислите объёмную долю (%) циклопропана в первоначальной газовой смеси.

- А) 50 В) 60 С) 80 Д) 40 Е) 90

- 7 Распределите реакции по таблице.

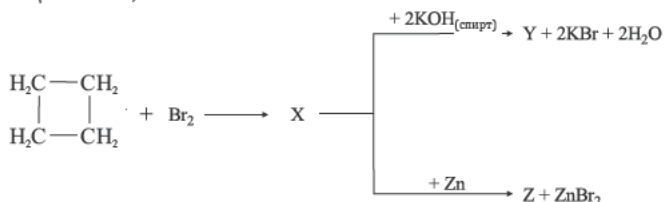
Реакции присоединения	Реакции замещения



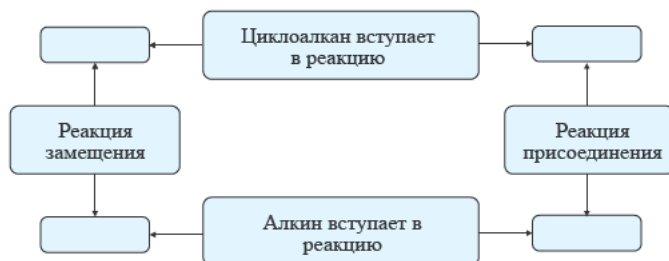
8 Определите для веществ правильные (+) и неправильные (–) высказывания.

	Циклопропан	Циклогексан
1. Вступает в реакции изомеризации.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Продуктом реакции с HBr является монобромпроизводное алкана.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Не вступает в реакцию с HBr.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Применяется для получения бензола.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Вступает в реакцию присоединения с H ₂ .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9 Согласно схеме, напишите уравнения реакций. Определите число атомов водорода в веществах X, Y и Z.



10 Завершите схему, в пустые ячейки впишите соответствующие уравнения реакций.



11 Какая смесь алканов может получиться гидрированием метилциклопропана? Обоснуйте свои мысли.

12 Предложите способ получения *n*-гексана из циклопропана в двух стадиях и напишите уравнения соответствующих реакций.

Тема 4.5. Ароматические углеводороды.

Пространственное строение молекулы бензола

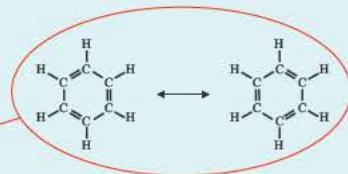


Денежная единица Азербайджана манат является одним из наших национальных символов. Именно поэтому на бумажных деньгах нашли отражение национально-духовные ценности нашей страны и нашего народа. Например:

Банкнота 10 манатов посвящена историческим темам. На лицевой стороне банкноты на фоне старых стен Крепости изображена Девичья башня, а также дворец Ширваншахов, старый Баку.

Банкнота 20 манатов посвящена Карабахской теме. На лицевой стороне банкноты изображены символы доблести: меч, шлем, щит и символ мира – цветок «Харыбюльбюль».

Что выражают химические символы банкноты 50 манатов?



Какому веществу соответствуют данные химические формулы?

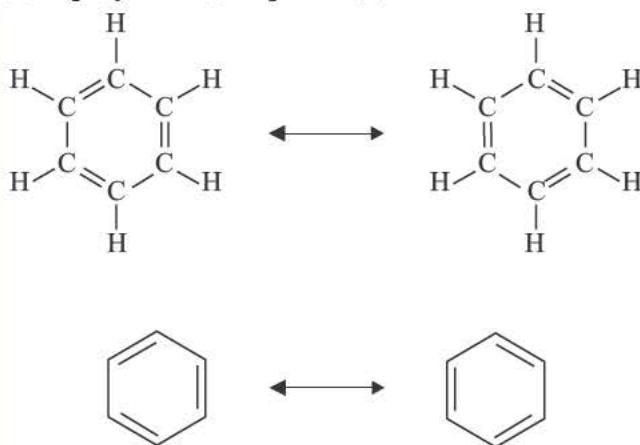
Первым представителем ароматических углеводородов является бензол. На основе экспериментальных результатов было установлено, что бензол имеет формулу C_6H_6 . Циклическое строение бензола было изучено во второй половине XIX века. В 1865 году немецкий учёный Ф.А.Кекуле предложил его графическую формулу. Согласно этой формуле, бензол – циклическое соединение, в котором между атомами углерода чередуются одинарные и двойные связи.



**Кекуле Фридрих Август
(1829–1896)**

Немецкий ученый.

Был одним из основоположников теории о валентности. Впервые предложил циклическое строение бензола.



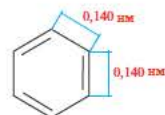


Деятельность

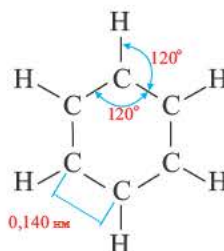
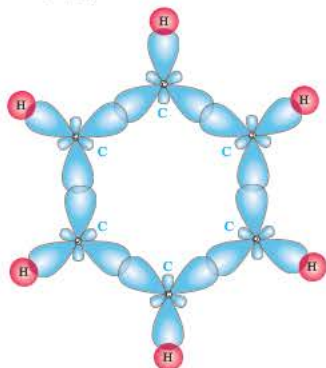
На основе формулы, предложенной Кекуле, длина одинарной связи должна соответствовать 0,154 нм (как в алканах), а длина двойной связи – 0,134 нм (как в алкенах).

Тем не менее исследования показали, что все связи между атомами углерода в молекуле бензола короче одинарной связи (0,154 нм), длиннее двойной связи (0,134 нм) и составляют 0,140 нм.

Как вы можете объяснить причину этого?



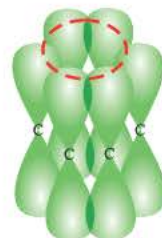
Согласно современным представлениям, все атомы углерода в молекуле бензола находятся в sp^2 гибридном состоянии. Каждый атом углерода с двумя соседними атомами углерода и с одним атомом водорода образует σ -связь. Орбитали, образующие эти связи, находятся на одной плоскости и перекрываются друг с другом под углом 120° .



Таким образом, шесть атомов углерода соединяются друг с другом и образуют правильный шестиугольник. Кроме этого, у каждого атома углерода есть негибридная p -орбиталь. Эти орбитали расположены перпендикулярно к плоскости молекулы и перекрываются сверху и снизу. В результате, получается шестизлектронная *общая π -система*.

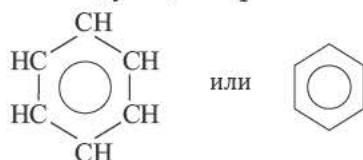
Цикл, состоящий из шести атомов углерода, связанных с σ -связями и общей π -системой, называется *бензольным кольцом* или *бензольным ядром*.

Из-за равномерного распределения электронной плотности в молекуле бензола, его графическую формулу и шаростержневую модель можно показать следующим образом.



Образование
общей

π -системы в
молекуле бензола



графическая формула
молекулы бензола

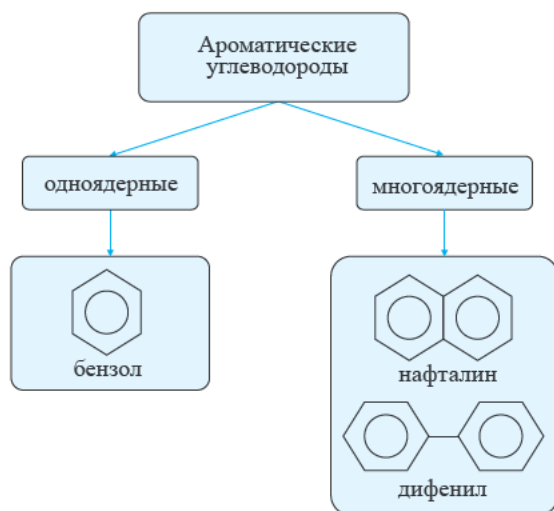
или



шаростержневая модель
молекулы бензола

Кольцо в графической формуле показывает общую π -систему.

Во всех молекулах ароматических углеводородов имеется бензольное ядро. По строению ароматические углеводороды бывают *одноядерными* и *многоядерными*.



Знаете ли вы?

Раньше нафталин в быту использовали для уничтожения моли. Из-за того, что он обладает канцерогенными свойствами (образует опухолевые заболевания), его применение опасно.

В табачном дыме, в выхлопных газах автомобилей содержится многоядерный ароматический углеводород бензопирен, который обладает канцерогенными свойствами.



Что вы изучили?

При перекрывании негибридных p орбиталей в молекуле бензола образуется Валентные углы в молекуле бензола равны, а все атомы углерода находятся в гибридном состоянии.

Первым представителем ароматических углеводородов является В молекуле бензола σ -связи между атомами углерода, а σ -связи между атомами углерода и водорода

бензол ; sp^2 ; 120° ; полярная связь; неполярная связь; π -система



Проверьте изученное

- 1 Перекрыванием каких орбиталей образуется C – H связи в молекуле бензола?
A) s и p B) sp^2 и p C) sp^2 и s D) sp^3 и s E) p
- 2 Если в молекулах бензола и гексана число C – C σ -связей соответственно обозначить через a и b , то определите соотношение между ними.
A) $a = b$ B) $a + 1 = b$ C) $a + 2 = b$ D) $a = b + 1$ E) $a = b + 2$
- 3 Чем отличаются друг от друга π -связи в молекулах этилена и бензола?
- 4 Если длина связей C – C и C = C соответственно равны 0,154 нм и 0,134 нм, то как можно объяснить, почему длина связи между атомами углерода в молекуле бензола равна 0,140 нм?
- 5 Вычислите отношение $m(C):m(H)$ в молекуле бензола.
A) 1:1 B) 6:1 C) 2:1 D) 12:1 E) 10:1

6

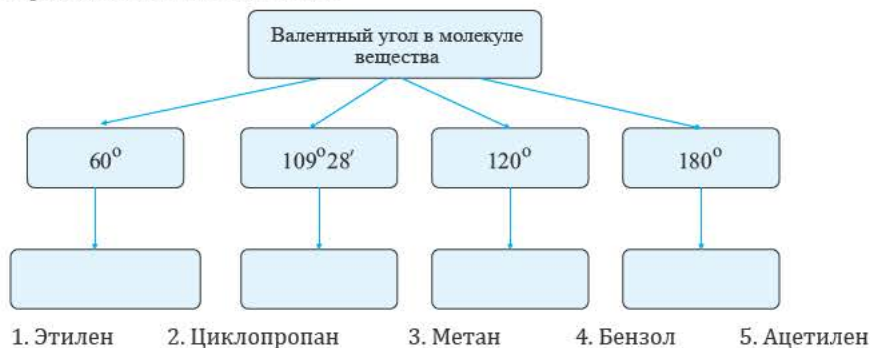
Вещество	Число орбиталей, участвующих в образовании связей	
	гибридные	негибридные
Бензол	x	y

Определите отношение x/y.

- А) 2 В) 1 С) 1,5 D) 3 Е) 1,25

7

Распределите вещества по схеме.



8

Завершите схему.

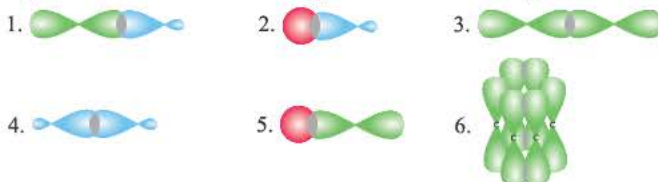


9

Составьте графическую формулу и формулу молекулы ароматического вещества, которое получается соединением метильного радикала с радикалом, полученным отщеплением одного атома водорода от молекулы бензола.

10

Перекрытие каких электронных орбиталей в нижеуказанных схемах соответствует образованию связей в молекуле бензола? Обоснуйте свои мысли.



11

Сравните и определите существующие сходства в схемах образования связей между атомами углерода в молекулах бензола и дивинила.

12

Нафталин и дифенил – двухъядерные ароматические углеводороды. Равно ли число атомов водорода в их молекулах удвоенному произведению числа атомов водорода молекулы бензола? Обоснуйте свои мысли.

Тема 4.6. Номенклатура и изомерия гомологов бензола

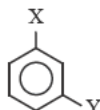


На строение каких веществ, уже изученных нами, похоже строение бензола?

Можно ли на основе веществ этого класса дать названия гомологам бензола, составить графические формулы их изомеров?



Деятельность



Какими атомами или радикалами должны быть X и Y, чтобы полученные вещества были гомологами бензола?

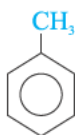
	X	Y
I.	H	C ₂ H ₅
II.	CH ₂ = CH	H
III.	CH ₃	Cl
IV.	C ₂ H ₅	CH ₃

Какую общую формулу можно вывести для гомологов бензола?

По Международной номенклатуре ароматические углеводороды с общей формулой C_nH_{2n-6} называются углеводородами ряда бензола. При замене в молекуле бензола атомов водорода на алкильные радикалы можно написать формулы гомологов бензола.

Номенклатура

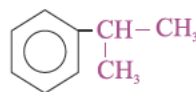
При назывании гомологов бензола по Международной номенклатуре читают радикал, соединенный с бензольным кольцом, а потом слово бензол.



метилбензол
(C₆H₅–CH₃)

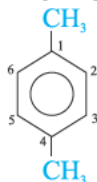


этилбензол
(C₆H₅–C₂H₅)

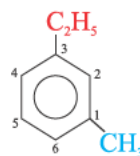


изопропилбензол
(C₆H₅–C₃H₇)

Если в молекуле содержится два или более радикалов, то нумерацию ведут с атома углерода, содержащего наименьший радикал, и нумерация ведётся так, чтобы сумма номеров атомов углерода, содержащих радикалы, была наименьшей.



1,4-диметилбензол

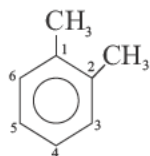


1-метил-3-этилбензол

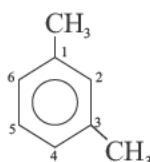
Как видно, названия гомологов бензола по Международной номенклатуре похожи с названиями циклоалканов.

Для того чтобы показать, как расположены радикалы относительно друг друга в дизамещённых изомерах бензола, можно пользоваться нижеуказанными приставками. Если заместители:

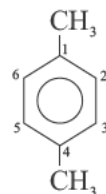
- находятся при соседних атомах углерода (1,2) - *орто*-(*о*-),
- отделены друг от друга одним атомом углерода (1,3) - *мета*-(*м*),
- отделены друг от друга двумя атомами углерода (1,4) - *пара*-(*п*)



1,2-диметилбензол
(*о*-диметилбензол)

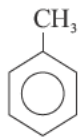


1,3-диметилбензол
(*м*-диметилбензол)

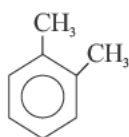


1,4-диметилбензол
(*п*-диметилбензол)

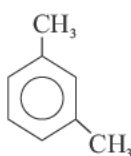
Широко используются *тривиальные* (исторические) названия некоторых гомологов бензола. Например:



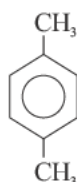
толуол



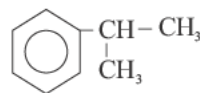
о-ксилол



м-ксилол

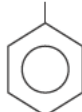


п-ксилол



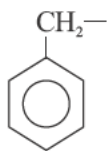
кумол

При отщеплении одного атома водорода от молекулы бензола, полученный остаток называют *фенильным радикалом*.

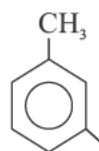


фенильный радикал
($\text{C}_6\text{H}_5 -$)

При отщеплении атома водорода в молекуле толуола от бензольного кольца и от метильной группы можно получать различные радикалы.



радикал бензил



радикал *м*-толил

При отщеплении одного атома водорода от бензольного ядра полученный радикал называется *арильным радикалом*. В отличие от радикала бензила, фенил и *м*-толил радикалы относятся к арильным радикалам.



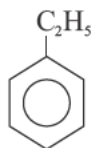
Знаете ли вы?

По-гречески значения слов: *ortos* - непосредственно, *meta* - после, *para* - напротив.

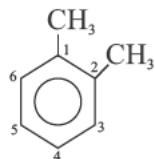
Изомерия

Структурная изомерия в углеводородах ряда бензола определяется по радикалу, по строению радикала и по расположению радикалов относительно друг друга в бензольном кольце.

По радикалу:

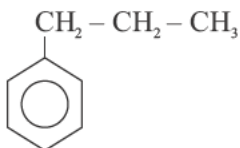


этилбензол

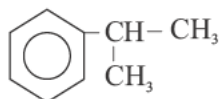


1,2-диметилбензол

По строению радикала:

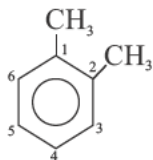


пропилбензол

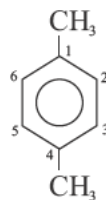


изопропилбензол

По положению радикалов в бензольном кольце:



1,2-диметилбензол



1,4-диметилбензол

В алкилзамещённых гомологах бензола не существует *цис-транс* изомерии.



Что вы изучили?

Общая формула углеводородов ряда бензола

Вещество, состоящее из и этилового радикалов, называется пропилбензолом. по Международной номенклатуре называется 1,3-диметилбензолом. Тривиальное название метилбензола –

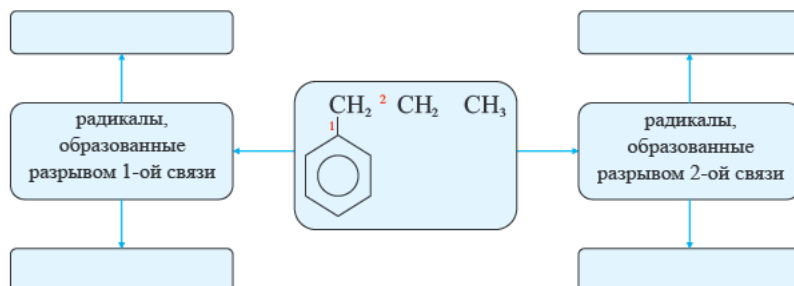
Этилбензол состоит из этилового и

фенильный радикал; м-ксилол; толуол; радикал бензил; C_nH_{2n-6}



Проверьте изученное

- Расположите данные вещества в порядке возрастания числа атомов углерода в их молекулах.
1. о-ксилол 2. толуол 3. кумол
А) 1, 2, 3 В) 2, 1, 3 С) 1, 3, 2 D) 2, 3, 1 Е) 3, 2, 1
- Определите относительную молекулярную массу углеводорода ряда бензола, в молекуле которого содержится 10 атомов водорода.
- Сколько атомов углерода содержит первый представитель углеводородов ряда бензола? Объясните причину.
- Определите соответствие.
1. алкильный радикал а. радикал винил б. радикал фенил
2. арильный радикал с. радикал бензил d. радикал этил
е. радикал о-толил
- Определите общее число атомов в молекуле гомолога бензола, 0,2 моля которого содержит 24 г углерода.
А) 18 В) 22 С) 20 D) 26 Е) 24
- Назовите по Международной номенклатуре, вещество которое получается замещением в молекуле м-ксилола в одной из метильной группе одного атома водорода, а в другой – двух атомов водорода метильными радикалами.
- Напишите соответствующие названия радикалов в пустые ячейки.



- Определите правильные (+) и неправильные (–) высказывания для веществ.

	Этилбензол	Толуол
Молекула, содержит 7 атомов углерода.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Изомер м-ксилола.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
В образовании молекулы участвуют 26 гибридных орбиталей.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Молекула, имеет 15 σ -связей.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Гомолог бензола.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Составьте схему, в которой отражены виды структурной изомерии и и приведены примеры углеводородов ряда бензола.
- Составьте графические формулы гомологов бензола с составом C_8H_{10} и назовите их по Международной номенклатуре.

- 11 Сравните массовую долю атомов углерода в алканах, алкенах, алкинах и углеводородах ряда бензола, в состав которых входят одинаковое число атомов углерода, и постройте график зависимости массовых долей атомов углерода от молярных масс этих веществ.
- 12 Вещество 1,2-диметилциклопропан имеет цис-транс изомеры, а вещество 1,2-диметилбензол таких изомеров не имеет. Объясните причину этого. Есть ли сходство этого сравнения с тем, что бутен-2 имеет цис-транс изомерию, а бутин-2 – не имеет.



Домашнее задание

Используя пластилин и спички, смоделируйте шаростержневую модель молекулы толуола.

Тема 4.7. Получение и физические свойства углеводородов ряда бензола



В XIX веке и до начала XX века для освещения домов и улиц использовали светильный газ. Светильный газ получается пиролизом каменного угля и нефти.

Как вы думаете, какие вещества входят в состав светильного газа?

Впервые в 1825 году бензол был выделен М.Фарадеем из светильного газа. Он определил, что при охлаждении светильного газа бензол кристаллизуется. В состав светильного газа также входят водород, метан, угарный газ и др.

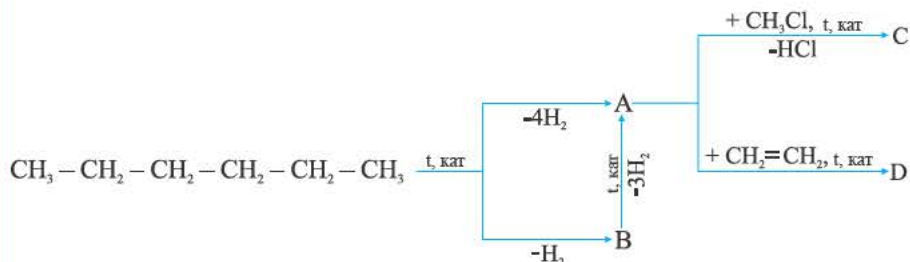
Получение

Основным сырьём для получения ароматических углеводородов в промышленности являются нефть и каменноугольная смола. При нагревании каменного угля без доступа воздуха ($1000\text{--}1200^\circ\text{C}$) образуется каменноугольная смола. При дистилляции каменноугольной смолы отделяются бензол, толуол, этилбензол и другие ароматические соединения.



Деятельность

Составьте уравнения по схемам реакций, определите вещества А, В, С и D.

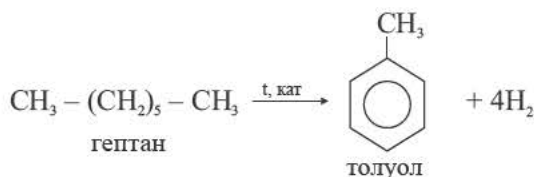
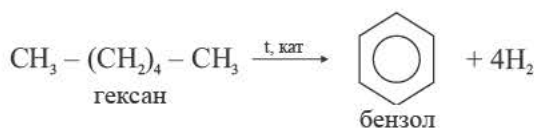


Какие из веществ являются углеводородами ряда бензола?

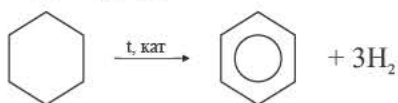
Какими способами можно получить углеводороды ряда бензола?

Угеводороды ряда бензола в промышленности получают также на основе нижеуказанных реакций:

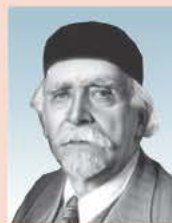
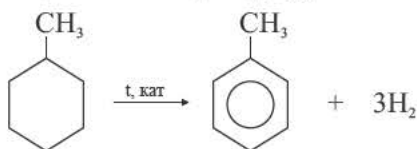
1. Дегидрированием алканов при высокой температуре в присутствии катализаторов. Например, из гексана получают бензол, а из гептана толуол.



2. Дегидрированием циклоалканов в присутствии катализатора. В результате этой реакции циклогексан дегидрируется в бензол.



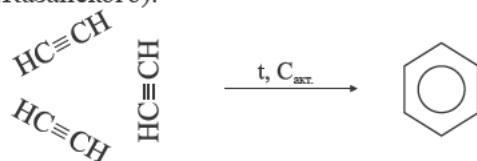
Получение бензола по этому методу разработал академик Н.Д.Зелинский. При тех же условиях метилциклогексан дегидрируется в толуол.



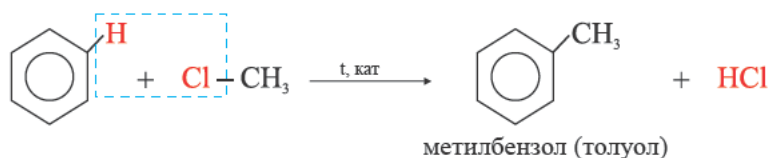
Зелинский Николай Дмитриевич
(1861-1953)

Русский учёный, академик.
Открыл каталитическое превращение циклопарафинов в ароматические углеводороды, каталитический крекинг углеводородов нефти, осуществил синтез бензола из ацетилена.

3. Пропусканием ацетилена над активированным углем при нагревании. В результате этого ацетилен тримеризуется и превращается в бензол (реакция Н.Д.Зелинского – Б.А.Казанского).

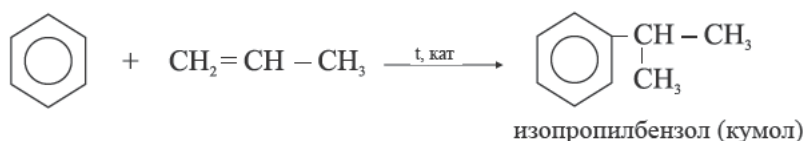
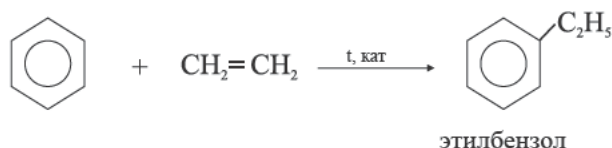


4. Алкилированием бензола. При реакции алкилирования происходит замена атома водорода в бензольном кольце на алкильный радикал. На основе таких реакций получают гомологи бензола. Можно показать в качестве примера алкилирование бензола метилхлоридом в присутствии катализатора.



Эта реакция была осуществлена в 1877 году в Парижском Университете химиком Ш.Фриделем и его американским студентом Д.Крафтсом и названа в честь открывших эту реакцию реакцией Фриделя-Крафтса.

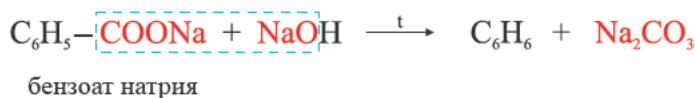
Как алкилирующий реагент можно взять и алкены. Этим методом в промышленности получают этилбензол и кумол.



Труды Азербайджанского учёного Юсифа Мамедалиева сыграли большую роль в области реакций алкилирования и получения ароматических углеводородов.

В лаборатории бензол получают следующим способом:

1. Плавлением щелочей с солями бензойной кислоты.



2. Нагреванием фенола в присутствии цинковой пыли.



Физические свойства

Первые представители углеводородов ряда бензола – вещества с приятным запахом. По этой причине они исторически назывались ароматические углеводороды. Позднее выяснилось, что большинство ароматических веществ или не имеют запаха, или вещества с неприятным запахом. Несмотря на это, их исторические названия сохранились.

При обычных условиях бензол – бесцветная, летучая жидкость со специфическим запахом. Бензол легче воды и нерастворим в воде. Для многих веществ бензол является хорошим растворителем. При охлаждении он превращается в белую кристаллическую массу. Бензол и его пары ядовиты. Толуол, этилбензол и др. легче воды, нерастворимые в воде жидкости. Толуол является растворителем для белого фосфора, серы и других веществ. С повышением относительной молекулярной массы углеводородов ряда бензола увеличивается температура их кипения.



**Юсиф Гейдар оглу Мамедалиев
(1905 – 1961)**

Азербайджанский химик,
академик.

Заложил основу
нефтехимической науки в
Азербайджане. За исследования
в области алкилирования
углеводородов учёные
мира назвали его «королём
алкилирования».

**Знаете ли вы?**

Длительное вдыхание паров бензола вызывает заболевания нервной системы и малокровие (анемия).

**Что вы изучили?**

..... – это замещение атома водорода в бензольном кольце на алкильный радикал.

Толуол получают гептана.

При пропускании ацетилена над активированным углем при нагревании он и превращается в бензол.

дегидрирование; тримеризация; реакция алкилирования

**Проверьте изученное**

- Определите правильные высказывания для бензола.
 - При обычных условиях находится в жидком состоянии
 - Хорошо растворяется в воде
 - В твёрдом состоянии образует молекулярную кристаллическую решётку

A) только 2 B) 2, 3 C) 1, 3 D) только 1 E) только 3
- Определите продукты реакций.

1. Бензол + этилен $\xrightarrow{t, \text{кат}}$	a. кумол
2. Бензол + хлорметан $\xrightarrow{t, \text{кат}}$	b. этилбензол
3. Бензол + пропен $\xrightarrow{t, \text{кат}}$	c. толуол

A) 1-a, 2-b, 3-c B) 1-a, 2-c, 3-b C) 1-b, 2-a, 3-c D) 1-b, 2-c, 3-a E) 1-c, 2-b, 3-a

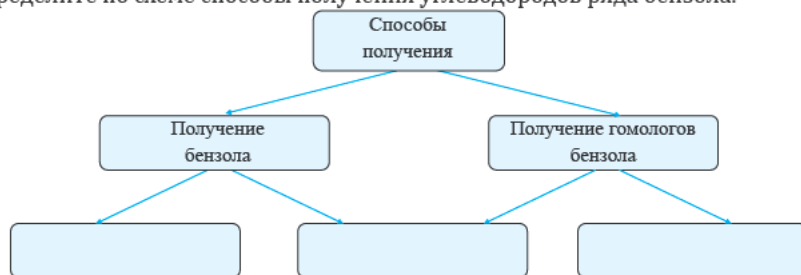
- 3 Почему при полном дегидрировании 1 моля циклогексана в бензол выделяется 3 моля водорода, а при дегидрировании 1 моля гексана в бензол выделяется 4 моля водорода?
- 4 С каким минимальным количеством атомов углерода в молекуле можно получить вещество при алкилировании бензола с алкенами? Обоснуйте свои мысли.
- 5 При пропускании 12 молей ацетилена над активированным углем было получено 3 моля бензола. Вычислите практический выход (%) реакции.

Масса толуола, полученного дегидрированием гептана, г	Объём, выделенного водорода при реакции (н.у.), л
4,6	x

Определите x.

- A) 2,24 B) 4,48 C) 11,2 D) 5,6 E) 3,36

- 7 Распределите по схеме способы получения углеводородов ряда бензола.

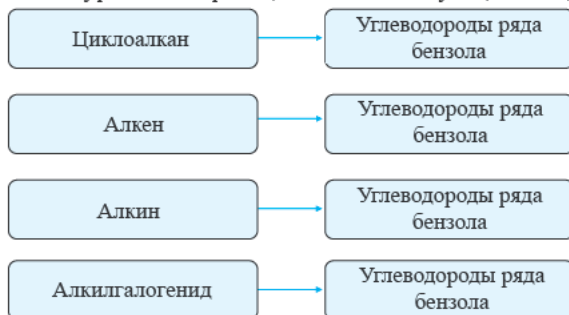


- Дегидрирование циклоалканов
- Нагревание фенола с цинковой пылью
- Реакция присоединения бензола с алкенами
- Дегидрирование алканов
- Тримеризация ацетилена
- Плавление солей бензойной кислоты со щелочами



Определите вещества A и B.

- 9 Напишите уравнения реакций, соответствующих каждой стадии по данной схеме.



- 10 Какой алкилгалогенид надо взять, чтобы при реакции с бензолом можно было бы получить кумол? Составьте уравнения реакций.

- 11 С какой похожей реакцией взаимодействия солей бензойной кислоты со щелочами вы ознакомились в предыдущих темах? Объясните на примере.
- 12 Как можно объяснить реакцию присоединения бензола к пропену на основе правила Марковникова?



Домашнее задание

Подготовьте презентацию на тему: «Научная деятельность академика Юсифа Ма-медалиева».

Тема 4.8. Химические свойства углеводородов ряда бензола

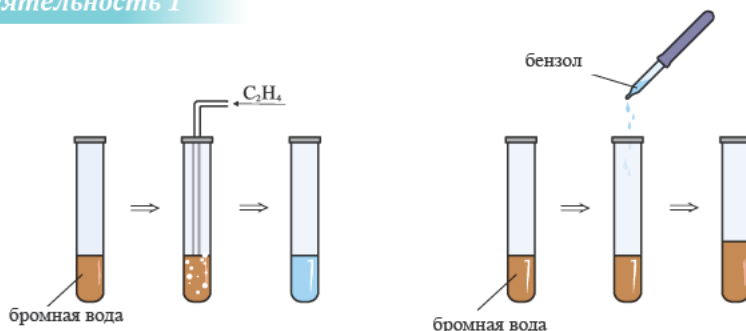


Как вы думаете, какая связь менее устойчивая: двухэлектронная π -связь в молекуле этилена или шестиэлектронная π -связь в молекуле бензола?

Какими химическими свойствами отличается бензол, благодаря наличию в его молекуле бензольного ядра, от этилена?



Деятельность 1



Какие изменения наблюдаются во время опытов?

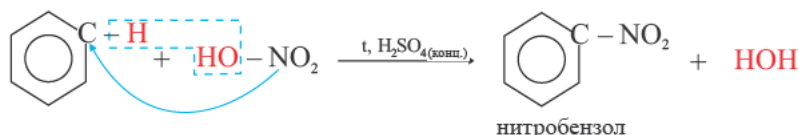
Чем отличаются друг от друга реакция присоединения брома с этиленом от реакции присоединения его с бензолом?

Как можно объяснить разницу реакций присоединения этилена и бензола?

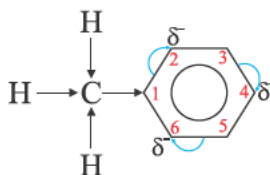
Несмотря на то, что формулой, предложенной Ф.А.Кекуле, пользуются больше 150 лет, всё же она не объясняет некоторые свойства бензола. Если мы предположим наличие двойных связей в молекуле бензола, то он должен вступать в реакции, характерные для непредельных углеводородов. Однако бензол не обесцвечивает бромную воду и раствор перманганата калия.

Из-за наличия π -электронной системы молекула бензола очень устойчива. По этой причине бензол и его гомологи вступают в реакции присоединения труднее, чем алкены. Углеводороды ряда бензола при определённых условиях вступают в реакции замещения и окисления.

Реакция замещения. Если к бензолу прибавить, нагревая, азотную кислоту в присутствии серной кислоты, то происходит реакция, в результате которой образуется жёлтая жидкость с запахом горького миндаля – нитробензол. В результате реакции один атом водорода в молекуле бензола замещается нитрогруппой.

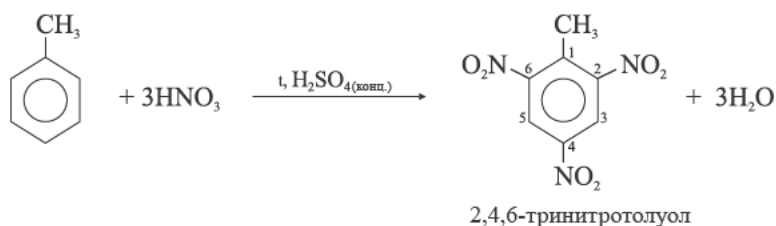


Гомологи бензола, по сравнению с самим бензолом, значительно легче вступают в реакции замещения. Это объясняется взаимным влиянием друг на друга алкильного радикала и бензольного ядра. В молекуле бензола π -электронная плотность равномерно распределена между всеми атомами углерода. Алкильная группа, введённая в кольцо, оказывает влияние на бензольное кольцо тем, что смещает электронную плотность и в положениях 2,4,6 (орто- и пара-) способствует увеличению электронной плотности. Поэтому атомы водорода при этих атомах углерода легко замещаются. Например, ниже показано, как в молекуле толуола происходит смещение электронной плотности от метильной группы к бензольному кольцу.

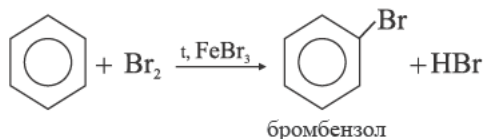


Перемещение электронной плотности в молекуле толуола

По этой причине толуол легче бензола вступает в реакции замещения.



При нагревании бензола с бромом при участии катализатора FeBr_3 происходит реакция замещения.

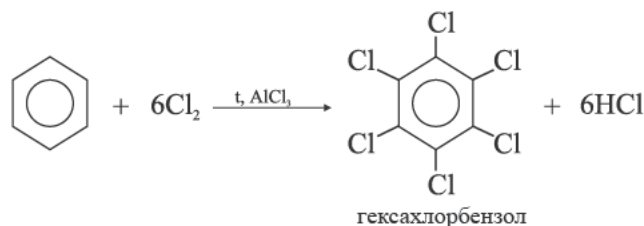


Роль химии

Вещество 2,4,6-тринитротолуол называется тротилом (тол). Это жёлтоватое твёрдое вещество. Используется в прессованном виде, является взрывчатым веществом.

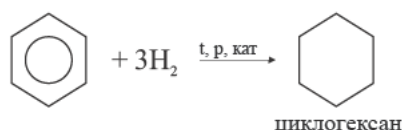
Бензол с хлором реагирует так же. При хлорировании бензола используют как катализатор хлорид железа(III).

При участии хлорида алюминия в качестве катализатора все атомы водорода в молекуле бензола могут быть замещены атомами хлора:

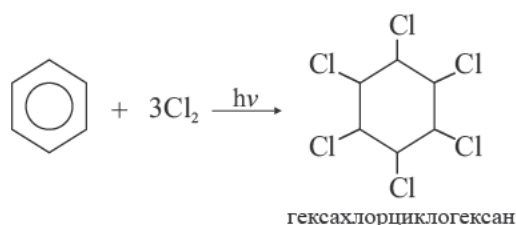


Реакция присоединения. При определенных условиях бензол вступает в реакции присоединения.

В присутствии катализатора, высокой температуры и давления бензол гидрируется в циклогексан.



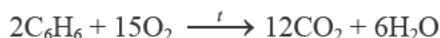
Под действием света бензол вступает в реакцию присоединения с хлором:



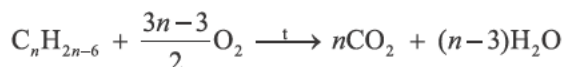
Роль химии

Гексахлорциклогексан (гексахлоран) твёрдое вещество, долгое время в сельском хозяйстве его использовали как средство против вредных насекомых.

Реакция окисления. Бензол на воздухе горит коптящим пламенем и образует углекислый газ и воду (полное окисление).



Горение углеводородов ряда бензола в виде общего уравнения можно показать в виде:



Деятельность 2

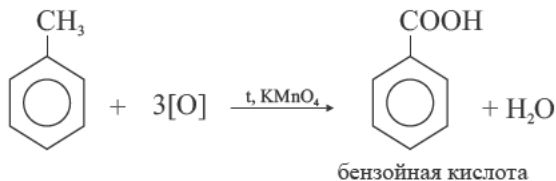
Сравнение взаимодействия раствора KMnO_4 с бензолом и с толуолом

Оборудование: две пробирки, спиртовка, раствор KMnO_4 , бензол, толуол, концентрированная серная кислота.

Ход работы: В одну из пробирок налейте 2-3 мл бензола, а в другую столько же толуола. Потом в каждую пробирку добавьте 1 мл 0,1 %-ного раствора KMnO_4 и 1 каплю концентрированной серной кислоты и осторожно нагревайте.

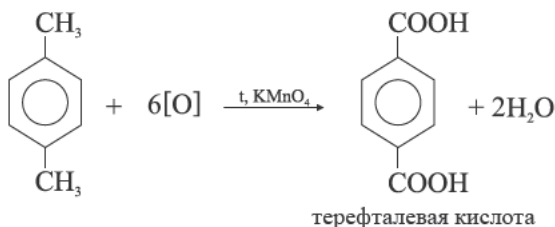
Что вы наблюдаете?

Бензол стоек по отношению к окислителям и не обесцвечивает раствор перманганата калия. В отличие от бензола его гомологи при нагревании обесцвечивают раствор перманганата калия. Например, если к толуолу добавить раствор перманганата калия и нагреть, то фиолетовая окраска раствора постепенно исчезает.



Известно, что алканы (например, метан) не обесцвечивают раствор перманганата калия. Однако, если один из атомов водорода в молекуле метана заменить фенильным радикалом, то полученное соединение (толуол) окисляется KMnO_4 . Окисление метильной группы в молекуле толуола объясняется влиянием бензольного ядра на метильную группу. По сравнению с метаном, бензольное кольцо оттягивает электронную плотность от CH_3 -радикала к себе. В результате этого реакционная способность атомов водорода в CH_3 увеличивается, они становятся подвижными.

Окислением п-ксилола при тех же условиях получается терефталевая кислота.



Что вы изучили?

В отличие от бензола, этилбензол вступает в реакцию с раствором перманганата калия.

..... в отличие от не вступает в реакцию с раствором перманганата калия. Под воздействием света бензол вступает в с хлором.

Бензол с азотной кислотой вступает в реакцию

бензол; толуол; реакции замещения; реакции присоединения; реакции окисления



Проверьте изученное

- 1 $\text{CH}_4 \xrightarrow{1} \text{C}_2\text{H}_2 \xrightarrow{2} \text{C}_6\text{H}_6 \xrightarrow{3} \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$

Какое превращение невозможно провести прямым путём?

- A) только 2 B) 2, 3 C) 1, 3 D) только 1 E) только 3

- 2 В молекуле какого вещества нет атомов водорода?

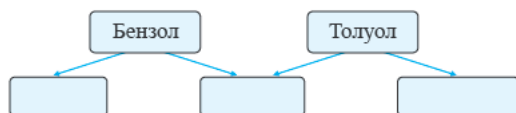
- A) толуол B) нитробензол C) гексахлорциклогексан
D) гексахлорбензол E) бензойная кислота

- 3 Почему в отличие от бензола толуол вступает в реакцию с раствором перманганата калия?
- 4 Что легче вступает в реакцию присоединения: бензол или этилен? Объясните причину.
- 5 При добавлении к смеси бензола и толуола раствора перманганата калия, взятого в избытке, получается 12,2 г бензойной кислоты. Вычислите массу смеси (в г), зная, что массовая доля бензола в смеси составляет 90%.
- 6 Сколько молей Cl_2 расходуется на полное превращение 7,8 г бензола в гексахлорбензол?
- A) 0,1 B) 0,2 C) 0,3 D) 0,5 E) 0,6

- 7 Определите соответствие.

- | | |
|---|--|
| 1. толуол + $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t}$ | a. Реакция замещения |
| 2. толуол + $\text{HNO}_3 \xrightarrow{t, \text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.})}$ | b. Реакция окисления |
| 3. бензол + $\text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu}$ | c. Происходит обесцвечивание раствора |
| | d. Получается вещество, в молекуле которого нет бензольного ядра |

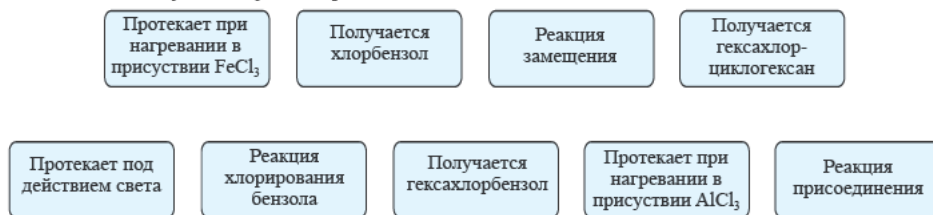
- 8 Определите свойства, характерные для бензола и толуола.



1. При обычных условиях находится в жидком состоянии
2. В молекуле содержится 12 sp^2 гибридных орбиталей
3. При реакции с азотной кислотой получается тротил
4. Окисляясь, превращается в бензойную кислоту
5. Получается нагреванием фенола с цинковой пылью

- 9 Составьте схему получения бензола из толуола в три стадии, напишите уравнения соответствующих реакций.

- 10 Составьте схему, пользуясь стрелками и данными ячейки.

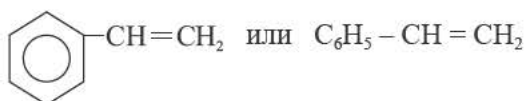


- 11 При горении гексана и бензола при одних и тех же условиях бензол горит более коптящим пламенем, чем гексан. Свяжите эти свойства согласно их составам.
- 12 На реакцию замещения 1 моля бензола расходуется 6 молей Cl_2 , а на реакцию присоединения расходуется 3 моля Cl_2 . Объясните причину этого.

Тема 4.9. Стирол



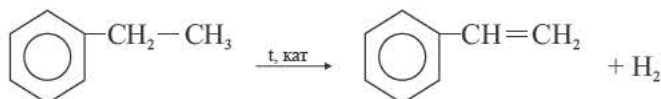
Винилбензол или стирол является самым простым представителем ароматических углеводородов, в боковой цепи которого содержится непредельный углеводородный радикал.



винилбензол (стирол)

Все атомы углерода в молекуле стирола находятся в sp^2 гибридном состоянии.

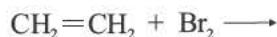
Получение. В промышленности стирол получают дегидрированием этилбензола.



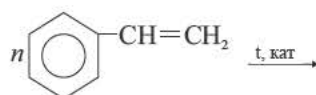
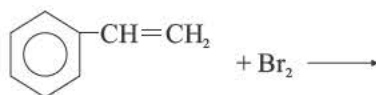
Физические свойства. Стирол – нерастворимая в воде бесцветная жидкость с приятным запахом. Ядовитое вещество, раздражает глаза и слизистую оболочку дыхательных путей.

Химические свойства.

Деятельность

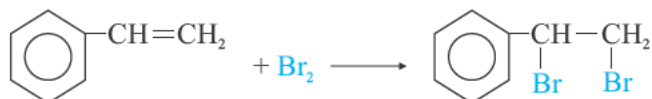


Напишите продукты реакций и согласно этим реакциям завершите нижепоказанные схемы.

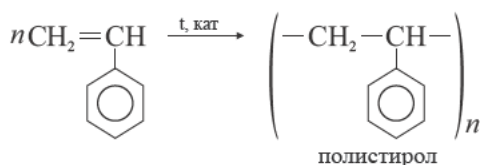


Какие свойства стирола схожи с этиленом, но различны с бензолом?

За счёт наличия двойной связи (непредельный радикал) в боковой цепи молекулы стирола, по химическим свойствам он отличается от бензола и его гомологов. Стирол, как и алкены, при обычных условиях обесцвечивает бромную воду (а также раствор перманганата калия):



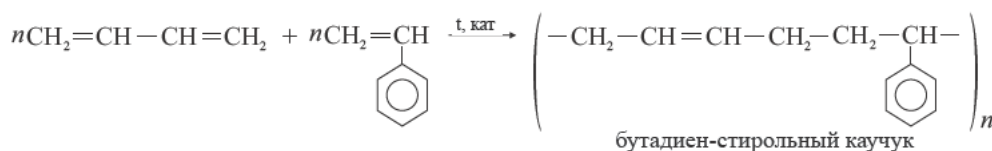
Стирол, полимеризуясь, образует полистирол:



Роль химии

Полистирол используется в машиностроении, приборостроении как материал заменяющий металлы, используется для изготовления пластических масс, применяемых в быту.

Стирол с бутадиеном-1,3 полимеризуется (сополимеризация) и образует высококачественный синтетический *бутадиен-стирольный каучук*.



Роль химии

Бутадиен-стирольный каучук устойчив к воздействию высоких и низких температур, износостойчив. Его применяют в производстве шин для автомобилей, в производстве лент для транспортёров и эскалаторов, лёгких и пористых ковров для обуви, в производстве пластической посуды.



Что вы изучили?

Стирол состоит из фенилового и В его молекуле имеется 24

Винилбензол в отличие от бензола обесцвечивает

..... стирола получают полистирол.

полимеризация; радикал винил; бромная вода; sp^2 гибридные орбитали



Проверьте изученное

- 1 Соединением каких радикалов получают стирол?
1. этил 2. бензил 3. метил 4. винил 5. фенил
А) 1, 2 В) 3, 5 С) 2, 4 D) 1, 5 Е) 4, 5
- 2 Расположите вещества в порядке возрастания их относительных молекулярных масс.
1. толуол 2. м-ксилол 3. стирол
А) 1, 2, 3 В) 1, 3, 2 С) 2, 3, 1 D) 2, 1, 3 Е) 3, 2, 1
- 3 Сравните способности полимеризации стирола и толуола и обоснуйте свой ответ.
- 4 С помощью каких веществ можно отличить друг от друга нижеуказанные вещества, находящиеся в разных пробирках.
1. бензол и стирол а. Бромная вода
2. бензол и толуол б. Раствор перманганата калия
3. толуол и стирол
А) 1-а; 2-а, б; 3-б В) 1-б; 2-а, б; 3-а С) 1-а, б; 2-а, б; 3-а, б
D) 1-а, б; 2-б; 3-а Е) 1-а; 2-б; 3-а, б
- 5 Какое минимальное количество стирола (в г) необходимо для обесцвечивания 200 г 1,6 %-го раствора бромной воды?
А) 1,04 В) 2,08 С) 3,12 D) 4,16 Е) 5,24

Масса дегидрированного этилбензола, г	Масса полученного стирола, г	Выход реакции, %
424	x	75

Определите x.

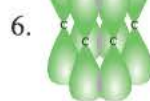
- 7 Определите правильные (+) и неправильные (–) утверждения для веществ.

	Бензол	Толуол	Стирол
В молекуле все атомы углерода находятся в sp^2 гибридном состоянии.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
При обычных условиях обесцвечивает бромную воду.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Состав отвечает общей формуле C_nH_{2n-6} .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Полимеризуется.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- 8 Завершите схему.



9. Перекрывание каких электронных орбиталей по нижеуказанным схемам соответствует образованию связей в молекуле стирола? Обоснуйте свой ответ.



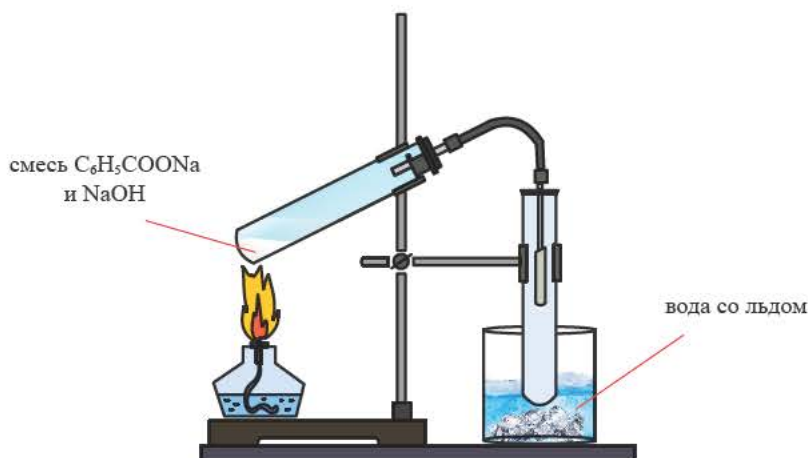
10. Бензол → Этилбензол → Стирол → Полистирол
Напишите уравнения реакций согласно схеме.
11. Какое максимальное количество (моль) H_2 может присоединить 1 моль стирола? К какому классу соединений относится это вещество?
12. Может ли вступить в реакцию с аммиачным раствором нитрата серебра(I), вещество с составом C_8H_6 , в молекуле которого содержится бензольное ядро? Составьте графическую формулу этого вещества и обоснуйте свой ответ.



Практическая работа №3 Получение и химические свойства бензола

Реактивы и оборудование: бензоат натрия, гидроксид натрия, лёд, газоотводная трубка, штатив, ступка, стеклянная палочка, стакан объёмом 100 мл, пробирки.

Ход работы: 1 - 2 г бензоата натрия и гидроксида натрия перемешайте в ступке до пылевидного состояния. Поместите смесь в сухую пробирку, закройте пробирку газоотводной трубкой, снабженной пробкой, и наклонно установите в лапке штатива. Другой конец трубки поместите в пробирку-приёмник, которая помещена в стакан с ледяной водой.



Пробирку со смесью сначала нагревайте равномерно, а потом сильно нагревайте ту часть, где находится смесь. Полученный бензол определите по запаху и горению. Для этого стеклянную палочку опускают в полученную жидкость и поджигают на спиртовке. Добавьте в различные пробирки 5-6 капель полученной жидкости. В одну из пробирок подлейте 1-2 мл бромной воды, а в другую 1-2 мл раствора перманганата калия и встряхните пробирки.

- Напишите уравнение реакции бензоата натрия с гидроксидом натрия.
- Каким пламенем горит бензол? Чем это можно объяснить?
- На какое вещество похож бензол по своеобразному характеру горения?
- Обесцвечивает ли бензол бромную воду и раствор перманганата калия? Объясните причину.



V РАЗДЕЛ

ПРИРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Тема 5.1. Общие сведения о природных источниках углеводородов

Тема 5.2. Нефть и её первичная переработка

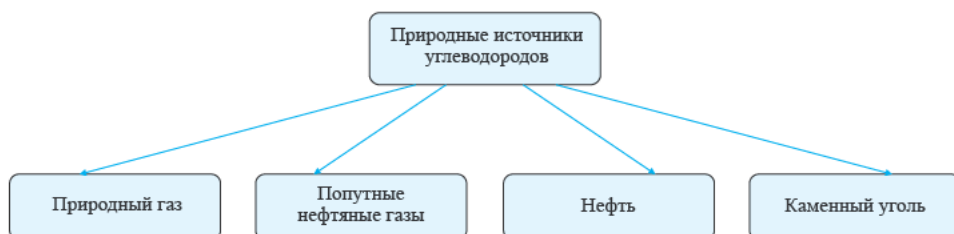
Тема 5.3. Повторная переработка нефтепродуктов

Тема 5.4. Качество и применение нефтепродуктов

Тема 5.5. Каменный уголь и его переработка

Тема 5.1. Общие сведения о природных источниках углеводородов

Углеводороды широко распространены в природе. Основные природные источники углеводородов даны в схеме:



Основной составной частью природного газа является метан (80-97%), остальная часть состоит из смеси этана, пропана, бутана и в небольшого количества других газов. С увеличением молекулярной массы углеводорода уменьшается его содержание в природном газе. Составы природных газов из различных месторождений неодинаковы. В таблице даётся его средний состав (в %-ах по объёмной доле).

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	N_2 и другие газы
80–97	0,5–4,0	0,2–1,5	0,1–1,0	0–1,0	2–3

Используемый в качестве топлива природный газ имеет большие преимущества по сравнению с твёрдым и жидким топливом. Он обладает высокой температурой горения, а продукты сгорания не являются твёрдыми веществами. 90% добытого природного газа применяется в теплоэлектростанциях, в промышленных отраслях и в быту как топливо. 10% природного газа – важнейший источник сырья для химической промышленности. Из него получают водород, ацетилен, этилен, сажу, различные пластмассы и другие продукты. Кроме того, природный газ применяется в качестве автомобильного топлива.

Применение природного газа даёт возможность для экономии бензина, а также соблюдения экологической чистоты, благодаря его полному сгоранию.

Попутные нефтяные газы находятся над нефтяным слоем или же в тех же залежах, растворённые в них под давлением. При выходе нефти на поверхность земли в результате резкого падения давления растворимость газов уменьшается, и они выделяются из нефти. Раньше попутные нефтяные газы не находили области применения, и их сжигали на месте промысла. В настоящее время их полностью отделяют, так как они тоже являются хорошим топливом и ценным химическим сырьём. В составе попутного газа, наряду с метаном, в большом количестве содержатся этан, пропан, бутан и пентан.



Вспомним

Увеличение давления способствует увеличению растворимости газов в жидкостях.

Путём химической переработки попутных нефтяных газов можно получить гораздо больше веществ, чем при переработке природного газа. В попутных нефтяных газах содержание метана меньше, а его гомологов больше по сравнению с природным газом.

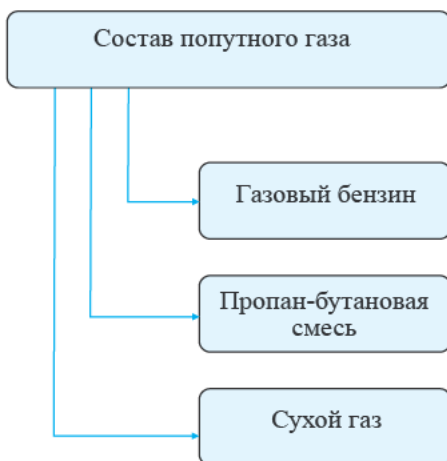
На газоперерабатывающих заводах попутные газы подразделяют на следующие фракции:

Газовый бензин содержит в своём составе легко летучие углеводороды (пентан, гексан и др.) Его применяют в качестве дополнения для улучшения зажигания бензина при приведении в действие двигателя.

Пропан – бутановая смесь (сжиженный газ) широко применяется в быту и в автотранспорте в качестве горючего.

Сухой газ сходен по составу с природным газом (в основном состоит из метана и этана). Он используется для получения этилена, ацетилена, водорода и других веществ, а также в качестве топлива.

Кроме этого, из попутных нефтяных газов выделяют этан, пропан, *n*-бутан и др. и их применяют для получения непредельных углеводородов.



Знаете ли вы?

Нафталановая нефть используется при лечении более 70 болезней. Известный путешественник Марко Поло нафталановую нефть назвал «волшебным бальзамом против кожных заболеваний».



Проверьте изученное

- 1 Перечислите основные природные источники углеводородов.
- 2 Перечислите сходные и отличительные черты состава природного и попутного газов.
- 3 На сколько процентов (%) уменьшается объёмная доля кислорода, если в закрытом помещении объёмом 100 м^3 сжечь 1 м^3 (н.у.) природного газа? (Примите во внимание то, что в составе природного газа объёмные доли содержащихся в нём газов составляют 90% CH_4 , 4% C_2H_6 , 6% N_2 , а объёмная доля кислорода в воздухе помещения равна 20%).
- 4 На какие фракции подразделяют попутные газы на газоперерабатывающих заводах, и в каких целях их применяют?
- 5 Составьте схему, отражающую продукты, полученные из природного газа, и напишите уравнения этих реакций.
- 6 Предложите схему получения бензола из природного газа. Напишите уравнения соответствующих реакций.

Тема 5.2. Нефть и её первичная переработка

Нефть – темно-бурая или чёрная горючая жидкость, легче воды и практически не растворимая в ней, обладает характерным запахом. В течение миллионов лет в результате химических и биологических процессов превращения животных и растительных остатков происходит образование нефти. Так как нефть состоит из смеси газообразных, жидких и твёрдых углеводородов (в основном из алканов, циклоалканов и ароматических углеводородов), у неё нет стабильной температуры кипения. В зависимости от состава кипит при разных интервалах температур. Состав нефти из различных месторождений неодинаковый. Например, бакинская нефть богата циклопарафинами, грозненская – предельными углеводородами, а уральская – ароматическими углеводородами. Нефть различают по плотности, она бывает лёгкой и тяжелой. Запасы нефти в мире составляют 550–600 миллиардов тонн. В настоящее время ежегодная добыча нефти в мире составляет 3 миллиарда тонн.

Основная часть нефти используется как сырьё для производства разных видов горючих и смазочных масел. В то же время нефть является ценным сырьём для химической промышленности. Из нефтепродуктов получают синтетический каучук, лекарственные препараты, синтетический шёлк, мыло, пластмассы, взрывчатые вещества и другие продукты. Нефть, получаемая из месторождения, называется *сырой нефтью*. Сырая нефть не применяется на производстве, при её переработке получают различные продукты.



Нефтяной фонтан



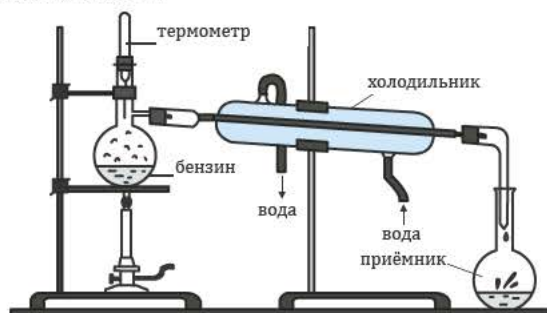
Знаете ли вы?

Впервые в мире добыча нефти методом механического бурения была осуществлена в 1848 году в Биби-Эйбате.



Деятельность

Фракционная перегонка бензина



Соберите прибор, показанный на рисунке. В 1-ую колбу поместите 100 мл бензина и нагрейте. При каждом повышении температуры на 10°C отделяйте полученные фракции, определите их массу, взвесив на весах, и определите объём при помощи мерного цилиндра.

Какое предположение можно сделать о плотности полученных фракций на основании их масс и объёмов?

Почему с течением времени увеличивается температура кипения смеси?

Первичная переработка нефти. Первичная переработка нефти основана на физических процессах. Вначале из сырой нефти извлекают растворенные газы, удаляют воду и минеральные вещества (песок, глину, минеральные соли и др.). Затем нефть подвергают фракционной перегонке. Процесс протекает в ректификационной колонне.

Фракционная дистилляция (ректификация) – это процесс разделения смеси на компоненты, из которых она состоит.

Из-за близкой температуры кипения многих углеводородов, входящих в состав нефти, во время дистилляции получаются не чистые вещества, а фракции, кипящие при определенной температуре.

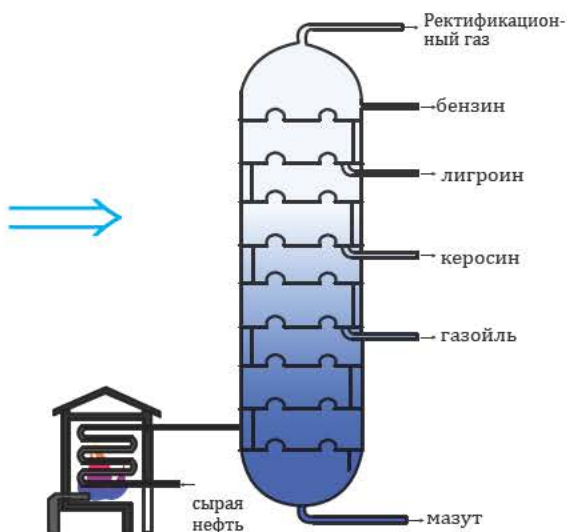
Нефть, нагретая в трубчатой печи до температуры $350\text{--}400^{\circ}\text{C}$, поступает в ректификационную колонну. Внутри колонны имеются горизонтальные перегородки (тарелки) с множеством отверстий.

В ректификационной колонне происходит непрерывный процесс испарения и конденсации жидких компонентов нефти. На верхних тарелках собирается фракция с низкой температурой кипения, а на нижних – с высокой. При первичной переработке нефти получают следующие фракции:



Вспомним

Способ разделения смеси путём дистилляции основан на различии в температурах кипения компонентов, входящих в эту смесь.



Газовая фракция – ректификационный газ с температурой кипения до 40°C, в состав которого входят углеводороды CH_4 – C_4H_{10} . Раньше эти газы сжигали факельным способом.

В настоящее время эти газы используются в качестве топлива и химического сырья.

Бензиновая фракция (температура кипения 40 – 200°C), в состав которой входят углеводороды C_5H_{12} – $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$. При повторной дистилляции этой фракции отделяются нефтепродукты с небольшим интервалом температуры кипения: *петролейный эфир* (40 – 70°C), *авиационные и автомобильные бензины* (70 – 120°C).

Лигроиновая фракция (температура кипения 150 – 250°C), в состав которой входят углеводороды C_8H_{18} – $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$. Эта фракция используется в качестве топлива для тракторов, грузовых автомобилей и тепловозов.

Керосиновая фракция (температура кипения 180 – 300°C), в состав которой входят углеводороды $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ – $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$. Эта фракция используется в качестве топлива для реактивных самолётов и ракет.

Газойль (температура кипения 270 – 350°C) используется в качестве дизельного топлива. После выхода вышеуказанных фракций остается вязкая жидкость чёрного цвета – *мазут*.

Мазут используется в качестве топлива в котельных. Его основную часть заново перегоняют в вакууме (под низким давлением). Из мазута получают *соляровые масла* (а из них – дизельное топливо и смазочные масла), *вазелин* (основа косметических и лекарственных препаратов), *парафин* (используют в производстве свечей).

После дистилляции мазута остается твердый остаток, который называется *гудроном*. Гудрон широко применяется в дорожном строительстве при асфальтировании дорог. При прямой перегонке нефти выход бензина составляет не более 20%.



Знаете ли вы?

В 2010 году произошла авария в Мексиканском заливе и около 800 миллионов литров сырой нефти вытекло в воду. При этой аварии образовались пять нефтяных пятен, длина одного из них была 16 км, ширина 90 км, а проникновение в глубину составляло около 1300 метров.



а



б

Пожар (а) и нефтяное пятно (б) во время аварии в Мексиканском заливе

При добыче и при переработке нефти происходит загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами.

Загрязнение нефтью, особенно природных водных бассейнов, чревато тяжёлыми последствиями. Основными источниками загрязнения водных бассейнов является добыча нефти, транспортировка нефти (например, при аварии танкеров), отходы нефтеперерабатывающих заводов. Попавшая в воду нефть, разливаясь, образует на ее поверхности тонкую плёнку, которая препятствует газообмену, и в итоге приводит к вымиранию организмов, живущих в воде. Тяжелые фракции нефти, собираясь на дне водных бассейнов, оказывают губительное действие на флору и фауну. При сжигании бензина и других видов топлива, наряду с углекислым газом, образуются угарный газ и оксиды азота. Во многих странах для уменьшения количества и предотвращения вредного действия этих газов используют конвертор с платиновым катализатором. В результате, часть несгоревших углеводородов каталитически окисляются, угарный газ превращается в углекислый газ, оксиды азота распадаются на молекулярный азот и кислород.



Проверьте изученное

- 1 Перечислите последовательность фракций, полученных при ректификации нефти, с возрастанием их температур кипения.
- 2 а) Нельзя оставлять в закрытом месте (в гараже) автомобиль с включённым двигателем. В этом случае надо постоянно проветривать воздух в гараже.
б) На обочинах автомобильных дорог нельзя собирать и использовать ягоды, травы и грибы, а также нельзя пасти крупный рогатый скот.
в) Если на дорогу пролиты нефтепродукты (бензин, моторное масло и т.д.), то поверхность асфальта постепенно разрушается. Объясните причины.
- 3 Какой максимальный объём в м³ бензиновой фракции получится при ректификации 10 м³ нефти?
- 4 Составьте схему, согласно последовательности Мазут → Продукты вакуумной дистилляции → Области применения фракций.
- 5 Завершите таблицу.

Нефтепродукты	Область применения

- 6 Использование водорода в автомобилях в качестве топлива является экологически более выгодным, чем использование бензина. Объясните причину.



Домашнее задание

Подготовьте презентацию на тему: «Загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами и меры борьбы с ним».

Тема 5.3. Повторная переработка нефтепродуктов



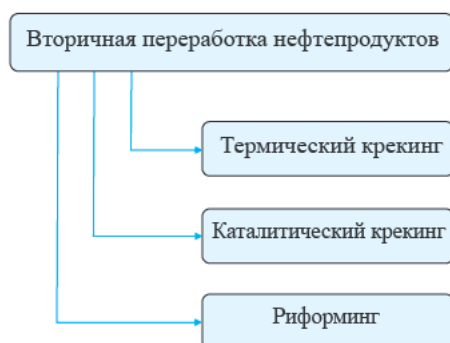
Число автомобилей растёт с каждым годом. В настоящее время количество их в мире больше одного миллиарда. Бензин, полученный при первичной переработке нефти, не может удовлетворить спрос на топливо.

Как можно увеличить количество бензина и других видов топливных продуктов?

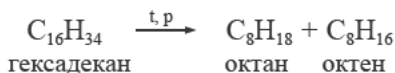
Если разлагать углеводороды с большой молекулярной массой, то можно получить углеводороды с меньшей массой, соответствующие бензиновой фракции. В конце XIX века был предложен новый метод, основанный на получении бензина путём химической переработки фракций нефти с высокой температурой кипения.

Основой этого метода является разложение углеводородов с большой молекулярной массой на молекулы с малой массой, которые соответствуют бензиновой фракции. Этот процесс называется *крекингом* (*cracking* по-английски означает – разложение). Крекинг является процессом *вторичной переработки* тяжёлых нефтепродуктов (мазут, керосин, лигроин).

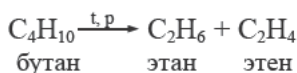
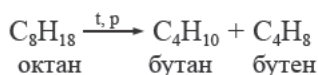
При вторичной переработке нефти происходят следующие процессы:



Термический крекинг. Этот процесс проводится под давлением 2-7 МПа и при температуре 470 – 550°C. В процессе термического крекинга происходит разложение углеродных цепей и образование более простых предельных и непредельных углеводородов.



Образованные вещества могут разлагаться и далее:



Бензин, полученный термическим крекингом, содержит много алкенов, в связи с этим он обладает большой детонационной стойкостью. Однако при хранении такого бензина алкены подвергаются окислению и полимеризации. При сгорании такого бензина на стенах цилиндра сгорания, клапанах и на других движущихся частях автомобилей появляются засорения. Для устранения этого недостатка к бензину в процессе термического крекинга добавляют антиокислители.

Если термический крекинг проводят при ещё более высокой температуре, то получаются низкомолекулярные углеводороды (этилен, ацетилен) и ароматические углеводороды (бензол, толуол). Этот вид крекинга называется пиролизом. *Разложение органических веществ при высокой температуре (700-1000°C) без доступа воздуха называется пиролизом.*

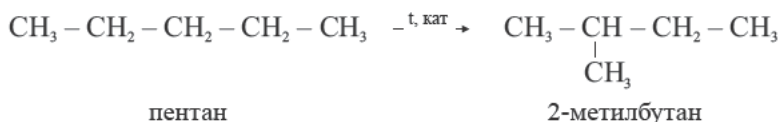
Каталитический крекинг. Этот процесс протекает при участии катализаторов и при сравнительно низкой температуре (450 - 500°) с разложением углеводородов. При сравнении с термическим крекингом каталитический крекинг обладает рядом преимуществ:

- Процесс протекает с большей скоростью;
- В результате изомеризации образуются углеводороды с разветвлённой цепью и содержат малое количество алкенов;
- Получение большого количества газообразных продуктов, которые используются как сырьё в органическом синтезе;
- Получение бензина с высоким октановым числом и с длительным сроком хранения.

Основные продукты крекинга показаны в следующей таблице:

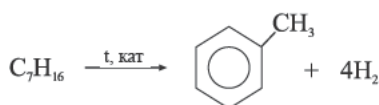
Продукт	Состав фракции
Крекинг-газ	80% - углеводородов C ₃ -C ₅ (из них 40 %- изостроения)
Крекинг-бензин	Изоалкены –25%, изоалканы - 55%, ароматические углеводороды - 20-30 %.
Дизельное топливо (легкий газойль)	Ароматические углеводороды - 40-80%.
Широкая фракция (тяжелый газойль)	Конденсированные углеводороды - 40-60%.

При каталитическом крекинге происходит не только расщепление углеводородов, но и их изомеризация:



Риформинг является одним из важных процессов при переработке нефтепродуктов. В процессе риформинга образуются ароматические углеводороды, в результате этого повышается октановое число бензина. В качестве катализатора используется платина. При процессе риформинга происходят следующие процессы:

1. Дегидроциклизация алканов.

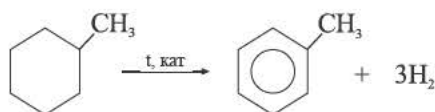




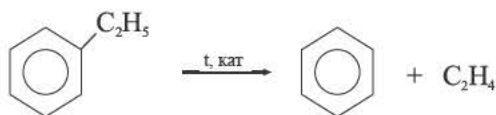
Иззет Мирзаага гызы Оруджева (1909–1983)

Азербайджанский химик, академик, является автором важных работ по производству и улучшению качества смазочных масел. Одна из первых киноактрис Азербайджана, является исполнительницей главных ролей художественных фильмах в «Севиль» и «Алмаз».

2. Дегидрирование циклоалканов:



3. Деалкилирование ароматических углеводородов:



В развитие нефтехимической промышленности внесли неоценимый вклад труды таких химиков Азербайджана, как академики Ю.Г.Мамедалиев, А.М. Кулиев, В.С.Алиев, С.Д.Мехтиев, М.Ф.Нагиев, И.М.Оруджева и другие.



Проверьте изученное

- 1 Что называется пиролизом? Какие в основном продукты получаются при пиролизе?
- 2 С какой целью проводят вторичную (повторную) переработку нефтепродуктов?
- 3 Какие преимущества выявляются при использовании катализатора при крекинге?
- 4 Завершите схему.

Процессы вторичной переработки нефти	Основные продукты процесса

- 5 Составьте обобщающую схему реакций, протекающих в процессе риформинга.
- 6 Какие вещества получают термическим крекингом нефтепродуктов при разложении н-пентана? Обоснуйте свои мысли, составляя уравнения протекающих реакций.



Домашнее задание

Подготовьте презентацию на тему: «Роль Азербайджанских учёных в развитии нефтехимической промышленности».

Тема 5.4. Качество и применение нефтепродуктов

Качество бензина определяется его *детонационной стойкостью* (*detoner* по-французски означает – взрыв). Что бы понять явление детонации, надо вспомнить, как работает автомобильный двигатель внутреннего сгорания.

В цилиндр двигателя засасывается смесь паров бензина с воздухом, смесь сжимается поршнем и поджигается посредством электрической искры. Образующиеся при сгорании углеводородов газы расширяются и приводят поршень в движение. Степень сжатия объёма является важной характеристикой работы двигателя автомобиля. Чем сильнее сжимается смесь паров бензина с воздухом, тем большую мощность развивает двигатель и тем относительно меньше он расходует горючего. Однако не все сорта бензина выдерживают одинаковое сжатие. Некоторые углеводороды при сжатии воспламеняются преждевременно и сгорают с большой скоростью, со взрывом. От удара взрывной волны о поршень появляется резкий стук в цилиндре, происходит сильный износ деталей, мощность двигателя падает. Это взрывное сгорание бензина носит название детонации.

Качество топлива, в первую очередь, зависит от строения молекул углеводородов, входящих в состав бензина. Самой наименьшей стойкостью к детонации обладают неразветвлённые предельные углеводороды. Предельные разветвленные углеводороды, а также непредельные и ароматические углеводороды обладают высокой детонационной стойкостью.

Октановое число численно характеризует детонационную стойкость. Чем больше октановое число, тем больше детонационная стойкость. Октановое число *n*-гептана, чрезвычайно легко подвергающегося детонации, условно принято за нуль, а октановое число изооктана (2,2,4-триметилпентана), обладающего высокой детонационной стойкостью – за 100.

Соединение	Детонационная стойкость
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	0
$ \begin{array}{ccccccc} & & \text{CH}_3 & & & & \\ & & & & & & \\ \text{CH}_3 & & \text{C} & & \text{CH}_2 & & \text{CH} & & \text{CH}_3 \\ & & & & & & & & \\ & & \text{CH}_3 & & & & \text{CH}_3 & & \end{array} $	100

Октановое число бензина - 95 означает, что детонационная стойкость бензина равна стойкости смеси состоящей из 95% изооктана и 5 % *n*-гептана. Из-за большого количества неразветвленных углеводородов в бензине, полученном фракционной дистилляцией, значение октанового числа у них небольшое (50-60). Октановое число углеводородов уменьшается в следующем порядке:

Углеводороды ряда бензола → Изоалканы → Циклоалканы →
→ Алкены → Нормальные алканы

Для получения высококачественной бензиновой фракции были разработаны химические процессы переработки нефтепродуктов.

В настоящее время применяются экологические стандарты, регулирующие количество вредных веществ в выхлопных газах транспортных средств. Согласно стандарту Euro – 6,



Знаете ли вы?

Для улучшения качества бензина долгое время использовали тетраэтилсвинец – $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Pb}$. Это вещество ядовитое.

применяемому с 2015 года, у автомобиля с бензиновым двигателем, проехавшего 1 км пути, состав выхлопных газов не должен превышать количество 1 г СО, 0,1 г углеводородов, а оксидов азота должно быть не больше 0,06 г.



Проверьте изученное

- 1 Чем характеризуется качество бензина?
- 2 Расположите углеводороды в порядке возрастания их октанового числа.
 1. толуол
 2. *n*-гептан
 3. метилциклогексанA) 2, 3, 1 B) 2, 1, 3 C) 1, 3, 2 D) 1, 2, 3 E) 3, 2, 1
- 3 Какой бензин качественнее, полученный при первичной переработке нефти или полученный при вторичной переработки нефтепродуктов? Обоснуйте свои мысли.
- 4 Во время процесса риформинга этилциклобутан подвергается реакциям изомеризации и дегидрирования, и в результате этого получается бензол. Составьте уравнения соответствующих реакций.
- 5 Что такое стандарты Евго – 6? Используя интернет-ресурсы, найдите и выясните, какой стандарт применяется в нашей стране.
- 6 Автомобиль движется по маршруту Баку – Газах со средней скоростью 80 км/час. За 6 часов езды в его выхлопных газах было обнаружено СО массой 500 г. Как вы думаете, соответствует ли это стандарту Евго – 6?

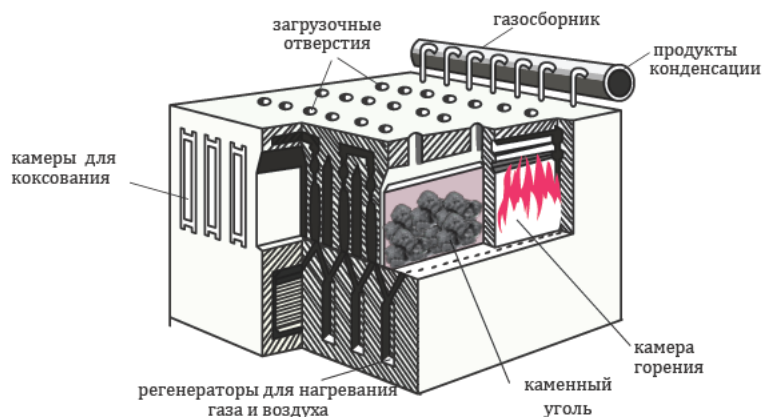
Тема 5.5. Каменный уголь и его переработка

Каменный уголь – твёрдое топливо органического происхождения. В природе запасов каменного угля больше, чем запасов нефти. Основным процессом получения углеводородов из каменного угля является процесс коксования каменного угля. В это время производят пиролиз каменного угля при температуре 1000 – 1200°C. При коксовании каменного угля получают некоторые продукты.



Основной составной частью кокса является углерод (более 96%). Коксование каменного угля осуществляется в коксовых печах. Коксовая печь – это металлическая камера, внутренние стены которой выстроены из огнеупорного материала. В печь загружают 20 тонн каменного угля и в течение 14-15 часов нагревают камеру. Из 1 тонны угля получают 750-800 кг кокса.

Во время коксования происходят процессы первичных и вторичных превращений. Во время первичных превращений получается смесь газов. Затем образуются пары каменноугольный смолы и кокс.



При вторичных превращениях протекают следующие процессы:

- крекинг алканов;
- полимеризация алкенов;
- дегидрирование циклоалканов;
- конденсация ароматических углеводов (получение фенола, нафталина и др.).

После отделения полученного кокса образовавшиеся летучие компоненты (коксовый газ) охлаждаются. В процессе конденсации образуется каменноугольная смола. При этом процессе конденсируются ряд веществ: аммиак, бензол и его гомологи, водород, оксиды углерода, метан, этилен и другие.

При пропускании газовой смеси через раствор серной кислоты аммиак поглощается. Полученный в результате реакции сульфат аммония используется в качестве удобрения. Затем от каменноугольной смолы отделяется бензол.

В состав коксового газа входит водород, метан, оксиды углерода и разные газообразные углеводороды. Коксовый газ применяется как топливо и как сырьё в химической промышленности.

Одним из способов переработки каменного угля является его гидрирование. В процессе гидрирования каменного угля органические вещества, находящиеся в составе топлива, превращаются в жидкие продукты. Этот процесс протекает в присутствии катализатора, при повышенной температуре и давлении.

Смесь углеводородов, полученных во время процесса, используют в качестве моторного топлива.



Вспомним

Кокс используется при получении фосфора, кремния, карбида кальция, в производстве чугуна.



Проверьте изученное

- 1 Что вы понимаете, когда говорят под коксованием каменного угля?
- 2 Какие продукты в основном получают при коксовании каменного угля?
- 3 Где в основном применяется кокс, полученный в процессе коксования?
- 4 Как можно получить моторное топливо из каменного угля? Обоснуйте свои мысли.
- 5 Охарактеризуйте этапы первичных и вторичных превращений в процессе коксования.
- 6 Какие органические вещества можно получить из коксового газа, зная, что в его состав входят H_2 , CH_4 , CO , C_2H_4 ? Обоснуйте свой ответ, написав уравнения соответствующих реакций.

ТЕРМИНЫ И ХИМИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ

А	
Алкилгалогенид	продукт замещения атома водорода атомом галогена в молекуле алкана
Алкилирование	введение алкильного радикала в бензольное кольцо
Алкил радикал	частица, полученная отщеплением одного атома водорода в молекуле алкана ($C_nH_{2n+1}-$)
Арен	циклические углеводороды с общей формулой C_nH_{2n-6}
Арил радикал	частица, образованная при отщеплении одного атома водорода от бензольного кольца
Ацетилен	первый представитель алкинов (C_2H_2)
Б	
Бензол	первый представитель ароматических углеводородов
Бензойная кислота	первый представитель ароматических кислот (C_6H_5COOH)
Бензольное ядро (бензольное кольцо)	цикл, состоящий из шести атомов углерода и общей π -системы
Болотный газ	смесь газов, состоящая в основном из метана, образованная в результате разложения остатков растительных и животных организмов
Бромная вода	раствор брома в воде, используется как реактив для определения непредельных углеводородов
Бутадиен – стирольный каучук	продукт сополимеризации дивинила и винилбензола
В	
Винильный радикал	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от молекулы этилена ($CH_2=CH_2$)
Вицинальный дигалогеналкан	дигалогенопроизводное алкана, в котором атомы галогена находятся при соседних атомах углерода
Вторичный атом углерода	атом углерода, соединенный с двумя атомами углерода
Вторичный бутиловый радикал	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от вторичного атома углерода молекулы н-бутана
Вулканизация	реакция каучука с серой
Г	
Геометрическая изомерия	положение заместителей по отношению к плоскости π -связи
Гибридизация	образование орбиталей с одинаковой формой и энергией из орбиталей различной комбинации
Гидратация	присоединение молекулы воды к веществу

Гидрирование	присоединение водорода к органическим веществам
Горение	реакции полного окисления, которые протекают с выделением света и тепла
Графическая формула	показывает состав молекулы при помощи химических знаков и связей
Гудрон	твёрдый остаток после вакуумной дистилляции мазута
Д	
Дегидрирование	отщепление водорода от молекул органических соединений
Дегидрогалогенирование	отщепление атомов водорода и галогена от молекул органических соединений
Дивинил	историческое название бутадиена-1,3
И	
Изобутил-радикал	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от первичного атома углерода молекулы изобутана
Изолированные алкадиены	атомы углерода при двойной связи разделены двумя и более одинарными связями
Изомеризация	реакции, при которых не меняется количественный и качественный состав, однако происходит изменение структуры вещества
Изопрен	историческое название 2-метилбутадиена -1,3
Изопропил-радикал	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от вторичного атома углерода в молекуле пропана
К	
Карбоанион	органическая частица, в составе которой находится отрицательно заряженный атом углерода
Карбокатион	органическая частица, в составе которой находится положительно заряженный атом углерода
Каучук	продукт полимеризации алкадиенов
Качественная реакция	реакция определения вещества
Конъюгированные алкадиены	атомы углерода при двойной связи разделены одной одинарной связью
Кумол	историческое название изопропилбензола
Кумулированные алкадиены	у алкадиенов этого типа две двойные связи находятся у одного атома углерода
М	
Мазут	тяжёлая фракция, полученная при первичной дистилляции нефти
Межклассовая изомерия	изомерия между веществами, относящимся к разным классам
Метан	первый представитель алканов (CH_4)

Мета-положение	в бензольном кольце заместители находятся в 1,3-положении
Метиленовая группа	$-\text{CH}_2-$ группа
Метиловый радикал	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от молекулы метана (CH_3-)
Мономер	низкомолекулярные вещества, из которых синтезируют полимеры
Н	
Неразветвленное строение	строение, состоящее из последовательно соединенных атомов углерода
Нуклеофильная частица	отрицательно заряженная частица (например, Br^-)
О	
Олефины	историческое название алкенов
Орто-положение	в бензольном кольце заместители находятся в 1,2-положении
П	
Пара-положение	в бензольном кольце заместители находятся в 1,4-положении
Первичный атом углерода	один атом углерода соединен с одним атомом углерода
Перманганат калия	водный раствор KMnO_4 , является реактивом при определении непредельных углеводородов
Полиэтилен	продукт реакции полимеризации этилена
Пропиловый (н-пропил) радикал	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от первичного атома углерода в молекуле пропана
Р	
Радикал	частица, имеющая на последнем электронном слое один неспаренный электрон
Разветвленное строение	строение, состоящее из главной цепи и присоединенных к ней радикалов
Разложение	процесс разложения одного сложного вещества на несколько новых веществ
Реакция Вюрца	получение алканов при реакции алкилгалогенидов с активными металлами (Na , K)
Реакция Коновалова	реакция алканов с азотной кислотой
Реакция Кучерова	реакция гидратации алкинов
Резина	эластичный материал, полученный при реакции каучука с серой
Ректификационная колонна	устройство для дистилляции нефти

С	
Сигма-связь	связь, образованная перекрыванием электронных орбиталей вдоль прямой, соединяющей центры атомов
Сополимеризация	реакция полимеризации, протекающая при участии двух разных мономеров
Стирол	ароматическое соединение, состоящее из фенильного и винильного радикалов (C_8H_8)
Т	
Тетраздрическое строение	пространственное строение алканов
Толуол	историческое название метилбензола
Транс-изомер	изомер, в котором одинаковые заместители находятся по разные стороны плоскости π -связи
Третичный атом углерода	атом углерода, связанный с тремя атомами углерода
Третичный бутиловый радикал	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от третичного атома углерода в молекуле изобутана
Тривиальное название	историческое название органических соединений
У	
Угловое напряжение (напряжение Байера)	отклонения валентных углов в молекулах циклоалканов
Ф	
Фреон	смесь галогенопроизводных, в основном метана и этана (например, CF_3Cl)
Ц	
Цепная реакция	цепь последовательных реакций, когда каждая реакция является причиной последующей реакции
Цис-изомер	изомер, в котором одинаковые заместители находятся по одну сторону плоскости π -связи
Ч	
Четвертичный атом углерода	атом углерода, соединенный с четырьмя атомами углерода
Э	
Эбонит	твердый, неэластичный материал, получаемый вулканизацией каучука
Электрофильная частица	положительно заряженная частица (например, H^+)
Этиленгликоль	первый представитель двухатомных спиртов

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abbasov M., Abbasov V., Abışov N., Əliyev V. Ümumtəhsil məktəblərinin 7-ci sinfi üçün Kimya fənni üzrə dərslik. Bakı, «Aspoliqraf», 2016, 96 səh.
2. Əliyeva R., Abbasov V., Məhərrəmov A., Abbasov M., Hacıyeva S., Abışov N., Əliyev V., Əliyev A. Kimya. Ümumtəhsil məktəblərinin 8-ci sinfi üçün dərslik. Bakı, «Aspoliqraf», 2015, 200 səh.
3. Lətifov İ., Mustafa Ş. Kimya. Ümumtəhsil məktəblərinin 9-cu sinfi üçün dərslik. Bakı, «Bakı» nəşriyyatı, 2016, 204 səh.
4. Məhərrəmov A.M., Məhərrəmov M.N. Üzvi kimya. Bakı, 2006, 538 səh.
5. Еремин В.В., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В., Дроздов А.А., Теренин В.И. Химия. 10 класс. Профильный уровень: учеб. для общеобразоват. учреждений. 2-е изд., М.: Дрофа, 2012, 463 с.
6. Рудзитис Г.Е., Фельдман Ф.Г. Неорганическая химия. Органическая химия. 9 класс учеб. для общеобразоват. учреждений. 13-е изд. М.: Просвещение, 2009, 191 с.
7. Травень В.Ф. Органическая химия. М.: «Академкнига», т.1, 2004, 727 с.
8. Earl B., Wilford L.D.R. GCSE Chemistry. Second edition. Hodder Education an Hachette UK Company, 2001, 298 p.

Buraxılış məlumatı

KİMYA 10

*Ümumtəhsil məktəblərinin 10-cu sinfi üçün
Kimya fənni üzrə*

DƏRSLİK

(Rus dilində)

Tərtibçi heyət:

Müəlliflər:	Sahil Zahid oğlu Həmidov Fətəli Elmar oğlu Hüseynov Elşad Tofiq oğlu Abdullayev
Tərcümə edən	Rimma Hüseynova
Elmi redaktor	Xəmməd Əsəd oğlu Əsədov
İxtisas redaktorları:	Eldar İsa oğlu Əhmədov Əhməd Səmid oğlu Mirzəliyev Arif Bayraməli oğlu Bədəlov
Buraxılışa məsul Baş redaktor	Sevil İsmayılova Ülkər Məmmədova
Üz qabığının dizaynı Dizayner və səhifələyici	Zaur Abbasov Ayaz Abdulzadə
Texniki redaktor	Fəridə Səmədova
Redaktor	Nərgiz Qasımzadə
Korrektor	Sevda Aşurbəyova
Texniki direktor	Xəqani Fərzəliyev
Nəşriyyat direktoru	Eldar Əliyev

*Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyinin qrif nömrəsi:
2017-142*

© **Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi – 2018**

Müəlliflik hüquqları qorunur. Xüsusi icazə olmadan bu nəşri və yaxud onun hər hansı hissəsini yenidən çap etdirmək, surətini çıxarmaq, elektron informasiya vasitələri ilə yaymaq qanuna ziddir.

Hesab-nəşriyyat həcmi. Fiziki çap vərəqi 12,5. Formatı 70x100 1/16.
Səhifə sayı 200. Ofset kağızı. Jurnal qarnituru. Ofset çapı.
Tiraj 1050. Pulsuz. Bakı – 2018.

“Şərq-Qərb” ASC
AZ1123, Bakı, Aşıq Ələsgər küç., 17.

Pulsuz

Əziz məktəbli !

**Bu dərslik sənə Azərbaycan dövləti tərəfindən
bir dərs ilində istifadə üçün verilir.**

**O, dərs ili müddətində nəzərdə tutulmuş bilikləri
qazanmaq üçün sənə etibarlı dost və yardımçı olacaq.**

**İnanırıq ki, sən də bu dərsliyə məhəbbətlə yanaşacaq,
onu zədələnmələrdən qoruyacaq, təmiz və səliqəli
saxlayacaqsan ki, növbəti dərs ilində digər məktəbli
yoldaşın ondan sən kimi rahat istifadə edə bilsin.**

Sənə təhsildə uğurlar arzulayırıq!