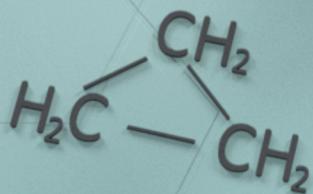
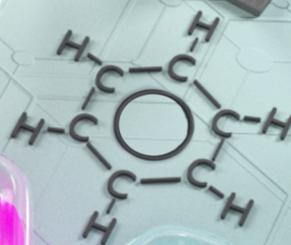


# ХИМИЯ 10

УЧЕБНИК



АТФ



**ГЕЙДАР АЛИЕВ**  
**ОБЩЕНАЦИОНАЛЬНЫЙ ЛИДЕР**  
**АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО НАРОДА**

ƏNİKƏ  
LAYİKƏ

LAYIHO

САХИЛЬ ГАМИДОВ  
ФАТАЛИ ГУСЕЙНОВ  
ЭЛЬШАД АБДУЛЛАЕВ

## УЧЕБНИК

по предмету

# ХИМИЯ

для **10**-х классов общеобразовательных заведений

© Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi



**Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0  
International (CC BY-NC-SA 4.0)**

Bu nəşr Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0  
International lisenziyası (CC BY-NC-SA 4.0) ilə [www.trims.edu.az](http://www.trims.edu.az)  
saytında yerləşdirilmişdir. Bu nəşrdən istifadə edərkən  
lisenziyanın şərtləri qəbul edilmiş sayılır:

İstinad zamanı nəşrin müəllif(lər)inin adı göstərilməlidir. 

Nəşrdən kommersiya məqsədilə istifadə qadağandır. 

Törmə nəşrlər orijinal nəşrin lisenziya şərtləri ilə yayılmalıdır. 

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



ŞƏRQ-QƏRB

ƏLİYEV

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
---------------	---

## I РАЗДЕЛ

### Алканы

Гомологический ряд алканов и их графические формулы.....	12
Пространственное строение молекул алканов.....	17
Изомерия алканов.....	22
Номенклатура алканов.....	30
Нахождение в природе и получение алканов.....	36
Физические свойства алканов и реакции горения.....	42
Химические свойства алканов.....	46
<b>Практическая работа</b>	
Определение качественного состава углеводородов.....	52

## II РАЗДЕЛ

### Алкены

Гомологический ряд алкенов и их графические формулы.....	54
Пространственное строение молекул алкенов.....	57
Номенклатура алкенов.....	62
Изомерия алкенов.....	68
Получение алкенов и физические свойства алкенов.....	74
Химические свойства алкенов.....	79

## III РАЗДЕЛ

### Алкадиены

Гомологический ряд алкадиенов и их графические формулы.....	88
Номенклатура и изомерия алкадиенов.....	92
Получение алкенов и физические свойства алкадиенов.....	97
Химические свойства алкенов.....	101

## IV РАЗДЕЛ

### Алкины

Гомологический ряд алкинов и их графические формулы.....	110
Номенклатура и изомерия алкинов.....	114
Получение алкенов и физические свойства алкинов.....	119
Химические свойства алкинов.....	123

**V  
РАЗДЕЛ**

**Циклические углеводороды**

Гомологический ряд циклоалканов, графические формулы и пространственное строение их молекул.....	130
Номенклатура и изомерия циклоалканов.....	134
Получение и физические свойства циклоалканов.....	139
Химические свойства циклоалканов.....	143

**VI  
РАЗДЕЛ**

**Ароматические углеводороды**

Ароматические углеводороды. Пространственное строение молекулы бензола.....	149
Номенклатура и изомерия гомологов бензола.....	153
Получение и физические свойства углеводородов ряда бензола.....	158
Химические свойства углеводородов ряда бензола.....	163
Стирол.....	169

**VII  
РАЗДЕЛ**

**Природные источники углеводородов**

Общие сведения о природных источниках углеводородов.....	173
Нефть и ее первичная переработка.....	176
Повторная переработка нефтепродуктов.....	181
Качество и применение нефтепродуктов.....	185
Каменный уголь и его переработка.....	188

Ответы некоторых заданий.....	190
Термины и химические понятия.....	196

ЛАУКІНЭ

## Условные знаки

### Деятельность

Показана информация, создающая практическую возможность для познавательной деятельности и приобретения усвоенных знаний в форме умений и навыков.

### Пример

Показана задача, относящаяся к теме, и ее решение.

### Проверь себя

Задача, соответствующая задаче, решаемой в блоке примера и дан его ответ.

### Обсудите

Учащиеся обсуждают тему.

### Вспомним

Отмечаются важные моменты из тем, преподаваемых в предыдущие годы.

### Знаете ли вы?

Приводятся интересные факты по теме.



### Проверьте изученное

Даны задания для определения уровня приобретаемых навыков.



### Домашнее задание

Закрепление темы



Вы можете посмотреть видео и анимацию, связанные с темой, обратившись к **QR-кодам** в учебнике.

LAUJINƏ

## ВВЕДЕНИЕ

Органическая химия изучает состав, строение, свойства и применение органических веществ. Общей особенностью для всех органических веществ является наличие в составе углеродного атома. В составе органических соединений, кроме атома углерода, входят атомы водорода, кислорода, азота, галогенов, фосфора и др.

В настоящее время известно более 20 миллионов органических соединений. Причиной этого является то, что углеродные атомы между собой и с другими атомами образуют устойчивую химическую связь.

Нет резкой грани между неорганическими и органическими веществами. Некоторые соединения углерода, например, монооксид углерода, диоксид углерода, угольная кислота и её соли относятся к неорганическим веществам, учитывая их свойства. По составу самыми простейшими органическими соединениями являются углеводороды. В их состав входят только атомы углерода и водорода. Остальных органических соединений можно рассматривать как производные углеводородов.

Органических соединений подразделяют на две группы: природного происхождения (нефть, природный газ, целлюлоза, крахмал и др.) и синтетические.

К органическим соединениям природного происхождения относятся также вещества, образованные в живых организмах. Как пример можно показать нуклеиновых кислот, белков, жиров, углеводов, ферментов, витаминов, гормонов и т.д.

Основная часть большинства лекарственных препаратов является органические вещества.

Большинства синтетических и органических соединений получают при переработке нефти, природного газа, угля и древесины.

Достижениями органической химии используются при производстве строительных материалов, в сельском хозяйстве, в медицине, в электротехнике, в промышленности полупроводников и др.

Нельзя представить современную жизнь без синтетического топлива, синтетических моющих средств, полимеров, пластических масс и красящих веществ.

Но надо учитывать то, что некоторые органические вещества, оставаясь долгое время в природной среде создают экологические проблемы.

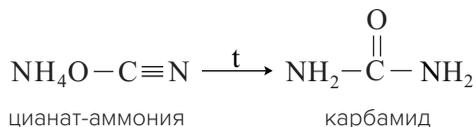
Органические соединения известны людям с давних времён. В древние времена люди использовали растительные экстракты при лечении болезней натуральные краски для окрашивания тканей. Были известны способы получения мыла из жиров, спиртных напитков, уксуса.

Период до XVIII века называется алхимией. Алхимики искали «философского камня», который должен был превратить любого металла в золото и лечить всех болезней. В этот период были изготовлены большинство лабораторных оборудований, усовершенствованы методы очистки органических веществ и расширены области практического применения химии.

Органическая химия как отдельная наука была сформирована в начале XIX века. В то время учёные систематически изучали органических веществ полученных их живых организмов.

Раньше так считалось, что органические вещества могут образоваться только в живых организмах под влиянием «жизненной силы» (виталистическая теория). Долгое время химики не могли получать органических веществ из неорганических.

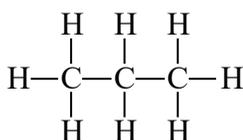
Впервые немецкий учёный Ф.Вёлер получил из неорганического вещества (цианат аммония) органическое вещество (карбамид).



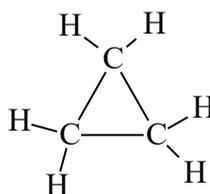
Далее А. Колбе, М. Бертелло, А. Бутлеров синтезировали органических веществ из неорганических. Начиная с начала XIX века были проведены многочисленные исследования, получены в чистом виде и изучены в большом количестве органические вещества, входящие в состав человеческого организма, растений и питательных продуктов. Не было обнаружено никакого отношения между строением и свойствами этих веществ, несмотря на их большое количество. Но было известно, что состав большинства органических веществ входят углерод, водород, кислород и в некоторых соединениях имеется ещё азот и другие элементы.

В середине XIX века А.М.Бутлеров выдвинул теорию химического строения органических соединений. Ознакомимся с некоторыми основными положениями этой теории.

1. Атомы в молекулах органических веществ соединены в определённой последовательности согласно их валентностям. В органических веществах углерод IV, водород I, кислород II валентны. Порядок соединения атомов в молекуле называют химическим строением вещества. В органических веществах в большинстве случаев углеродные атомы соединя друг с другом образуют цепь (углеродный скелет). Углеродная цепочка может быть открытой и закрытой (цикл). Состав органических веществ изображается структурной формулой.



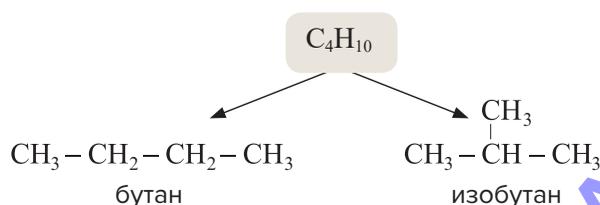
Открытого строения



Циклического строения

2. Свойства веществ зависят не только от их качественного и количественного состава, но и от химического строения молекул.

Существуют вещества имеющие одинаковый химический состав, но разное химическое строение и поэтому различающиеся друг от друга свойствами. Например, можно написать две структурные формулы для соединения с составом  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .

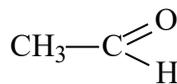


Вещества, имеющие одинаковый состав, но разное строение, называются изомерами.

3. В молекулах органических веществ атомы и группы атомов взаимно влияют друг на друга. Несмотря на то, что в составе некоторых веществ входит одинаковая группа атомов, они проявляют разные химические свойства. Например, и этиловый спирт, и уксусная кислота в составе имеют гидроксильную группу.



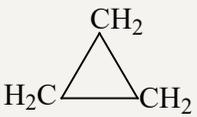
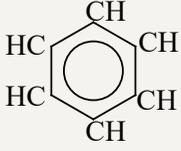
этиловый спирт



уксусная кислота

Несмотря на то, что функциональные группы одинаковые эти вещества показывают разные свойства. В то время как в водном растворе этилового спирта цвет лакмуса не меняется (нейтральная среда), в растворе уксусной воды лакмус краснеет (кислая среда). Причиной этого является взаимное влияние атомов в молекуле.

**Классификация органических веществ.** Органические вещества классифицируются по нескольким особенностям. При классификации органических веществ, первым делом учитывается особенности углеродной цепи молекулы. По строению углеродной цепи различают соединения с открытой цепью (алифатические) и закрытой цепью (циклический). По составу самыми простейшими органическими соединениями являются углеводороды. Алифатические углеводороды делятся на предельные и непредельные углеводороды, а циклические - на алициклические и ароматические углеводороды. В предельных углеводородах имеется только одинарные С – С связи, а в непредельных углеводородах также двойные С=C и тройные связи (таблица 1)

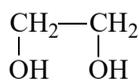
углеводороды	Название класса и общая формула	Пример
алифатические углеводороды	Алканы (предельные углеводороды) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	$\text{CH}_3\text{—CH}_3$ этан
	Алкены (непредельные углеводороды) $\text{C}_n\text{H}_{2n}$	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ этен
	Алкины (непредельные углеводороды) $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$	$\text{CH}\equiv\text{CH}$ этин
	Алкадиены (непредельные углеводороды) $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ бутадиен-1,3
циклические углеводороды	Алициклические углеводороды $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ (циклоалканы)	 циклопропан
	Ароматические углеводороды $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ (арены)	 бензол

Существует множество органических соединений, в которых к углеродному атому кроме атома водорода соединены ещё другие атомы или группа атомов. Такие соединения называются органическими соединениями с функциональной группой.

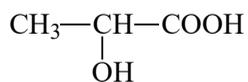
Функциональная группа – атом или группа атомов, которая определяет характерные химические свойства вещества и его принадлежность к определённому классу соединений. В нижеследующей таблице даны органические соединения с функциональной группой.

Функциональная группа	Название класса	Пример
F, Cl, Br, I галогены	Галогенопроизводные	$\text{CH}_3\text{-Cl}$ хлорметан
-OH Гидроксильная группа	Спирты Фенолы	$\text{CH}_3\text{-OH}$ метанол $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ фенол
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C} \\   \\ \text{H} \end{array}$ Альдегидная группа	альдегиды	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H-C} \\   \\ \text{H} \end{array}$ формальдегид
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C} \\   \\ \text{OH} \end{array}$ Карбоксильная группа	Карбоновые кислоты	$\text{CH}_3\text{-C} \begin{array}{l} \parallel \\ \text{O} \\   \\ \text{OH} \end{array}$ уксусная кислота
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C} \\   \\ \text{O-} \end{array}$ Сложная эфирная группа	Mürəkkəb efirlər	$\text{CH}_3\text{-C} \begin{array}{l} \parallel \\ \text{O} \\   \\ \text{O-CH}_3 \end{array}$ метилацетат
-NH <sub>2</sub> аминогруппа	Амины	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ Этиламин $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ анилин
-NO <sub>2</sub> нитрогруппа	нитросоединения	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ нитробензол

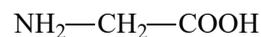
В некоторых органических веществах может быть более одного одинаковых или разных функциональных групп.



этиленгликоль



молочная кислота



глицин



I  
раздел

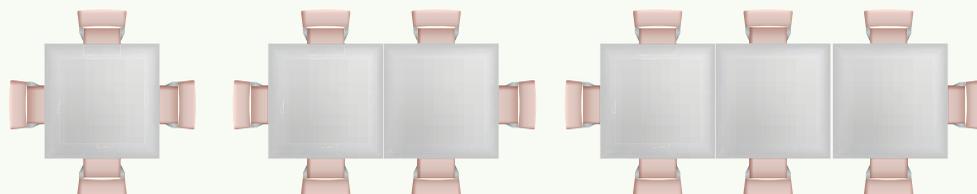
Алканы

САУКІНӘ

## 1

## Строение и гомологический ряд алканов

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?*

*Почему, когда в молекуле метана к одному атому углерода соединены 4 атома водорода, в молекуле этана к двум атомам углерода соединены не 8, а 6 атомов водорода?*

Согласно Международной номенклатуре, углеводороды с открытой цепью (ациклические или алифатические), называются алканами. Первый представитель алканов метан ( $\text{CH}_4$ ).

## Электронная и графическая формулы алканов

Ознакомимся с образованием молекулы метана.

## Деятельность 1

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 образовать ковалентную связь только с двумя атомами водорода, и формула этого соединения  $\text{CH}_2$ .



*Существует ли вещество с формулой  $\text{CH}_2$ ? Объясните причину.*

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

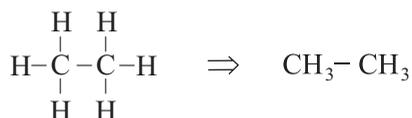


В отличие от метана, в молекулах других алканов кроме С-Н связи образуется ещё  $\sigma$ -связь между атомами углерода за счёт общей электронной пары (С-С связь). Например, в молекуле этана атомы углерода между собой соединяются  $\sigma$ -связью. Потом, учитывая четырёхвалентность углерода к каждому атому углерода соединяется соответствующее число атомов водорода. К каждому атому углерода присоединяется 3 атома водорода.

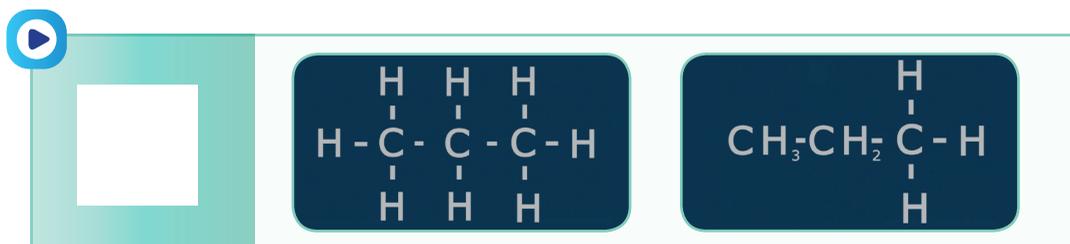
АЛКАН	ЭЛЕКТРОННАЯ ФОРМУЛА	ГРАФИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА
$C_2H_6$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \cdot \quad \cdot \\ \text{H} : \text{C} : \text{C} : \text{H} \\ \cdot \quad \cdot \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

Так как в молекуле этана электронная плотность, которая образует связь между атомами углерода, равномерно притягивается с обоими углеродами, не происходит её смещение и в результате ковалентная связь становится неполярной.

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

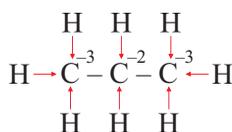


Таким же образом можно составить графическую формулу пропана.



В молекулах углеводородов степень окисления каждого атома углерода равна отрицательному заряду числа атомов водорода при этом углероде.

Причина этого в том, что атомы углерода получают один электрон с атомов водорода, присоединенных к ним.



### Гомологический ряд алканов

После метана, этана, пропана можно составить графические формулы и других алканов.

В таблице даны графические формулы некоторых представителей алканов.

ФОРМУЛЫ АЛКАНОВ		НАЗВАНИЕ АЛКАНОВ
$\text{CH}_4$	$\text{CH}_4$	Метан
$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$	Этан
$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Пропан
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Бутан
$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Пентан
$\text{C}_6\text{H}_{14}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Гексан
$\text{C}_7\text{H}_{18}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Гептан
$\text{C}_8\text{H}_{20}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Октан
$\text{C}_9\text{H}_{22}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Нонан
$\text{C}_{10}\text{H}_{24}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Декан

При сравнении формулы алканов видно, что они отличаются друг от друга группой  $-\text{CH}_2-$  (метиленовая группа). Группа  $-\text{CH}_2-$  называется гомологической разностью. Вещества, принадлежащие к одному классу и отличающиеся друг от друга на одну или несколько группой называется гомологами (по-гречески "homologos" означает схожий). Метан ( $\text{CH}_4$ ), этан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), пропан ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), бутан ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), пентан ( $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ) и др. являются гомологами друг друга. Гомологи, расположенные в порядке возрастания их молекулярных масс, образуют гомологический ряд.

Зная энергии связей  $\text{C}-\text{C}$  и  $\text{C}-\text{H}$  можно вычислить энергию связи каждого алкана.

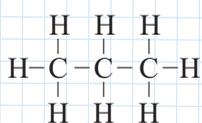
### Пример

#### ЗАДАЧА 1

Энергия связи  $\text{C}-\text{H}$  равна 414 кДж/моль. Учитывая, что энергия связи  $\text{C}-\text{C}$  равна 348 кДж/моль, вычислите энергию связи 1 моль пропана.

#### РЕШЕНИЕ:

Сначала пишем графическую формулу пропана.



Как видно в молекуле пропана имеется 2 связи  $\text{C}-\text{C}$  и 8 связей  $\text{C}-\text{H}$ . Поэтому чтобы вычислить общую энергию соответствующих связей, число связи умножаем на её энергию и суммируем.

$$(2 \cdot 348) + (8 \cdot 414) = 696 + 3312 = 4008 \text{ кДж/моль.}$$

### Проверь себя

#### ЗАДАЧА 2

Вычислите энергию связи (кДж/моль) алкана, имеющий 12 атомов водорода.

**ОТВЕТ** 6360 кДж/моль

#### ЗАДАЧА 3

Определите формулу алкана с энергией связи равной 5180 кДж/моль.

**ОТВЕТ**  $\text{C}_4\text{H}_{10}$

 Проверьте изученное

1. Определите в какой последовательности увеличивается число атомов водорода в молекулах пентана (1), этана (2) и бутана (3).

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

- число  $\sigma$ -связей
- число полярных ковалентных связей
- 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    E) 4,8

6.

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.

**Связи в молекулах веществ**

- Только полярная ковалентная связь
- Только неполярная ковалентная связь
- Полярная и неполярная ковалентные связи

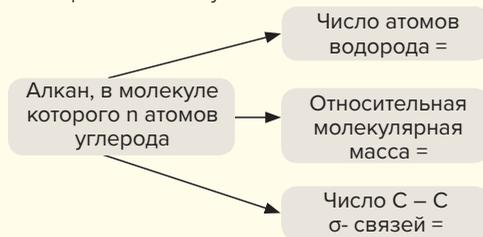
**Вещества**

- a. пропан    b. диоксид серы  
c. азот      d. пероксид водорода    e. метан

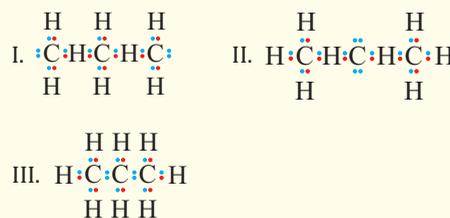
9.  $C-C-C-C$ ,  $C-C-C$  и  $C-C-C-C-C$

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  $\sigma$ -связей, находящихся в различных молекулах алканов. Предложите формулу, по которой можно вычислить число  $\sigma$ -связей в молекуле алкана, содержащей  $n$  атомов углерода.



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

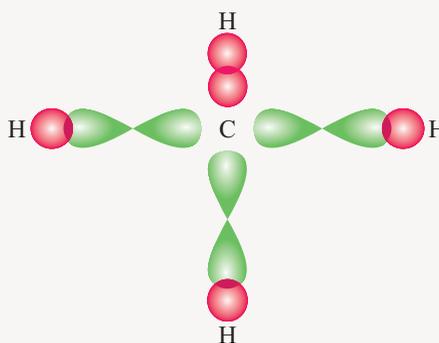
# Пространственное строение молекул алканов

Хотя длина связи С – С в алканах равна 0,154 нм, длина между первым и третьим атомами углерода в молекуле пропана не 0,308 нм, а 0,250 нм.

**?** Как это можно объяснить?

## Деятельность 1

Как мы знаем из предыдущей темы, при образовании молекулы метана электронная формула атома углерода имеет вид  $...2s^12p^3$ . Если одна  $s$  и три  $p$  орбитали атома углерода участвуют в образовании связей, между атомами углерода и водорода схематически можно изобразить таким образом:



Практически доказано, что в молекуле метана валентные углы, энергия и длина связей между атомами углерода и водорода одинаковы.

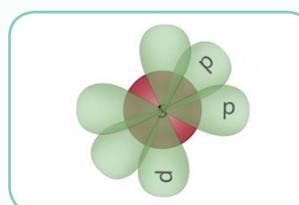
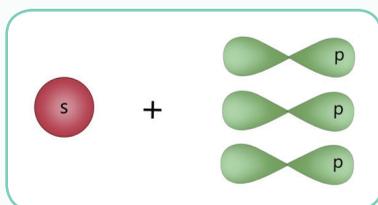
**?** Будут ли они обладать одинаковыми параметрами, если связи образуются как указано в схеме?

Как объясните пространственное строение молекулы метана вспоминая сведения о гибридизации?

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.

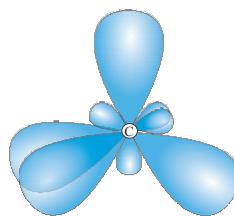
### Вспомним

Процесс образования новых орбиталей с одинаковыми формой и энергией из комбинации орбиталей различной формы называется гибридизацией.



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.

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



Форма  $sp^3$ -гибридных орбиталей в пространстве

### Вспомним

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

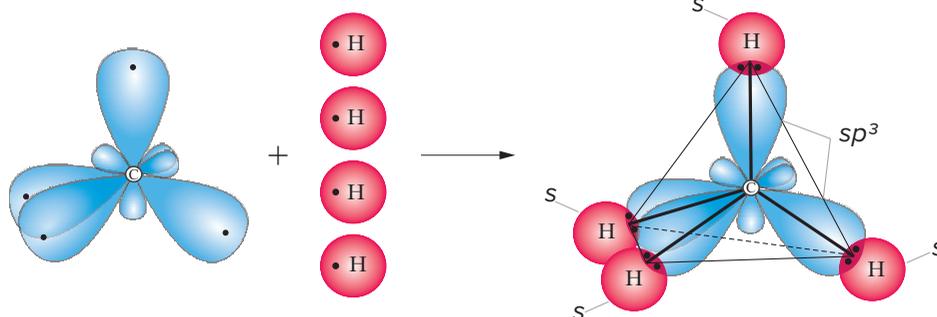
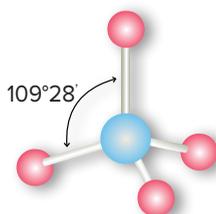
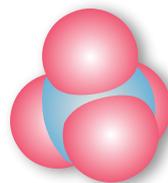


Схема образования  $\sigma$ -связей в молекуле метана

Ниже даны шаростержневая и шаровая модели молекулы метана.



Шаростержневая модель молекулы метана

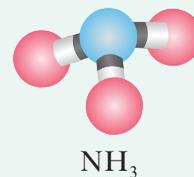
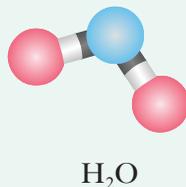
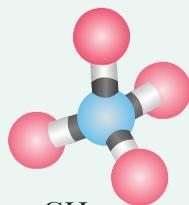


Шаровая модель молекулы метана

### Обсудите



Что общего и отличительного в пространственном строении молекулы метана и в строении молекул воды и аммиака?



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).

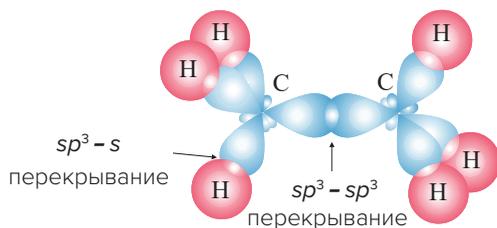
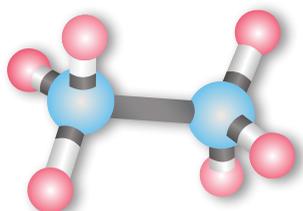
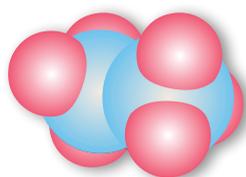


Схема образования  $\sigma$ -связей в молекуле этана

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

## Деятельность 2

Используя стержней и шаров (или пластилина и спичек) смоделируйте строение молекулы пропана. Определите на основе этой модели:

- число всех связей;
- число связей, образованные перекрыванием  $sp^3$  орбиталей;
- число связей, образованные перекрыванием  $sp^3$  и  $s$  орбиталей;
- число ковалентно-полярных связей;
- число ковалентно-неполярных связей.

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 зигзагообразную форму.

АЛКАН	ПРОПАН	БУТАН	ПЕНТАН
Пространственное строение			
Графическая формула	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH}_3 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_2 \quad \text{CH}_3 \end{array}$

## Пример

## ЗАДАЧА 1

Сколько протонов имеется в молекуле алкана имеющего в молекуле 3 связи C – C? ( ${}_6\text{C}$ ,  ${}_1\text{H}$ )

## РЕШЕНИЕ:

В алканах число связей C – C на 1 единицу меньше числа атомов углерода. Если в молекуле имеется 3 связи C – C, то тогда в молекуле есть 4 атома углерода  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .

Число протонов вычисляется таким образом:  $4 \cdot 6 + 10 \cdot 1 = 34$

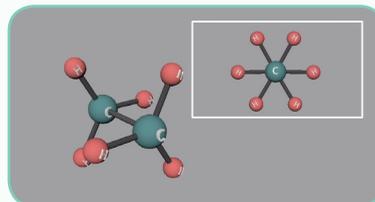
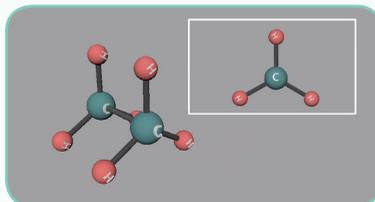
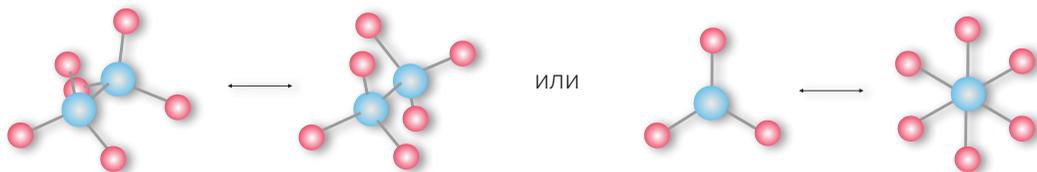
## Проверь себя

## ЗАДАЧА 2

Сколько гибридных орбиталей имеется в молекуле алкана с числом атомов углерода  $n$ .

ОТВЕТ  $4n$ 

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



## Проверьте изученное

- В каком гибридном состоянии находится атом углерода в молекуле метана?
- Чему равны валентный угол и длина C–C связи в молекуле этана?
- Какая молекула алкана содержит 12 гибридных орбиталей?
- Для алкана с относительной молекулярной массой 86 следует вычислить:
  - число C – H связей
  - число протонов
  - число  $sp^3$  гибридных орбиталей

5.

Связи в молекуле пропана

Число связей, образованных перекрыванием  $sp^3-s$  орбиталей:Число связей, образованных перекрыванием  $sp^3-sp^3$  орбиталей:

6.

Относительная молекулярная масса алкана  $14n-12$ 

число атомов углерода

число атомов водорода

7. Определите соответствие.

Алкан, в молекуле которого содержится  $n$  атомов углерода:

1. Число  $\sigma$ - 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.  $2n-1$

8. Сколько связей образует алкан, в молекуле которого содержится 8 гибридных орбиталей, за счет перекрывания  $sp^3-s$  орбиталей?

9. Как вы можете объяснить тетраэдрическое строение метана?

10. По каким схемам перекрываются орбитали и образуют связи, соответствующие молекуле этана?



A) 1, 4

B) 2, 5

C) 3, 4

D) 1, 2

E) 2, 3

## 3

## Изомерия алканов и алкильные радикалы

В отличие от алканов формулами  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  и  $\text{C}_3\text{H}_8$  начиная с  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  существует несколько алканов, имеющих одинаковую формулу.

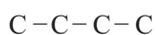
Молекулярная формула	Количество алканов	Молекулярная формула	Количество алканов
$\text{CH}_4$	1	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	9
$\text{C}_2\text{H}_6$	1	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	18
$\text{C}_3\text{H}_8$	1	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	35
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	2	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	75
$\text{C}_5\text{H}_{12}$	3	$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	4347
$\text{C}_6\text{H}_{14}$	5	$\text{C}_{20}\text{H}_{42}$	366319



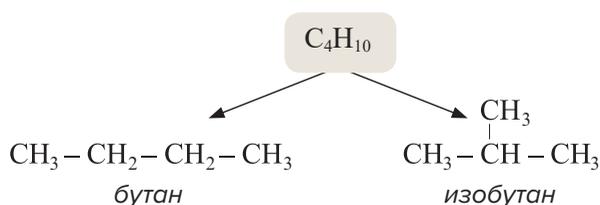
В чём причина этого различия?

Как вы предложите строение алканов с составом  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  и  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ ?

Формулам  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  и  $\text{C}_3\text{H}_8$  соответствует только одно вещество. А в алкане имеющий в составе 4 атома углерода атомы углерода могут находиться и в неразветвленном, и в разветвленном виде.



Существует два вещества с формулой  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .



Бутан и изобутан разные вещества, которые отличаются по свойствам. Бутан - алкан *неразветлённого*, а изобутан - алкан *разветвлённого строения*. Эти вещества по составу одинаковые, но отличаются по строению.

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

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  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . Бутан и изобутан изомерные вещества.

 Проверь себя

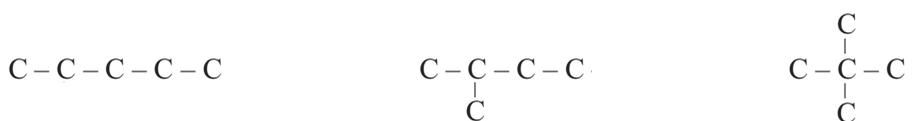
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
1	2	3	4
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
5	6	7	



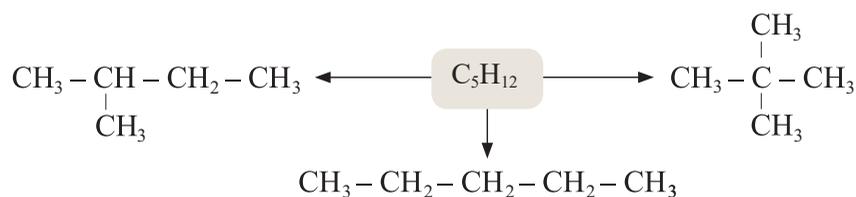
Сколько разных веществ дано?

Какими схожими и отличительными особенностями обладают эти вещества одного и того же ряда?

С увеличением числа атомов углерода увеличивается число структурных изомеров. Например, в алкане с 5 атомами углерода в молекуле, атомы углерода могут присоединяться следующим образом:



Поэтому существует 3 алкана с формулой  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ .


**Деятельность 1**

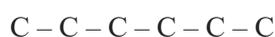
Составьте структуру алканов с составом  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  по записи структурных формул с составом  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  и  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ .



С какой последовательностью ведётся запись изомеров алканов?

Какой алгоритм можно составить для этого?

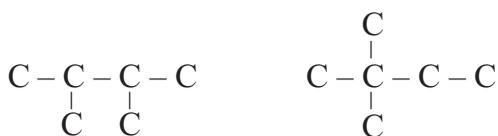
Напишем графические формулы алкана с составом  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ . Для этого с начала напишем формулу алкана неразветвлённого строения.



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



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

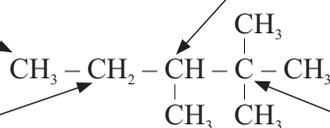


Как видно, вещество с составом  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  имеет пять изомеров.

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

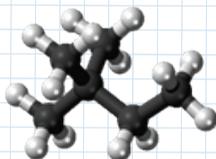


Связан с двумя атомами углерода, поэтому является вторичным атомом углерода

Связан с четырьмя атомами углерода, поэтому является четвертичным атомом углерода

### Пример

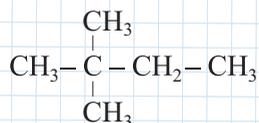
#### ЗАДАЧА 1



Определите число первичных, вторичных, третичных и четвертичных атомов углерода в молекуле.

#### ОТВЕТ

По шаростержневой модели данной молекулы напомним графическую формулу.



Как видно, в данной молекуле имеется 4 первичных, 1 вторичный, 1 четвертичный атом углерода. Нет третичного атома углерода.

### Проверь себя

#### ЗАДАЧА 2

Сколько первичных, вторичных, третичных и четвертичных атомов углерода в молекуле алкана с формулой  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ?

ОТВЕТ Первичный – 4, вторичный – 4, третичный – 2, четвертичный – 1

### Деятельность 2

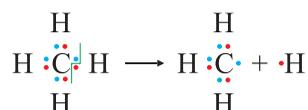
Из курса 9-го класса знаете, что частицы, имеющие один или несколько неспаренных электронов на внешнем слое, называются радикалами. При отщеплении от молекул алкана одного атома водорода получается радикал.

? *Какие радикалы образуются при отщеплении одного водорода от молекул алканов с четырьмя атомами углерода в составе?*

*Сколько радикалов существует с составом  $\text{CH}_3-$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5-$ ,  $\text{C}_3\text{H}_7-$  и  $\text{C}_4\text{H}_9-$ ?*

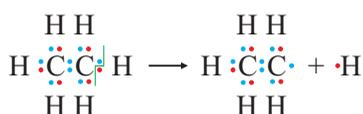
*Чем отличается друг от друга радикалы с одинаковой формулой?*

Если мысленно отнять от молекул алкана один атом водорода, то полученные частицы называются *алкильными радикалами*, и их состав можно выразить общей формулой  $C_nH_{2n+1}$ . В некоторых случаях алкильные радикалы обозначают через R-. При отнятии одного атома водорода от молекулы метана образуется  $CH_2^-$  радикал. Разрыв  $C-H$  связи сопровождается равномерным распределением электронной пары между атомами, на каждый атом приходится по одному электрону. Такой разрыв называется *гомолитическим разрывом* связи.



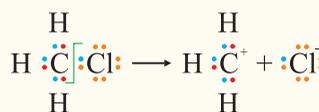
Название алкильных радикалов образуют заменой окончания «-ан» в названиях соответствующих алканов на окончание «-ил». Например,  $CH_3^-$  называют *метильным радикалом*.

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  $CH_3-CH_2^-$ ), и его называют *этильным радикалом*.

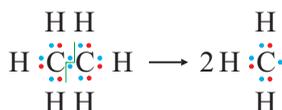


### Вспомним

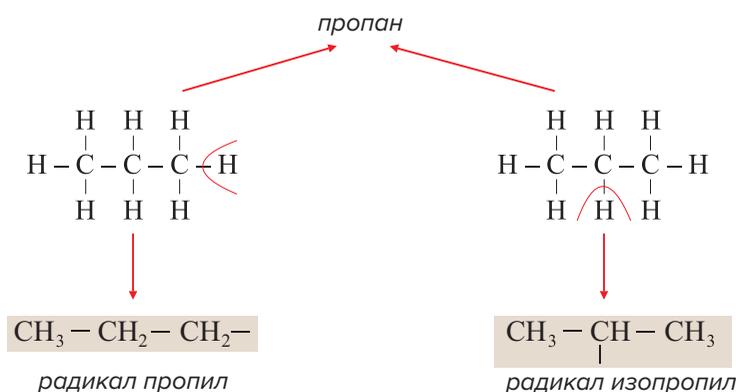
Если разрыв связи происходит таким образом, что образующая химическую связь электронная пара целиком остаётся у одного атома, то образуются ионы. Такой разрыв химической связи называется *гетеролитическим*. Например,



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

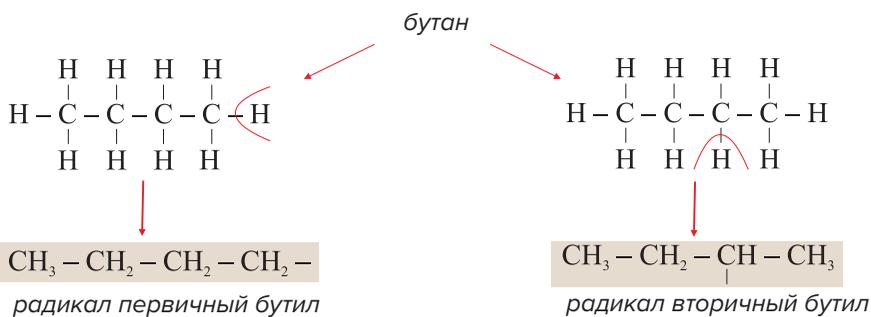


В зависимости от того, с какого атома углерода был отнят водород от молекулы пропана, образуются два разных радикала - пропил и изопропил радикалы.

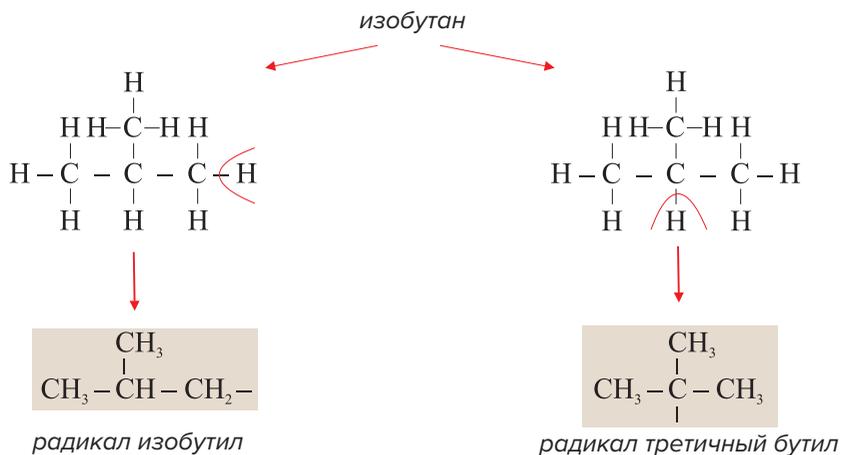


Радикалы с формулой  $C_4H_9^-$  образуются от молекул бутана и изобутана. В этих молекулах в зависимости от того, от какого атома углерода отщепляется один атом водорода, могут образоваться четыре различных радикала: *первичный бутил*, *вторичный бутил*, *третичный бутил* радикалы.

При отщеплении одного водорода от молекулы бутана можно получить 2 разных радикала.



При отщеплении одного водорода от молекулы изобутана тоже можно получить 2 разных радикала.



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



**Обсудите**

**?** Существует ли четвертичный алкил радикал? Обоснуйте свое мнение.

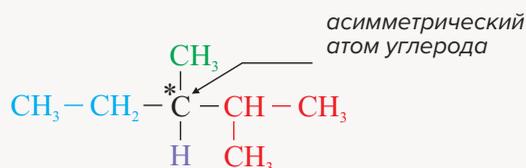
Данные алкильные радикалы можно сгруппировать, как показано ниже:

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
	$\text{CH}_3-\underset{ }{\text{CH}}-\text{CH}_3$	изопропил	вторичный
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ n-бутан	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	первичный бутил	первичный
	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{ }{\text{CH}}-\text{CH}_3$	вторичный бутил	вторичный

$\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3$   $\text{CH}_3$ изобутан	$\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 -$   $\text{CH}_3$	изобутил	первичный
	$\text{CH}_3 - \text{C} -$   $\text{CH}_3$	третичный бутил	третичный

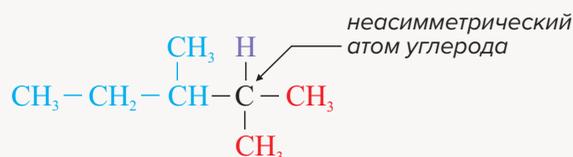
**Внимание!**

Атом углерода, к которому присоединено четыре различных атома или групп атомов, называется асимметрическим атомом углерода.



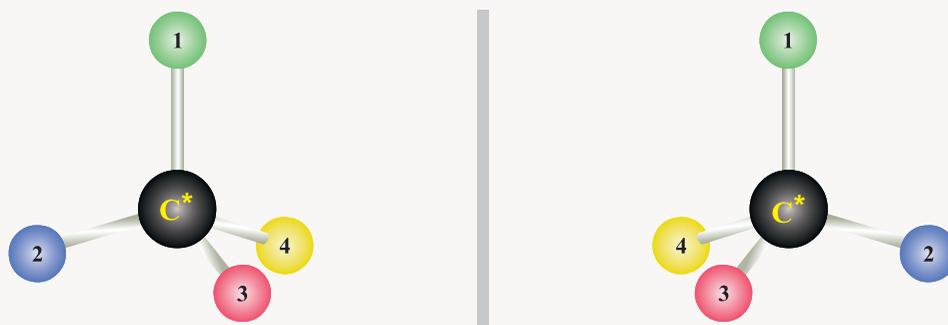
Некоторые атомы углерода, входящие в состав алканов, могут быть асимметрическими. При написании графических формул асимметрический атом углерода обозначают так –  $\text{C}^*$ .

Так как в нижеуказанном веществе к обозначенному атому углерода присоединены два метильных радикала, он не является асимметричным атомом углерода.



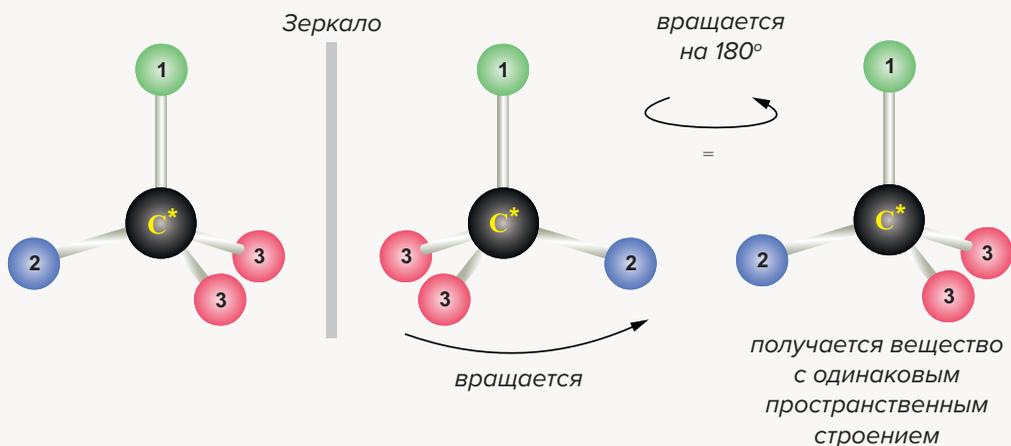
Вещества, в молекуле которых есть асимметрический атом углерода, образуют как будто два изомера, отличающиеся друг от друга по пространственному строению. Эти изомеры являются зеркальным отражением друг друга. Например:

Зеркало



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:



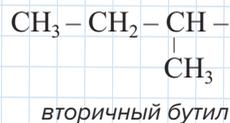
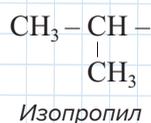
### Пример

#### ЗАДАЧА 1

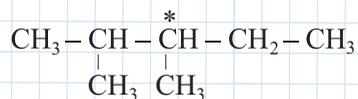
Определите число асимметричных атомов углерода в алкане, полученный при присоединении изопропилового и вторичного бутилового радикалов.

#### РЕШЕНИЕ:

Сначала напишем формулу изопропилового и вторичного бутилового радикалов.



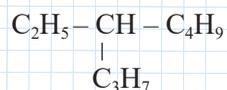
Напишем графическую формулу алкана, полученного при присоединении радикалов и считаем число асимметричных атомов углерода.



Как видно в молекуле полученного алкана 1 асимметричный атом углерода.

### Проверь себя

#### ЗАДАЧА 2

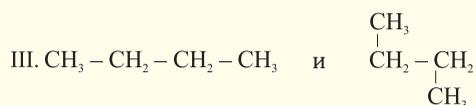
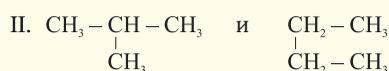
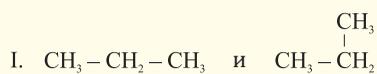


Число третичных атомов углерода в соединении максимальное. Сколько третичных атомов углерода имеется в соединении?

ОТВЕТ 3

**?** Проверьте изученное

1. Какие пары веществ являются изомерами?

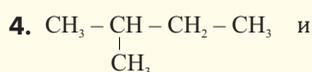


2. Выберите вторичные радикалы.

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



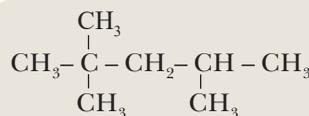
почему эти вещества являются изомерами?

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 вторичных атомов углерода = 3

Число третичных атомов углерода = 1

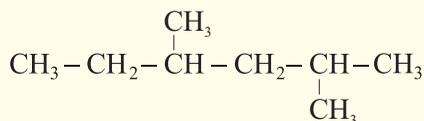
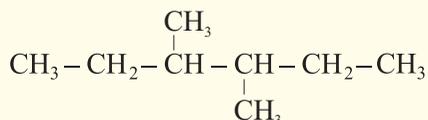
Число четвертичных атомов углерода = 2

9. Присоединением каких радикалов можно получить изогексан?

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

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

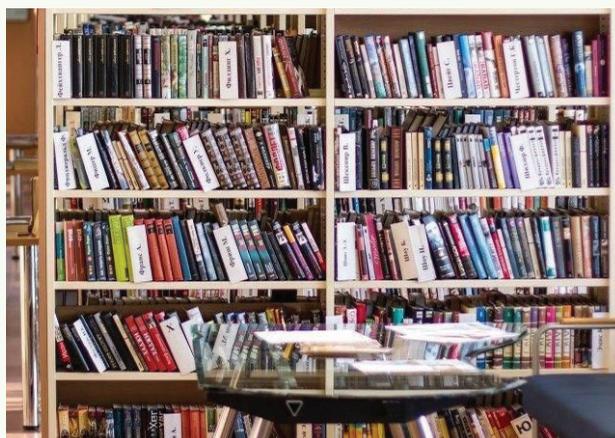
11. Сравните число асимметрических атомов углерода в молекуле алканов и обоснуйте свой ответ.



## 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. Веществам, известным до этого времени давали случайные названия. Эти названия сохранены как *историческими (тривиальными)* названиями веществ. Например, метан, этан, пропан, бутан, изобутан является историческими названиями этих веществ.

$\text{CH}_4$ метан	<i>Исторические (тривиальные) названия</i>
$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$ этан	
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ пропан	
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ бутан	
$\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$ изобутан	

Открытие и синтез новых органических веществ привело к резкому увеличению их числа. Дать исторических названий каждому из веществ создавало трудности. По этой причине возникло необходимость назвать этих веществ по определённым правилам и были предложены различные методы определения названия веществ. Применяя определённые правила этих методов, можно с лёгкостью дать названия органическим веществам.

## Рациональная номенклатура

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 этан рассматривается как производное метана, в молекуле которого один атом водорода замещён на метильный радикал.

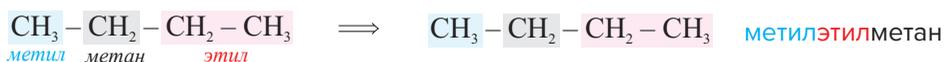


- При названии алканов, в составе которых имеется более двух атомов углерода самый разветвлённый атом углерода (с наименьшим атомом водорода) принимается как атом углерода метана. Если число радикалов в молекуле алкана больше одного используется числа *ди-* (2), *три-* (3), *тетра-* (4). Например, по этому методу пропан называется так:



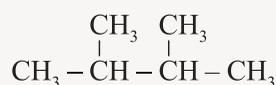
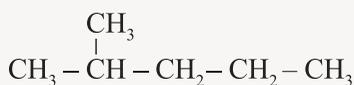
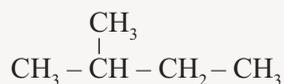
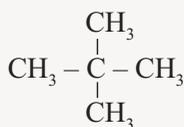
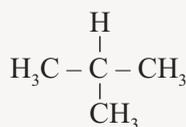
Таким образом, в соответствии с этой номенклатурой пропан является продуктом замещения в молекуле метана двух атомов водорода на метильные радикалы.

- При названии бутана 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.).

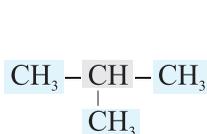


### Деятельность 1

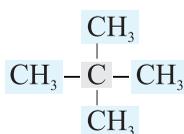
Назовите нижеследующих радикалов по рациональной номенклатуре.



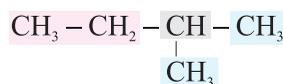
Рассмотрим названия некоторых алканов по этому методу:



триметилметан



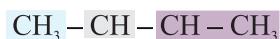
тетраметилметан



диметилэтилметан



диметилпропилметан



диметилизопропилметан

## Обсудите



В молекуле 2,3-диметилпентана имеется 2 третичных атомов углерода. Какого третичного атома углерода считают, как атом углерода метана при определении названия данного алкана по рациональной номенклатуре. Обсудите свои мысли.

По мере увеличения числа атомов углерода в молекуле алкана, названия углеводородов по рациональной номенклатуре вызывают трудности и невозможно называть большинства алканов по рациональной номенклатуре.

## Международная номенклатура

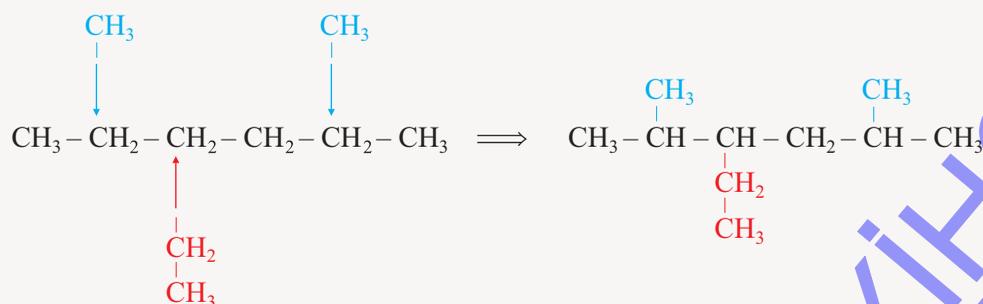
В настоящее время широко применяется наименование веществ по *Международной номенклатуре (Систематическая номенклатура)*. В этом случае первые четыре представителя алканов (метан, этан, пропан, бутан) сохраняют исторические названия. Для называния же следующих представителей используются греческие (иногда 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 *n*- (нормальный). Например:

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ <i>n</i> -пентан	Названия по международной номенклатуре
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ <i>n</i> -гексан	
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ <i>n</i> -гептан	
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ <i>n</i> -октан	
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ <i>n</i> -нонан	
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ <i>n</i> -декан	

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.

## Деятельность 2

Заменим некоторых атомов углерода в молекуле неразветвленного  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  (*n*-гексан) различными радикалами как в схеме:



Как можно назвать полученного углеводорода, используя названия исходного углеводорода и радикалов?

При наименовании алканов по Международной номенклатуре придерживаются нижеуказанной последовательности.

1. В молекуле алкана выбирают самую длинную углеродную цепь. Эта цепь называется главной цепью.
2. Главная цепь нумеруется с того конца, к которому ближе находится радикал.
3. Сначала показывают номер атома углерода, к которому присоединён радикал, читают название радикала, а затем название главной цепи.

### 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.

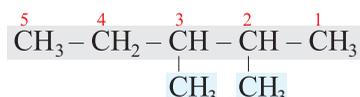


IUPAC

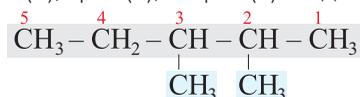
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  назовём это вещество по Международной номенклатуре.

<p>1. Выбираем главную цепочку:</p> $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ <p>Главная цепь состоит из 6 атомов углерода.</p>	<p>2. Нумеруем главную цепочку:</p> $\overset{6}{\text{CH}_3} - \overset{5}{\text{CH}_2} - \overset{4}{\text{CH}_2} - \overset{3}{\text{CH}} - \overset{2}{\text{CH}_2} - \overset{1}{\text{CH}_3}$
<p>3. Даём название алкану:</p>	
$\overset{6}{\text{CH}_3} - \overset{5}{\text{CH}_2} - \overset{4}{\text{CH}_2} - \overset{3}{\text{CH}} - \overset{2}{\text{CH}_2} - \overset{1}{\text{CH}_3}$ <p>Радикал (метильный радикал) → <math>\text{CH}_3</math> → 3-метилгексан</p> <p>Номер атома углерода, к которому присоединен радикал → 3</p> <p>Главная цепь (гексан) → 6 атомов углерода</p>	

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

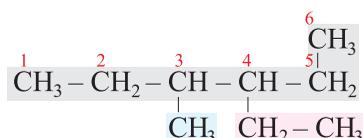


При наименовании таких алканов показывают номер каждого углерода главной цепи, с которым соединены радикалы. Одинаковые, повторяющиеся радикалы в главной цепи показывают числами ди- (2), три- (3), тетра- (4) и т.д.



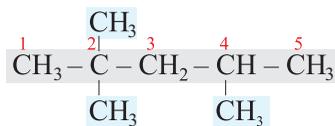
2,3-диметилпентан

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



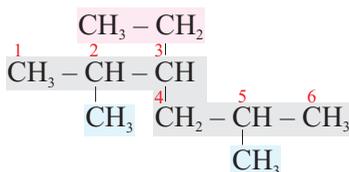
2,2,4-триметилпентан

**Обсудите**



Если в молекуле n-гексана ко второму атому углерода присоединить метилового, а к четвёртому атому углерода изопропилового радикала, то можно ли полученное вещество назвать как 2-метил 4-изопропилогексан? Обоснуйте ответ.

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



2,5-диметил-3-этилгексан

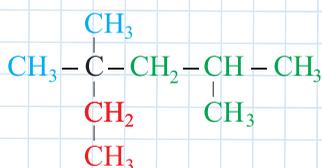
**Пример**

**ЗАДАЧА 1**

Назовите по Международной номенклатуре диметилизобутилметана.

**РЕШЕНИЕ:**

Напишем формулу алкана, полученного при замещении атомов водорода в молекуле метана с двумя метиловыми, одним этиловым и одним изобутиловым радикалом.



Назовём этого алкана по Международной номенклатуре.



**Проверь себя**

**ЗАДАЧА 2**

Назовите по рациональной номенклатуре 2,3,3-триметилпентана.

**ОТВЕТ** диметилэтилизопропилметан

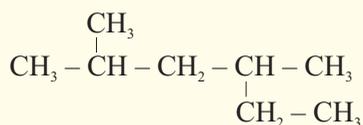
**?** Проверьте изученное

1. Определите исторические названия алканов.
- этан
  - пентан
  - 2-метилпропан
  - бутан
  - диметилметан
- А) 2, 5      В) 3, 4      С) 2, 4  
D) 3, 5      Е) 1, 4

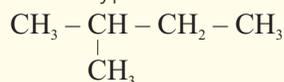
2. Расположите алканы в последовательности увеличения числа атомов углерода в их молекулах.

- метилэтилметан
- 2,2-диметилпропан
- 2-метилпентан

3. Назовите алкан по Международной номенклатуре.



4. Назовите алкан по рациональной номенклатуре.



5. Назовите по Международной номенклатуре алкан, в 0,2 молях которого содержится 12 г углерода и в молекуле имеется один третичный атом углерода.

6. Какие радикалы образуются из молекулы 2-метилбутана, если происходит разрыв связи C – C?

- метил и вторичный бутил
- этил и пропил
- изопропил и метил

7. Выделите алканы по схеме.



- триметилизопропилметан
- 2,3-диметилбутан
- 3-метил-3-этилпентан
- 2,2,4-триметилгексан

8. Напишите графическую формулу диметилэтилметана.

9. Назовите по Международной и рациональной номенклатуре углеводород, образованный изобутиловым и этиловым радикалами.

10. Назовите по рациональной номенклатуре алкан, который получают из метилэтилметана, замещая один метильный радикал изопропиловым.

## 5

## Нахождение в природе и получение алканов

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.



*Ещё какие источники метана и его гомологов есть в природе?*

*Какими способами можно получить алканы?*

## Нахождение в природе

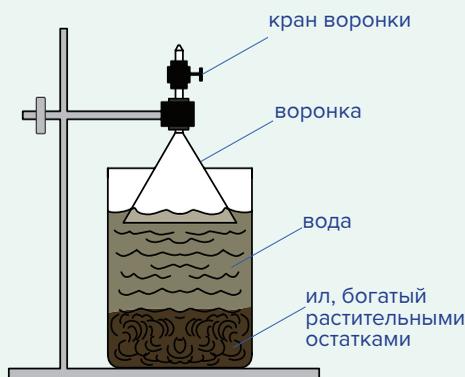
Жидкие и твердые алканы в природе встречаются в составе нефти. Газообразные алканы находятся в нефти в растворённом состоянии, а также над нефтяным слоем, образуя газовый слой над ним (*попутные нефтяные газы*). Основной составной частью природного газа является метан (80–97%). Метан является самым распространённым 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 $\text{CH}_4$ , в небольших количествах $\text{C}_2\text{H}_6$ , $\text{C}_3\text{H}_8$ и $\text{C}_4\text{H}_{10}$
Нефть	Жидкие, твёрдые, а также газообразные алканы, растворённые в нефти
Попутные нефтяные газы	В основном $\text{CH}_4$ , $\text{C}_2\text{H}_6$ , $\text{C}_3\text{H}_8$ , $\text{C}_4\text{H}_{10}$ и др.

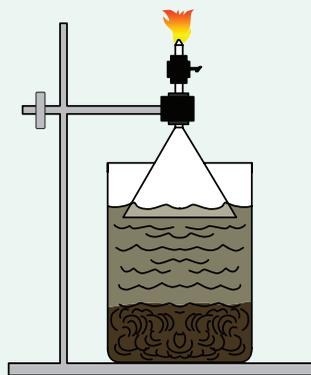


## Обсудите

Ил, богатый растительными остатками помещают в химический стакан. Добавляют немного воды. В воду помещают перевернутую воронку с краном и прикрепляют к штативу.



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?*

*Встречали ли вы такое явление в природе?*

Иногда наблюдаем выделения газовых пузырьков в болотах. Основной частью этого газа является метан. Поэтому его называют «болотным газом». В состав болотных газов в небольших количествах входят  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$ . Эти газы образуются на дне болота при разложении растительных остатков без доступа кислорода с участием анаэробных бактерий.

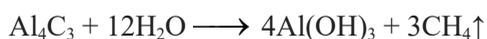


## Получение

В промышленности алканы выделяют, в основном, нефти и природного газа.

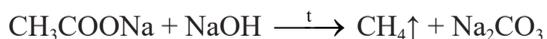
В лаборатории алканы получают следующими способами.

1. Гидролизом карбида алюминия с водой получают метан.



2. При нагревании натриевых солей карбоновых кислот с гидроксидом натрия.

При реагировании натриевой соли уксусной кислоты образуется метан.



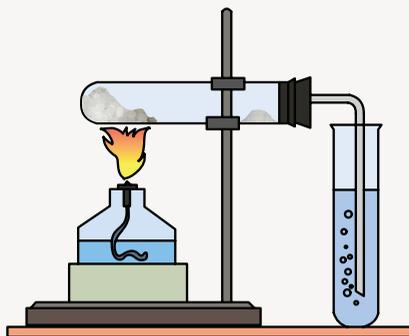
Если при реакции взять  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COONa}$  получается этан.



## Деятельность 1

**Реактивы и оборудование:** гидроксид натрия, ацетат натрия, пробка с газоотводной трубкой, пробирка штатив, спиртовая лампа, фарфоровая чашка, ступка, ложка, стакан.

**Ход работы.** Поместите в фарфоровую чашку 2 гр гидроксида натрия и столько же ацетата натрия. Эту смесь измельчая перемещайте в ступке. Поместите эту смесь в пробирку с ложкой. В пробирку наденьте пробку с газоотводной трубкой и закрепите к штативу. Осторожно нагрейте пробирку пламенем спиртовой лампы. Опустите другой конец газоотводной трубки в стакан, наполненный на половину водой.



Почему исходные вещества перемешали, измельчая?

Что наблюдается в смеси и в стакане водой при нагревании?

Как предложите написать уравнение реакции, протекающей в смеси?

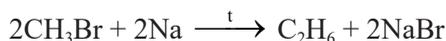


## Обсудите

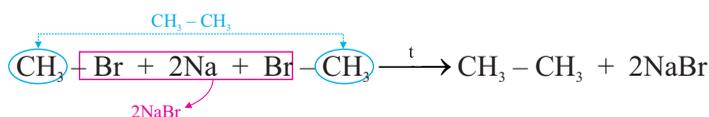


Предложите 2 разных реакции для получения пропана по этому способу. Можно ли получить метан и этан в отдельности двумя разными реакциями используя этот способ?

3. Алканы получают при взаимодействии моногалогенопроизводных алканов (алкилгалогенидов) с натрием. Впервые данная реакция была осуществлена французским химиком Щ.А.Вюрцем и называется реакцией Вюрца. Например, при реакции метилбромидом с натрием получается этан.



Эту реакцию схематически можно представить в таком виде:

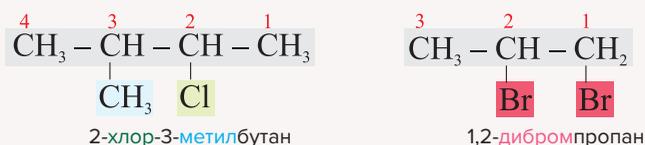


Как видно, при взаимодействии моногалогенопроизводных алканов с натрием происходит удлинение углеродной цепи и получаются алканы симметричного строения с чётным числом атомов углерода.

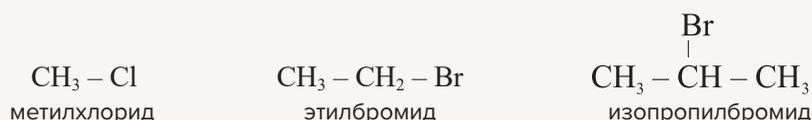
В симметричных молекулах алкана при разрыве определенной C—C связи образуются одинаковые радикалы. В симметричных алканах одна часть молекулы является зеркальным отражением другой части.

**Внимание!**

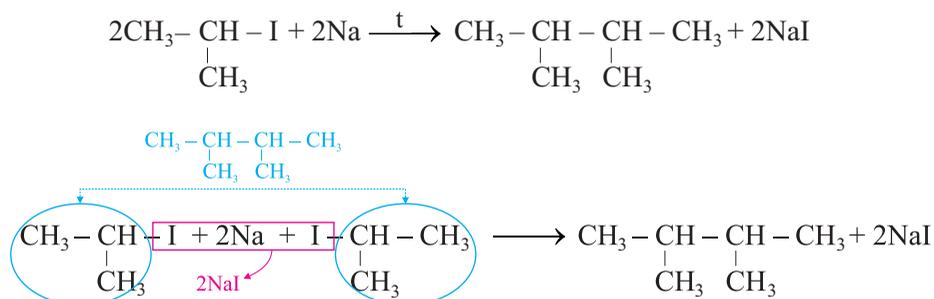
Галогенопроизводные алканов являются продуктами, полученными замещением атомов водорода в молекуле алкана на атомы галогена. В зависимости от числа атомов галогена в молекуле, галогенопроизводные бывают моно-, ди- и т.д. По Международной номенклатуре их называют по общепринятым правилам, как и алканы.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



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



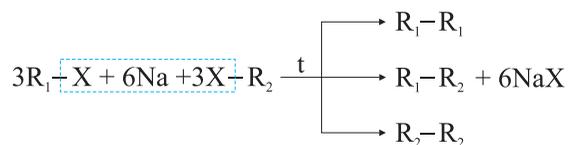
Реакция взаимодействия изопропилиодида с натрием протекает так, как показано ниже:



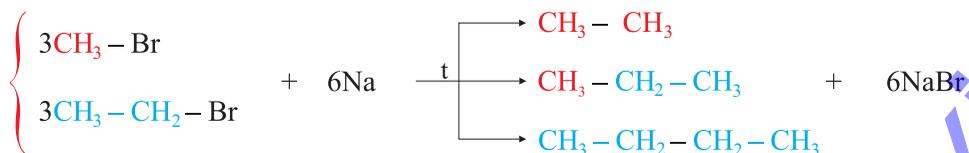
Реакцию Вюрца в общем виде можно показать нижеуказанным уравнением:



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:



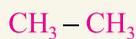
Как видно, в этом случае из полученных алканов в двух молекулах содержится чётное, а в одной молекуле – нечётное число атомов углерода.

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. Мольное отношение алканов выглядит приблизительно так 1:2:1 (25%: 50%; 25%). Это мольное 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.



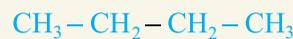
Если красные шары – метильные, а синие шары – этильные радикалы, то получатся вещества, показанные ниже:



этан  
25%



пропан  
50%



бутан  
25%

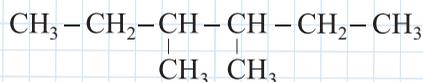
Пример

ЗАДАЧА 1

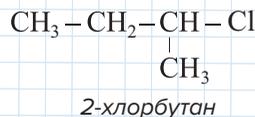
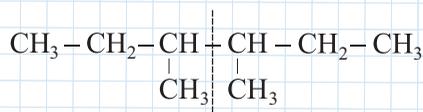
При взаимодействии какого алкилхлорида с натрием получается 3,4-диметилгексан?

РЕШЕНИЕ:

Сначала напишем формулу полученного алкана:



Как видно 3,4-диметилгексан является симметричным алканом. Поэтому для определения алкилгалогенида, которого взяли для реакции, полученного алкана мысленно нужно разделить пополам.



Проверь себя

ЗАДАЧА 2

При взаимодействии двух разных алкилбромилов с натрием образуется бутан и 2-метилбутан. Определите третьего полученного алкана.

ОТВЕТ 2,3-диметилбутан

ЗАДАЧА 3

При реагировании 0,4 моль алкилхлорида с натрием, взятое в избыточном количестве, образуется 11,6 грамм алкан. Определите алкил хлорида.

ОТВЕТ этилхлорид

**?** 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  $\text{NaOH}$ .
- Изменится ли гибридное состояние атомов углерода при получении алкана с алкилгалогенида. Объясните 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  
 Д) 1, 2    Е) 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  
 Д) 33,6    Е) 56

6.

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

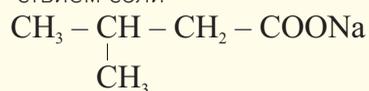
Определите n.

7. Выделите алканы по схеме.



- 2-метилбутан
- н-бутан
- 2,3-диметилбутан
- пропан
- 2-метилпропан

8. Как можно синтезировать по реакции Вюрца, алкан полученный взаимодействием соли

и  $\text{NaOH}$ ?

- Определите алкильный радикал, образованный разрывом  $\text{C} - \text{Cl}$  связи в молекуле 1-хлор-2-метилпропана.
- Напишите графические формулы алканов, полученных действием Na на смесь пропилхлорида и изопропилхлорида.
- Из смеси каких алкилхлоридов по реакции Вюрца можно получить 2,2-диметилпропан?
- Напишите соответствующее уравнение реакции. Напишите и назовите изомеры вещества, состав которого  $\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2$ .

## 6

# Физические свойства алканов и реакции горения

Иногда для освещения мы используем свечи. Свеча состоит из парафина и фитиля внутри него. При использовании свечой зажигают фитиль. В это время происходит медленное горение парафина и освещение.



*В основном какие вещества входят в состав парафина?*

*Какие вещества получаются при горении парафина?*

## Физические свойства

Алканы – это бесцветные, нерастворимые в воде вещества. Первые четыре представителя алканов при обычных условиях газы без запаха. В пунктах, не обеспеченных природным газом, как топливо используют пропан-бутановую смесь. Пропан и бутан легко сжижаются и переходят в жидкое состояние и ими наполняют специальные баллоны и перевозят в таком виде. Таким жидким топливом наполняют зажигалки.



Пропан-бутановая смесь, находящийся в газовом баллоне из-за высокого давления бывает в жидком состоянии. Когда открывают кран баллона давление снижается, жидкое топливо переходит в газообразное и распространяется вокруг через трубу газового баллона.



Неразветвлённые алканы  $C_5 - C_{15}$  – жидкости при обычных условиях, а следующие гомологи находятся в твёрдом состоянии. Они хорошо растворяются в органических растворителях (бензол, толуол, бензин и т.д.). Твёрдые алканы вещества без запаха, а жидкие алканы имеют запах, похожий на запах бензина. Алканы в твёрдом состоянии образуют молекулярную кристаллическую решётку.

Твёрдые алканов называют парафинами. Парафины используются в основном в производстве свечей и ещё в медицине. Парафинотерапия питает кожу, улучшает обмен веществ, помогает при лечении болезней суставов.



С увеличением числа атомов углерода (относительная молекулярная масса) увеличивается температура кипения и плотность.

### Обсудите



*Плотность и температура кипения у алканов неразветвлённого строения выше, чем у разветвлённых. С увеличением разветвления эти свойства становятся ещё меньше. Как вы можете объяснить причину этой закономерности?*

В таблице дано строение плотностей и температур кипения бутана и изобутана:

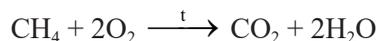
Изомер	Температура кипения, °С	Плотность, г/см <sup>3</sup>
н-Бутан	– 0,5	0,622
Изобутан	– 11,7	0,604

Как видно из таблицы температура кипения и плотность у бутана выше, чем у изобутана. Причиной этого является более тесная упаковка молекул н-бутана по сравнению с молекулами изобутана. Поэтому силы межмолекулярного притяжения между молекулами н-бутана сильнее, чем в молекулах изобутана.

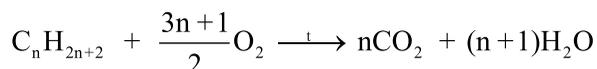
### Реакция горения

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.

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



Общее уравнение горения алканов можно выразить в нижеуказанном виде:



### Деятельность 1

Спишите таблицу в тетрадь и завершите.

Алкан	Продукты полного горения 1 моль	
	CO <sub>2</sub> , л (н.у)	H <sub>2</sub> O, г
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>		
	89,6	
		72

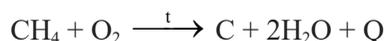
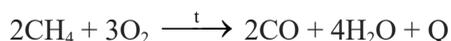
Во время использования природного газа надо соблюдать осторожность. При накоплении газа в зданиях, в заводских котельнях, в шахтах от небольшой искры метан загорается со взрывом.

### Обсудите



*Смесь метан с кислородом в объемном соотношении 1:2 очень опасна, от небольшой искры возникает сильный взрыв. Объясните причину этого. Как, по-вашему, смесь метана и воздуха при каких объёмных отношениях более опасна?*

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



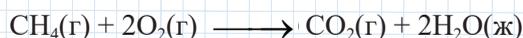
### Пример

#### ЗАДАЧА 1

Теплота образования метана, диоксида углерода и воды соответственно равны 75 кДж/моль, 393 кДж/моль и 286 кДж/моль. Вычислите тепловое эффекта реакции горения метана (кДж/моль).

#### РЕШЕНИЕ:

Напишем реакцию горения метана и расставим коэффициенты:



*Для вычисления теплового эффекта реакции по теплоте образования учитывая коэффициенты от суммы теплоты образования продуктов нужно отнять сумму теплоты образования исходных веществ.*

$$Q = (393 + 2 \cdot 286) - 75 = 890 \text{ кДж/моль}$$

Как видно, при горении 1 моль метана выделяется 890 кДж/моль.

## Проверь себя

## ЗАДАЧА 2

Количество теплоты вычисляющийся при горении 1 кг топлива называется теплотворной способностью топлива. Вычислите теплотворную способность метана.

ОТВЕТ 55625 кДж/моль.

## ЗАДАЧА 3

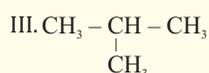
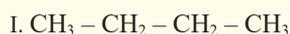
Сколько литров воздуха потребуется для полного сжигания 12 литров этана? Объёмная доля кислорода в воздухе равна 21%.

ОТВЕТ 200 литров.



## Проверьте изученное

1. Определите последовательность возрастания температуры кипения алканов.



2. Как опытным путём можно отличить метан от водорода?

3. 1 моль какого вещества занимает объём 22,4 л (при н.у.)?

Алкан	Число ковалентно-полярных связей
X	10
Y	8
Z	12

A) X и Y      B) X, Y, Z

C) Y и Z      D) X и Z

E) только Z

4. Для горения 2 литра алкана потребуется 19 литров кислорода. Вычислите объём водяного пара (в литрах) выделенной при реакции.

5. При сгорании какого объёма (л при н.у.) пропана выделится углекислый газ, масса которого на 15 грамм больше массы выделенной воды.

7. При горении 1 моль алкана получается  $n-2$  моль воды. Вычислите общее число связей в молекуле этого алкана.

8. Для полного горения смеси метана и этана объёмом 20 литров потребуется 49 литров (при н.у.) кислорода. Сколько литров этана было в исходной смеси.

9. В 0,4 м<sup>3</sup> воздуха можно сжечь 50 литров (при н.у.) метана. Вычислите объёмную долю кислорода в воздухе.

10. 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)?

11. Какое количество (моль) кислорода нужно для полного горения 0,5 моль алкана с числом атомов углерода в молекуле  $n-1$ ?

A)  $\frac{3n+1}{2}$     B)  $\frac{3n-1}{2}$     C)  $\frac{3n-2}{4}$

D)  $\frac{3n+2}{2}$     E)  $\frac{3n-3}{2}$

## 7

## Химические свойства алканов

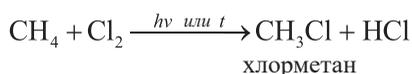


Как по вашему мнению почему алканов называют предельными углеводородами? С какими свойствами это связано?

При обычных условиях алканы химически малоактивны. Поэтому их называют парафинами. На латинском «parum affinis» означает «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

При взаимодействии фтора с алканами реакция протекает при обычных условиях со взрывом. В темноте алканы не реагируют с хлором и бромом. Под воздействием света или температуры эти реакции протекают очень быстро. При этом происходит разрыв C – H связей в молекуле алкана и замещение атомов водорода атомами галогенов. В результате реакции образуется галогенопроизводные алканов.



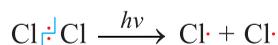
## Деятельность 1

- Составьте уравнения реакций и назовите полученных веществ
- реакция 1 моль метана с 2 моль хлором
  - реакция 1 моль метана с 3 моль хлором
  - реакция 1 моль метана с 4 моль хлором

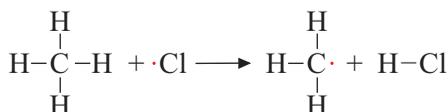


Как вы предложите схему хлорирования метана?

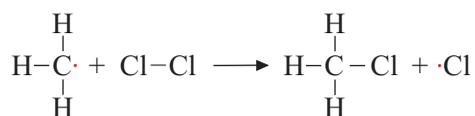
Хлорирование метана начинается с образования свободных радикалов. Сначала под воздействием света молекула хлора гомолитически разрываясь образует два атома хлора.



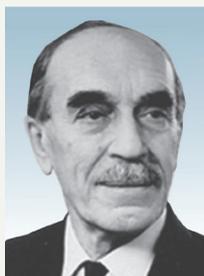
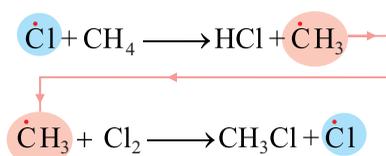
Образованные атомы хлора на внешнем энергетическом уровне имеют неспаренный электрон (свободный радикал). При взаимодействии хлора с метаном происходит гомолитический разрыв C – H связи, и в этот момент образуется молекула HCl.



Механизм этих реакций называют свободнорадикальным механизмом. Время свободного существования метильного радикала очень мала. Метильный радикал реагирует с другой молекулой хлора, происходит гомолитический разрыв Cl – Cl связи. В результате, образуется метилхлорид и снова радикал хлора.



В общем реакция состоит из цепочки реакций, которые возникают последовательно друг за другом и называются *цепными реакциями*. При цепных реакциях каждый радикал, образуя другой радикал, сам превращается в молекулярное вещество. Реакция продолжается за счет образования нового радикала.



Семёнов Николай Николаевич  
(1896–1986)

Русский ученый.

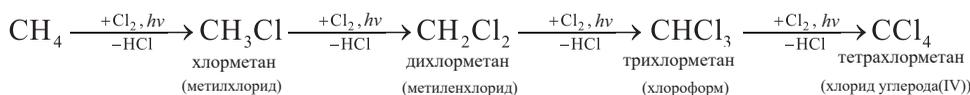
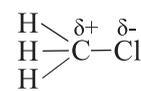
Лауреат Нобелевской премии.  
Разработал теории цепных  
реакций и теплового взрыва и  
горения газовых смесей.

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

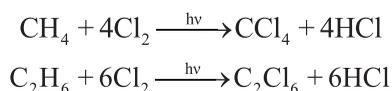
При достаточном количестве хлора в реакции замещения метана с хлором, происходит постепенное замещение всех атомов водорода.

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  $\text{CH}_3\text{Cl}$ . 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 уменьшается прочность C – H связи, замещение атомов водорода становится легче. Этапы реакции можно показать по нижеуказанной схеме:



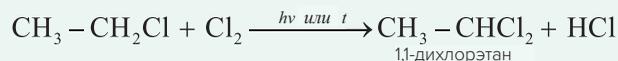
Уравнения реакций полного хлорирования метана и этана показаны ниже:



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

## Обсудите

В молекуле алкилгалогенида имеющего в молекуле два или более атома углерода легче замещаются атомы водорода, соединённые с атомом углерода, к которому присоединены атомы галогена. Например, при реакции 1 моль хлорэтана с 1 моль хлором, в основном, образуется 1,1-дихлорэтан.



? Как объясните причину?

Хлоропроизводные метана – дихлорметан, трихлорметан и тетрахлорметан – при обычных условиях находятся в жидком состоянии и используются как растворители. Тетрахлорметан 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.

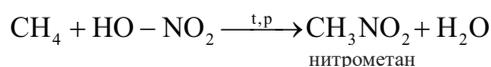


Галогенопроизводные алканов (фреоны) используются в холодильных установках. Фреоны галогенопроизводные, в основном, метана и этана.

Но, выяснилось, что фреоны разрушают озона в атмосфере.

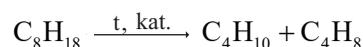
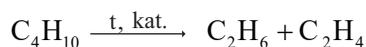
Йодопроизводное метана  $\text{CHI}_3$  (йодоформ) используется в медицине как антисептик. Антисептические вещества наносят на открытые раны, так как они предохраняют раны от гниения.

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 ( $-\text{NO}_2$ ).

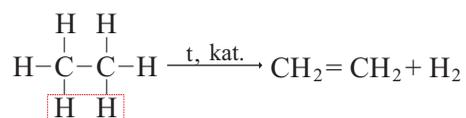


## Реакции разложения

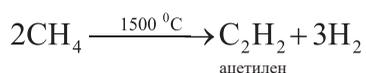
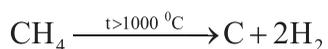
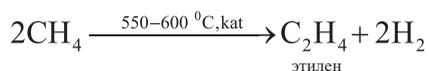
а) *Крекинг*. При высокой температуре происходит разложение (крекинг) алканов. В результате реакции получается смесь предельных и непредельных углеводородов.



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

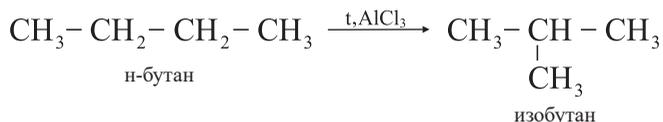


В зависимости от вида катализатора при неполном окислении алканов получают различные вещества.



## Реакции изомеризации

Нагревание алканов с участием катализатора становится причиной изменения структуры молекулы (начиная с  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ). Например, при нагревании бутана в присутствии катализатора хлорида алюминия он подвергается изомеризации и превращается в изобутан.



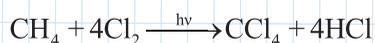
### Пример

#### ЗАДАЧА 1

Сколько граммов тетрахлорметана можно получить при хлорировании 11,2 л (н.у.) метана, с выходом продукта 60%

#### РЕШЕНИЕ:

Напишем уравнение реакции хлорирования метана и расставим коэффициенты.



Вычислим массу тетрахлорметана, полученного из 11,2 л метана (теоретический выход).

$$\begin{array}{l} 11,2 \text{ л} \text{ ----- } x \text{ г} \\ 22,4 \text{ л} \text{ ----- } 154 \text{ г} \\ x = \frac{11,2 \cdot 154}{22,4} = 77 \text{ г} \end{array}$$

Вычисляем массу полученного продукта учитывая практический выход.

$$\begin{array}{l} 77 \text{ г} \text{ ----- } 100\% \\ x \text{ г} \text{ ----- } 60\% \\ x = \frac{77 \cdot 60}{100} = 46,2 \text{ г} \end{array}$$

## Проверь себя

## ЗАДАЧА 2

При пропускании хлороводорода, полученного при хлорировании 1 моль этана, образовалась 298 г соли. Определите формулу органического вещества полученного при хлорировании этана.

ОТВЕТ  $C_2H_2Cl_4$

## ЗАДАЧА 3

Вычислите практического выхода продукта при крекинге бутана, если объёмная доля бутана в полученной газовой смеси составляет 60%

ОТВЕТ 25%

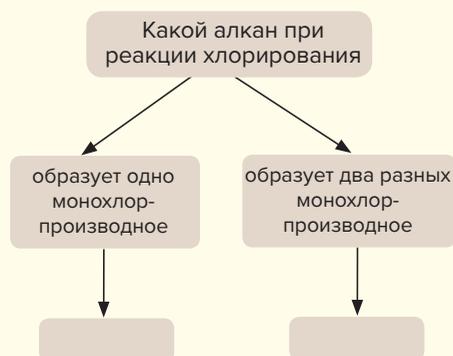
## ? Проверьте изученное

1. Определите формулу органического вещества и число молекул хлороводорода, полученных при взаимодействии одной молекулы пропана с шестью молекулами хлора.

2. Что неверно для реакции метана с хлором?

1. Может протекать в темноте
2. Реакция замещения
3. Получается водород
4. Протекает под воздействием солнечных лучей

3. Выделите алканы по схеме.



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

4. Относится к продукту хлорирования бутана

- A)  $C_4H_5Cl_4$
- B)  $C_3H_4Cl_4$
- C)  $C_3H_2Cl_6$
- D)  $C_4H_6Cl_4$
- E)  $C_4H_4Cl_5$

5.

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

6. Выделите реакции по схеме.

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

Связи, разрывающиеся в молекулах алканов при химических реакциях

C-C	C-H
-----	-----

7. Как опытным путём можно отличить метан от водорода?

8. Что изменится в реакции пентан  $\xrightarrow{t, \text{kat}}$  2,2-диметилпропан?
1. Число первичных атомов
  2. Число гибридных орбиталей
  3. Валентность атома углерода
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  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ , при бромировании которого образуется только одно монобромпроизводное алкана.



Подготовьте презентацию на тему "Применение алканов".

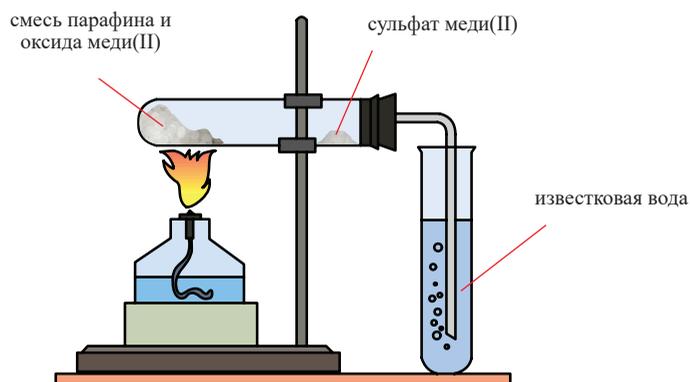
ЛАЙКНЕ

## Практическая работа

### Определение качественного состава углеводородов

**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.



II  
раздел

Алкены

САУІНӘ

# 1 Гомологический ряд алкенов, электронные и графические формулы их молекул

Место каждого алкана в гомологическом ряду соответствует числу атомов углерода в составе его молекул.

**?** Существует ли такая закономерность в гомологическом ряду алкенов?

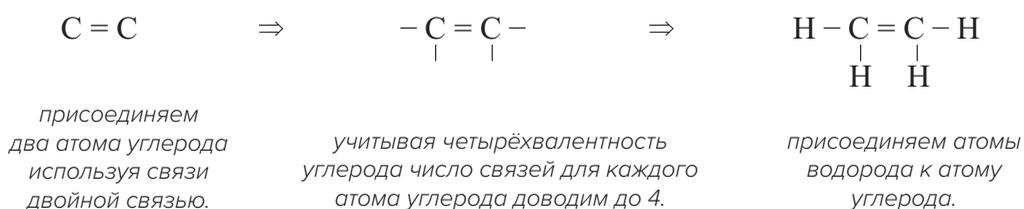
Согласно Международной номенклатуре, углеводороды с открытой углеродной цепью, в молекулах которых между атомами углерода имеется одна двойная связь, называются *алкенами*.

## Деятельность 1

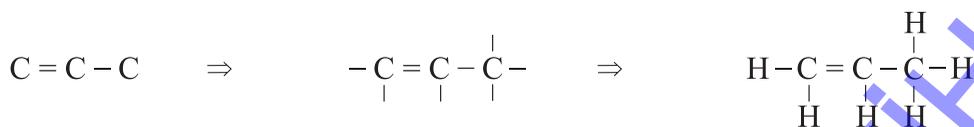
Попробуйте составить графическую формулу алкенов, в молекуле которого имеется один, два и три атома углерода. Напишите электронную формулу молекулы заменяя связи общими электронными парами в верных графических формулах.

**?** Возможно ли составить графическую формулу для всех трёх молекул? Обоснуйте свои мысли.

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 алкенов не существует представителя с одним углеродным атомом в молекуле. У первого представителя алкенов в молекуле имеется два атома углерода. Составим графическую формулу алкена с двумя атомами углерода в составе.



Как видно, формула первого представителя алкенов получается  $\text{C}_2\text{H}_4$ . Это вещество называется *этен*. Таким же способом можно представить графическую формулу второго представителя алкенов.



Формула второго представителя алкенов  $\text{C}_3\text{H}_6$ . Это вещество называется *пропен*. Как и алканы, алкены отличаются друг от друга одной или несколькими группами  $-\text{CH}_2-$  (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

Как видно из таблицы в алканах число атомов водорода в 2 раза больше числа атомов углерода. То есть формула алкенов будет  $C_nH_{2n}$  ( $n \geq 2$ ).

### Пример

#### ЗАДАЧА 1

Определите формулу алкена, относительная молекулярная масса которого равна 70.

#### РЕШЕНИЕ:

Учитывая, что формула алкенов  $C_nH_{2n}$  относительная молекулярная масса у них получается  $14n$ .

$$14n = 70$$

$$n = 5 (C_5H_{10})$$

### Проверь себя

#### ЗАДАЧА 2

Определите алкена, 0,2 моль которого имеет массу 11,2 г.

ОТВЕТ  $C_4H_8$

При замене в молекуле алкена связей электронами, которые их образуют получается электронная формула алкена.

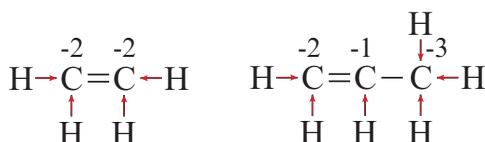
Алкен	Молекулярная формула	Графическая формула	Электронная формула
Этен	$C_2H_4$	$\begin{array}{c} H-C=C-H \\   \quad   \\ H \quad H \end{array}$	$\begin{array}{c} H : C :: C : H \\   \quad   \\ H \quad H \end{array}$
Пропен	$C_3H_6$	$\begin{array}{c} H \\   \\ H-C=C-C-H \\   \quad   \quad   \\ H \quad H \quad H \end{array}$	$\begin{array}{c} H \\   \\ H : C :: C :: C : H \\   \quad   \quad   \\ H \quad H \quad H \end{array}$

### Обсудите



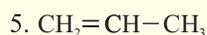
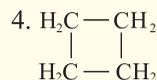
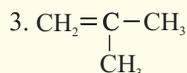
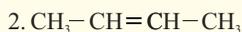
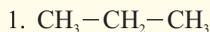
При образовании молекулы этана участвуют 14, а в молекуле 12 электронов. Но при образовании каждой из этих молекул соблюдается правило октета. Объясните причину сравнивая электронную формулу этих веществ.

Как и в алканах, в алкенах степень окисления атомов углерода можно определить числом атомов водорода, присоединённым к ним. Атомы углерода получают электрон от атомов водорода и показывают отрицательную степень окисления.

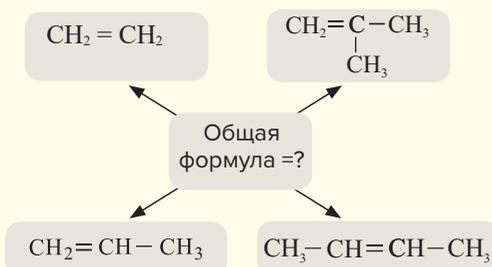


Проверьте изученное

1. Среди данных веществ выберите алкены.



2.

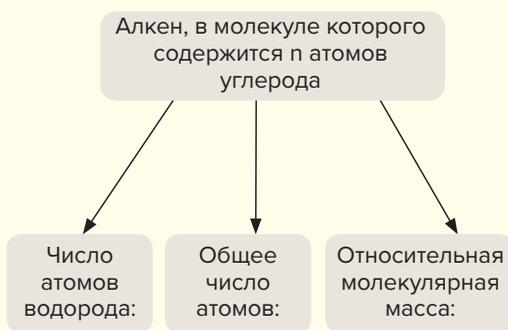


3.  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  и  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$

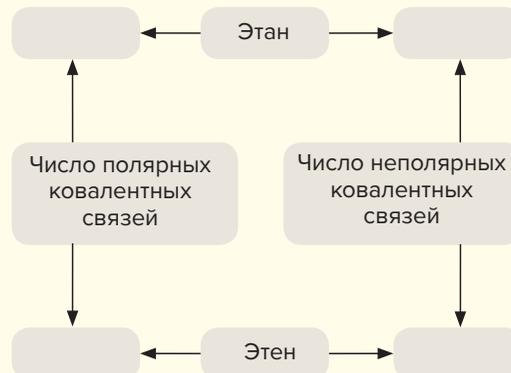
Что отличает молекулы

1. Число атомов углерода
2. Число атомов водорода
3. Число связей, длина которых 0,154 нм
4. Число неполярных ковалентных связей
5. Число неполярных  $\sigma$ -связей

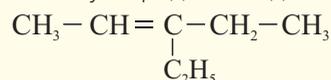
4. Завершите схему.



5. Впишите число соответствующих связей в пустые ячейки.



6. Определите число вторичных и третичных атомов углерода в соединении.



7. Постройте для алкенов график зависимости массовых долей (%) углерода и водорода от их относительной молекулярной массы.

8. Сколько атомов водорода содержит алкен, молекула которого содержит 15 атомов?

9. Молекула пропена содержит 3 атома углерода и 6 атомов водорода. Почему к каждому атому углерода не присоединяется по два атома водорода?

10. В молекуле алкена в образовании связей участвуют 30 электронов. Определите общее число атомов в молекуле этого алкена.

11. Составьте графические формулы алкенов, которым соответствуют углеродные цепи  $\text{C}=\text{C}-\text{C}$  и  $\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{C}$ . Определите степень окисления атомов углерода.

# Пространственное строение молекул алкенов

Опыты показывают, что длина связи  $C = C$  в молекуле этена меньше длины связи  $C - C$  в молекуле этана. А также энергия связи  $C = C$  в молекуле этена в два раза меньше энергии связи  $C - C$  в молекуле этана.

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

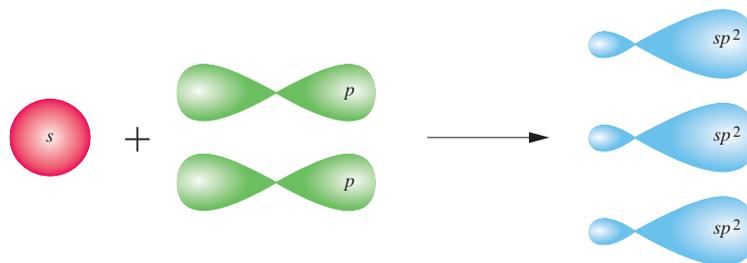
Почему энергия связи  $C = C$  не равна двукратному значению одинарной связи  $C - C$ ?

## Деятельность 1

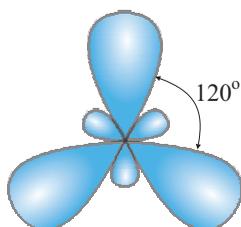
При изучении пространственного строения молекул этана и пропана мы, определили, что углы между связями составляет  $109^{\circ}28'$ . А при моделировании этих молекул увидели, что все атомы не расположены на одной плоскости. Используя предыдущую тему, объясните образования связи в молекулах этена и пропена. Используя стержни и шаров (или пластилина и спичек) постройте шаростержневую модель этена и пропена.

**?** Сколько градусов должны быть углы между связями в молекулах алкена? Какие атомы в этих молекулах расположены на одной плоскости?

Рассмотрим пространственное строение алкенов на примере первого представителя гомологического ряда молекулы этена. При образовании этой молекулы три орбитали (одна  $s$ - и две  $p$ - орбитали) наружного энергетического уровня атома углерода гибридизируются образуют  $sp^2$ - гибридных орбиталей.



Образованные  $sp^2$  гибридные орбитали максимально удаляются друг от друга. В этом случае угол между ними составляет  $120^{\circ}$ .



Форма  $sp^2$  - гибридных

Две гибридные орбитали каждого атома углерода, перекрываясь с s-орбиталями атомов водорода ( $sp^2 - s$  перекрывание), образуют C – H связи. Третьи гибридные орбитали атомов углерода, перекрываясь вдоль прямой линии, соединяющей центры ядер атомов, образуют C – C  $\sigma$ -связь. ( $sp^2 - sp^2$  перекрывание).

Как видно в отличие от молекул этана атомы углерода в молекулах этена расположены на одной плоскости. 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 –  $\pi$  (пи) связь (p-p перекрывание).

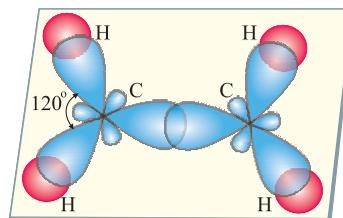


Схема образования  $\sigma$ -связей в молекуле этена

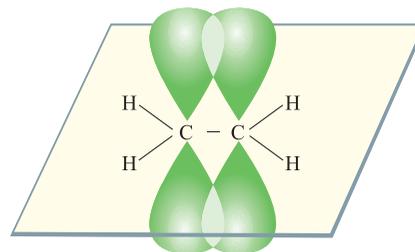
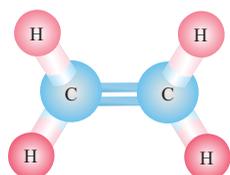
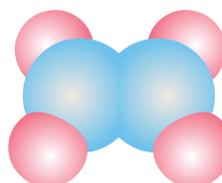


Схема образования  $\pi$ -связи в молекуле этена

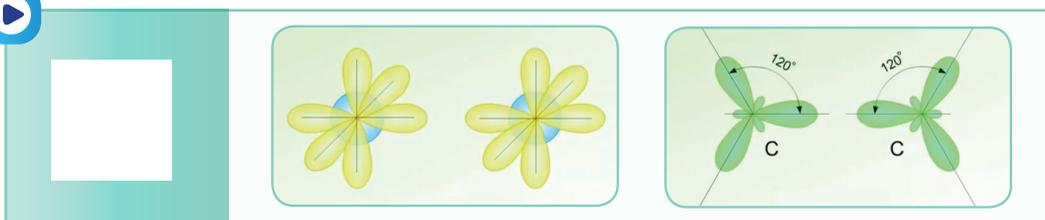
Ниже даны шаростержневая и шаровая модели молекулы этена.



Шаростержневая модель молекулы этена

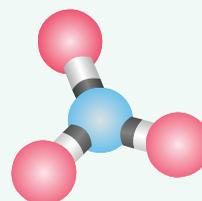
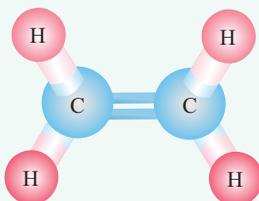


Шаровая модель молекулы этена



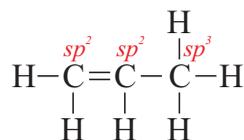
Обсудите

Сравните пространственное строение молекул  $CH_2 = CH_2$  и  $BF_3$

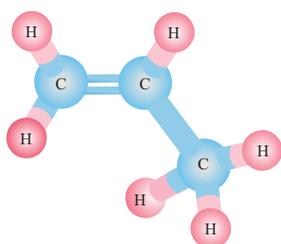


Чем схожи строения этих молекул. Объясните причину.

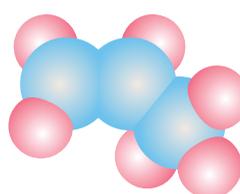
У других представителей гомологического ряда алкенов, кроме атомов углерода при двойной связи, остальные атомы углерода находятся в  $sp^3$  гибридном состоянии. Например, в молекуле пропена два атома углерода находятся в  $sp^2$ , а один атом углерода в  $sp^3$  гибридном состоянии.



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

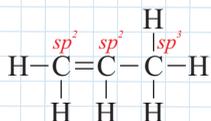
### Пример

#### ЗАДАЧА 1

Определите число гибридных орбиталей в молекуле пропена участвующие в образовании связи.

#### РЕШЕНИЕ:

Сначала пишем графическую формулу молекулы пропена и указываем гибридное состояние атомов углерода.



Как видно, два атома углерода в молекуле пропена находится в  $sp^2$ , а один атом углерода в  $sp^3$  гибридном состоянии. В образовании связи участвуют три гибридных орбиталей атомов углерода в  $sp^2$  гибридном состоянии и четыре гибридных орбиталей атомов углерода в  $sp^3$  гибридном состоянии. Тогда число атомов углерода гибридных орбиталей участвующих в образовании связей будет  $3 + 3 + 4 = 10$ .

### Проверь себя

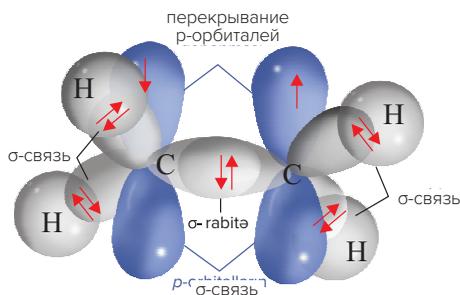
#### ЗАДАЧА 2

Вещество	Число гибридных орбиталей участвующих в образовании связей	Число атомов углерода в молекуле
Алкен	$a$	$b$
Алкан	$a - 2$	$x$

Определите  $x$ .

ОТВЕТ  $b - 1$

В молекуле алкена после образования  $\sigma$ -связи между атомами углерода  $p$  орбитали этих атомов притягивают друг друга. За счёт образования  $\pi$ -связи при перекрывании этих орбиталей ядра атомов углерода приближаются друг к другу ещё ближе.



В результате расстояние между ядрами углерода уменьшается. В молекуле этана длина связи C – C равна 0,154 нм, а в молекуле этена длина связи C = C составляет 0,134 нм. И ещё при образовании  $\pi$ -связи площадь перекрывания орбиталей бывает меньше, чем в  $\sigma$ -связи.



$\sigma$ -связь, образованная перекрыванием гибридных орбиталей



$\pi$ -связь, образованная перекрыванием  $p$ -орбиталей

Поэтому энергия и прочность  $\pi$ -связи меньше, чем в  $\sigma$ -связи. А энергия двойной связи меньше энергии двух  $\sigma$ -связей.



347 кДж/моль      347 кДж/моль

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

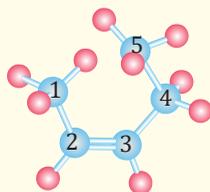


347 кДж/моль      265 кДж/моль

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

**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

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

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

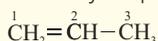
4. Какими электронными облаками обладают атомы углерода молекулы пропена? Обоснуйте свои мысли.



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

1.  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$       2.  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$   
 3.  $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_3$       4.  $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

6. Распределите в таблицу выражения об атомах углерода в молекуле

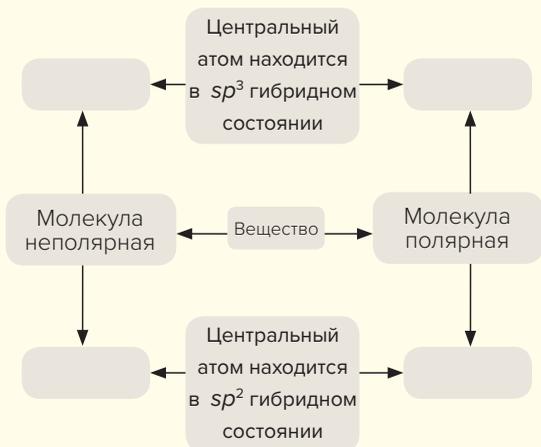


Атом углерода		
1	2	3

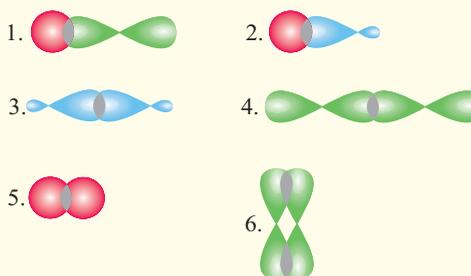
- a. Находятся в  $sp^3$  гибридном состоянии  
 b. Образуют две связи за счёт перекрывания  $sp^2-s$   
 c. Степень окисления  $-1$   
 d. Образуют одну неполярную ковалентную связь

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

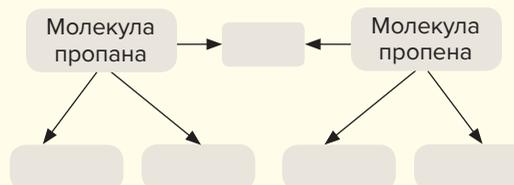
8. Завершите схему, дописывая в ячейки вещества  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{C}_2\text{H}_4$



9. В каких случаях схемы перекрывания электронных облаков соответствуют связям в молекуле этена?



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

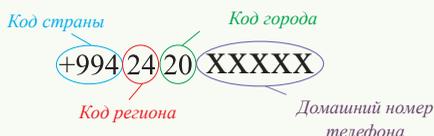
11.  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 \longrightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 \longrightarrow \text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$  для веществ, данных в ряду, определите соответствие.

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

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

## Номенклатура алкенов

По каждому телефонному номеру можно определить какой стране, региону, городу он относится. Потому что в номере отражается код страны, региона, города и номер телефона квартиры. Например:



**?** А что выражают части, из которых составлены названия алкенов?



Во время открытия первых алкенов им дали названия, где окончание «ан» в конце названия алканов заменяется на «илен». Эти названия считаются историческими названиями. Например,  $C_2H_4$  этилен,  $C_3H_6$  –пропилен и др. Поэтому алкены называют углеводородами ряда этилена.

При отщеплении одного атома водорода от молекулы этилена получается радикал ( $CH_2 = CH-$ ), который называется *винил радикалом*.

Но с увеличением числа представителей этого класса возникает необходимость использовать один способ для названия этих веществ. Как и в алканах, алкены тоже можно назвать по рациональной номенклатуре.

**Деятельность 1**

Вспомним названия алканов по рациональной номенклатуре. В этом случае всех алканов рассматривают как производные метана. Сначала называют радикалов, в конце слово метан.

**?** Производными какого алкена рассматриваем всех алкенов при назывании их по рациональной номенклатуре?

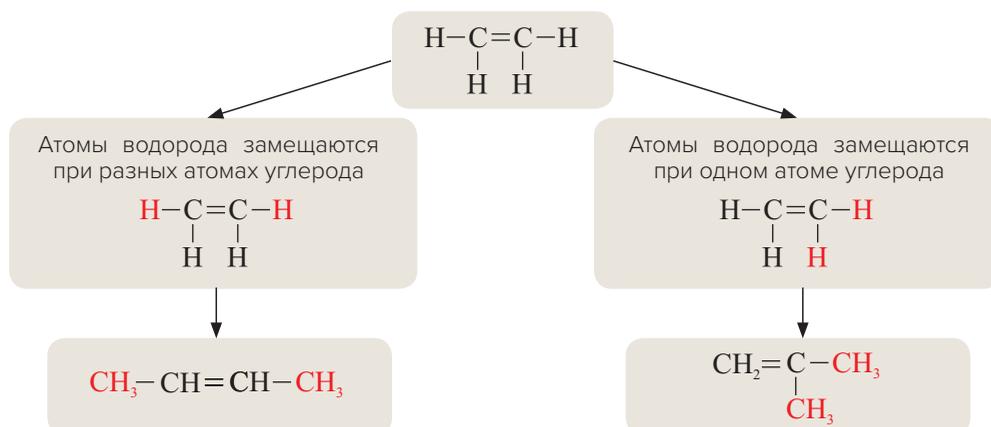
$CH_2 = CH - CH_3$  и  $CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$  как будет название этих веществ по рациональной номенклатуре?

$CH_3 - CH = CH - CH_3$  и  $CH_2 = \underset{\substack{| \\ CH_3}}{C} - CH_3$  как различить названия этих алкенов по рациональной номенклатуре?

При назывании алкенов по рациональной номенклатуре первого представителя называют как этилен. Остальных представителей рассматривают как производными этилена. Рассмотрим названия нескольких алкенов по рациональной номенклатуре, которые образовались при частичном или полном замещении атомов водорода этилена алкильными радикалами. В молекуле этилена один из атомов водорода заменим на метильный радикал:



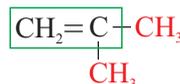
Если в молекуле этилена два атома водорода заменить на два метильных радикала, то получатся два разных алкена.



Если в молекуле этилена два и более атомов водорода замещаются одним и тем же радикалом, то указывают число радикалов (*ди-, три-, тетра-* и др.). Полученные оба алкена по рациональной номенклатуре называются диметилэтиленом. Для того чтобы различать эти алкены используют слова симметричный или несимметричный.

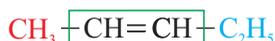


сим-диметилэтилен

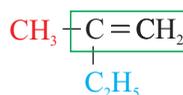


несим-диметилэтилен

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

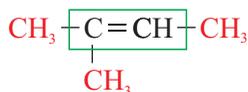


сим-метилэтилэтилен

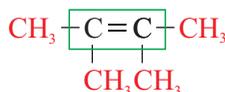


несим-метилэтилэтилен

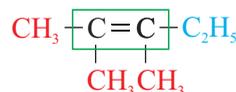
Назовём показанные ниже алкены по рациональной номенклатуре.



триметилэтилен



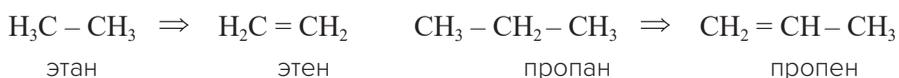
тетраметилэтилен



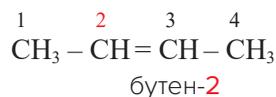
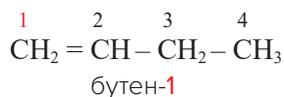
триметилэтилэтилен

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

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:

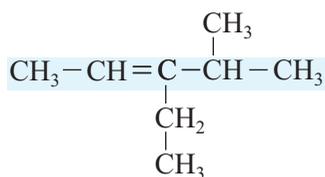


При назывании разветвлённых алкенов по Международной номенклатуре должна соблюдаться последовательность следующих правил.

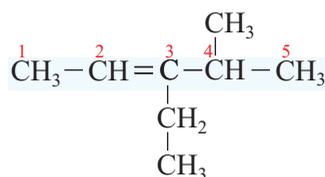
1. В молекуле выбирается самая длинная цепь, содержащая двойную связь (главная цепь).
2. Нумерацию атомов углерода в главной цепи начинают с того конца, куда ближе двойная связь.
3. Сначала в главной цепи показывают номер углерода, к которому присоединён радикал, число (ди -, три -, тетра -, и др.) радикалов, которые читаются от простого к сложному.
4. В главной цепи заменяют окончание «ан» соответствующих алканов на «ен» и, наконец, читают номер углеродного атома, от которого начинается двойная связь.

На нижеследующем примере дана называние алкена разветвлённого строения используя данную последовательность:

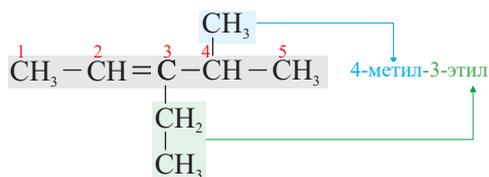
1. Выбирается длинная цепь в молекуле.



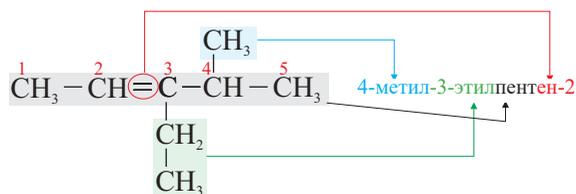
2. Нумеруется главная цепочка.



3. Отмечается место, число и название радикалов.

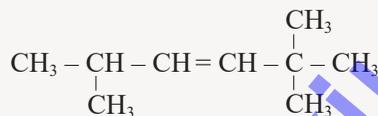
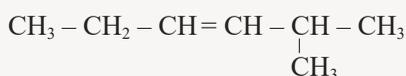


4. Отмечается название главной цепи и место двойной связи.



### Деятельность 2

Составьте алгоритм способа называния следующих алкенов, используя последовательности номенклатуры алкенов и вспоминая номенклатуру алканов.



Как предложите назвать по Международной номенклатуре алкен, если в молекуле гексана одного атома из водорода присоединённый к третьему атому углерода замещать метильным, а к четвёртому атому углерода винильным радикалом?



Проверь себя

ЗАДАЧА 2

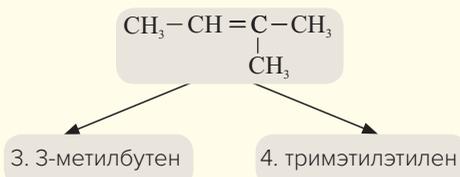
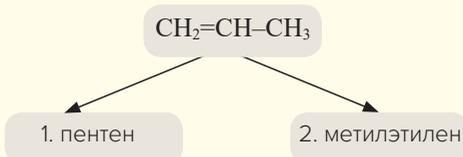
Вещество	Местоположение в гомологическом ряду	Общее число атомов в молекуле
Алкан	$a$	17
Алкен	$a$	$x$

Определите  $x$ .

ОТВЕТ 18

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

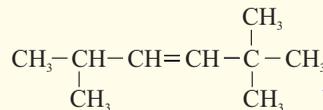
3. Какие радикалы образуются при разрыве связей между вторым и третьим атомами углерода в главной цепи молекулы 3,3-диметилбутена-1?

4.

Углеводород	Название по Международной номенклатуре
$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	2-метилбутан
$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}=\text{CH}_2$	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. 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.



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

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

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

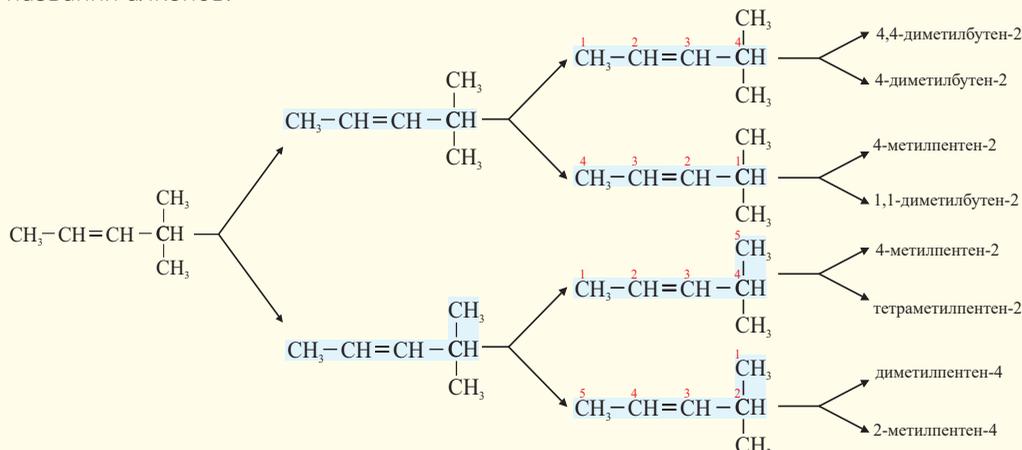
9. Укажите правильную последовательность правил при названии алкенов по Международной номенклатуре:

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

10. 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

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

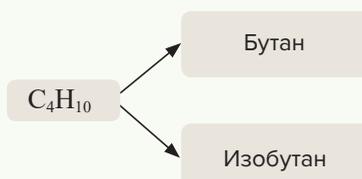


ЛАЙКНО

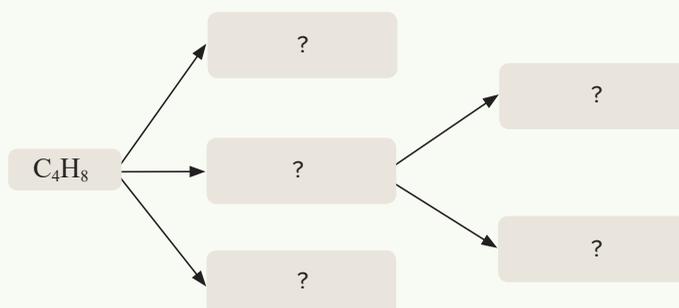
## 4

## Изомерия алкенов

При ознакомлении с алканами мы узнали, что существует два алкана с составом  $C_4H_{10}$ .



При составлении такой же схемы для алкенов с составом  $C_4H_8$  получается:



**?** Почему существует четыре алкена с составом  $C_4H_8$ , когда алканов с составом  $C_4H_{10}$  – два?

Как будет графическая формула алкенов с составом  $C_4H_8$ .

Как и в алканах, в алкенах тоже существует структурная изомерия. Но в отличие от алканов, в алкенах эта изомерия возникает и по строению углеродного скелета, и по положению двойной связи. Кроме структурной изомерии в алкенах возможны межклассовая и геометрическая изомерии.

### Структурная изомерия по углеродному скелету и по положению двойной связи.

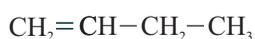
#### Деятельность 1

Составьте структурных изомеров всех алкенов, имеющих в составе четыре атома углерода.

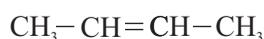
**?** Чем отличаются эти алкены?

Какие структурные изомеры существуют у алкена с 5 атомами углерода?

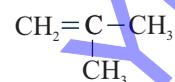
Изомерия углеродного скелета у алкенов, как и у алканов, начинается с представителя, в молекуле которого находится четыре атома углерода ( $C_4H_8$ ).



бутен-1

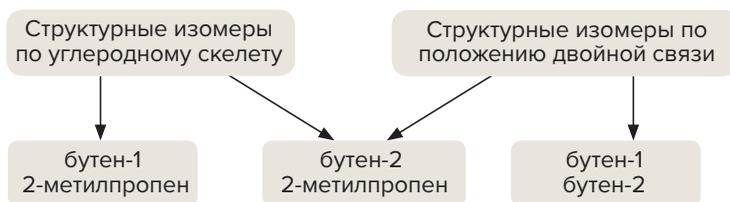


бутен-2



2-метилпропен

Как видно бутен-1 и бутен-2 отличаются по положению двойной связи. А в бутен-1 и в 2-метилпропене местоположение двойной связи одинаковое, а строение углеродного скелета разное. Бутен-2 и 2-метилпропен отличаются и по углеродному скелету, и по положению двойной связи.



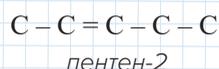
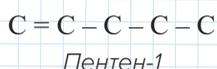
### Пример

#### ЗАДАЧА 1

Составьте графические формулы алкенов с составом  $C_5H_{10}$ .

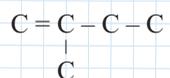
#### РЕШЕНИЕ:

Сначала напишем формулы алкенов неразветвлённого строения. Двойная связь в главной цепи может находиться в двух положениях.

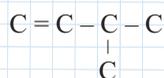


Если соединить четыре атома углерода последовательно, один написать в виде разветвления в возможных вариантах, то двойная связь главной цепи может находиться в двух разных положениях.

**а.** двойная связь находится между первым и вторым атомами углерода:

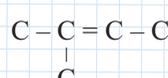


2-метилбутен-1



3-метилбутен-1

**б.** Двойная связь находится между вторым и третьим атомами углерода



2-метилбутен-2

Как видно существует пять различных алкенов с составом  $C_5H_{10}$ .

### Проверь себя

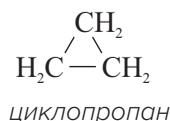
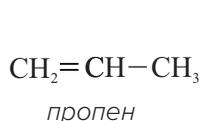
#### ЗАДАЧА 2

Составьте графические формулы алкенов с составом  $C_6H_{12}$  и определите число изомеров.

**ОТВЕТ** 13 изомера

### Межклассовая изомерия

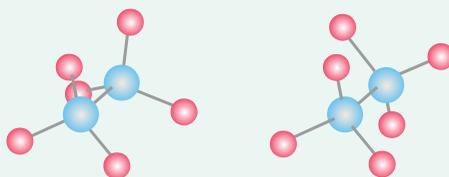
Межклассовая изомерия Общая формула алкенов такая же, как у циклоалканов. По этой причине молекулы алкена и циклоалкана, содержащие одинаковое число атомов углерода, являются межклассовыми изомерами. У этилена нет межклассового изомера, так как у циклоалканов первый представитель циклопропан ( $C_3H_6$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



## Геометрическая (цис-транс) изомерия

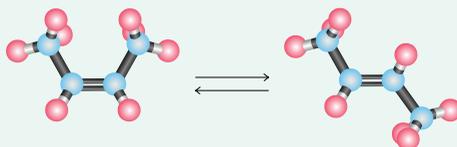
## Обсудите

Вы знаете, что атомы углерода в молекуле этана могут свободно вращаться вдоль присоединяющих их связи (C – C).



**?** Возможно ли такое вращение в молекуле этилена?

Может ли происходить вращение вдоль C = C связи в молекуле бутен-2 как на рисунке?

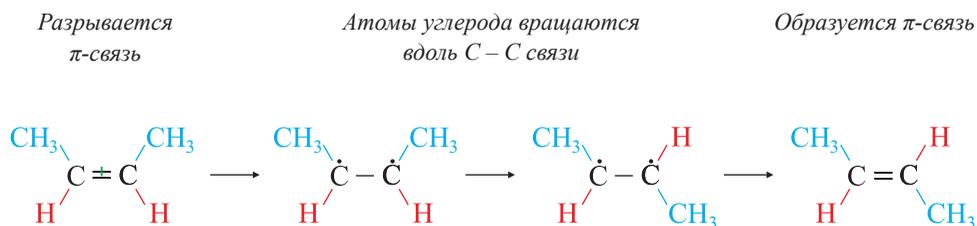


Данные вещества являются ли одним и тем же веществом или разные?

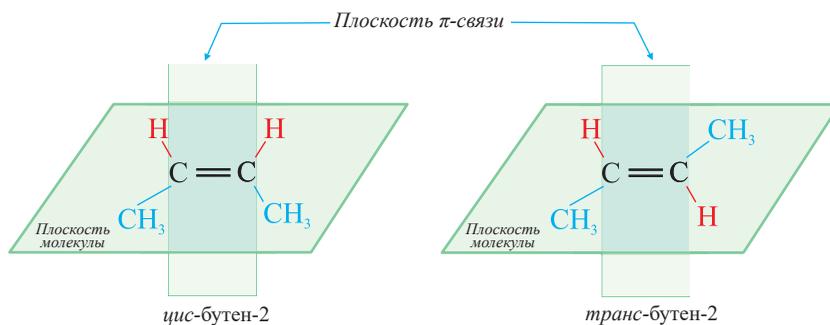
В молекуле алкена атомы углерода не могут вращаться относительно друг друга вдоль двойной (C = C) связи. Причиной является то, что двойная связь ограничивает возможность вращения атомов углерода. Поэтому нижеуказанные вещества не являются одним и тем же веществом:



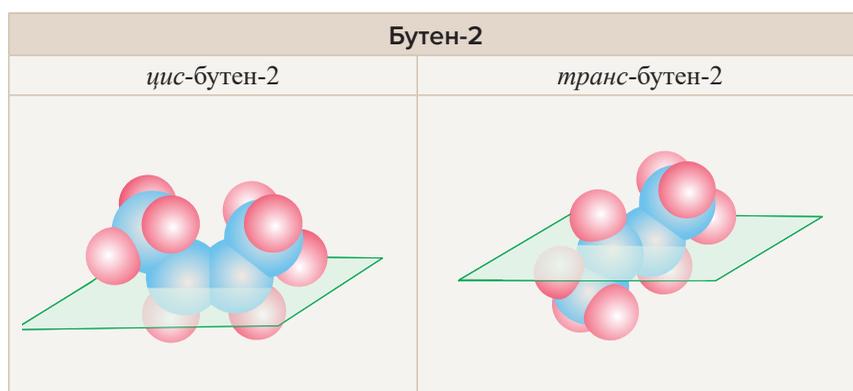
Такое превращение одного вещества в другое может произойти за счёт расхода дополнительной энергии и разрыва  $\pi$ -связи. Это можно изобразить в виде схемы, показанной ниже:



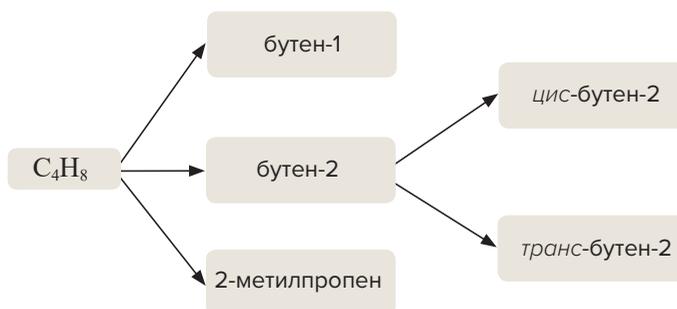
Полученные таким образом алкены не являются одним и тем же веществом, они изомеры. Но эти изомеры отличаются не изменением структуры углеродного скелета и не положением двойной связи в главной цепи. Они отличаются тем, что с каждым атомом углерода при двойной связи соединяются заместители (в этом случае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



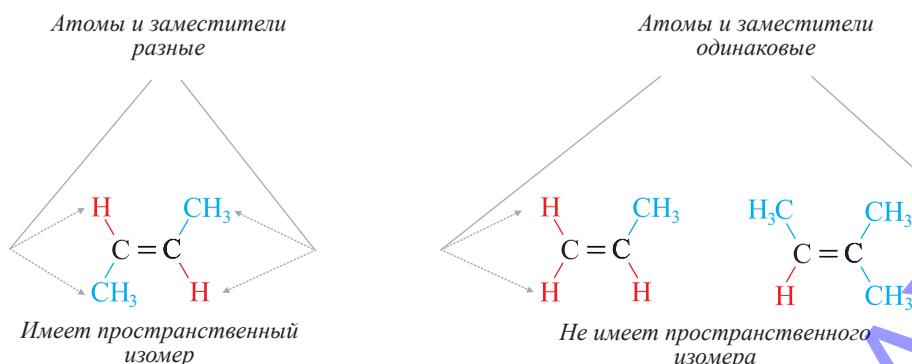
Ниже даны шаровые модели *цис*- и *транс*- изомеров бутена-2.



Четыре алкена с составом  $C_4H_8$  можно обобщить по нижеследующей схеме:



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.



Пример

ЗАДАЧА 1

$\begin{matrix} \text{CH} & = & \text{C} & - & \text{C}_2\text{H}_5 \\ | & & | \\ \text{X} & & \text{Y} \end{matrix}$  Какие атомы или группа атомов не могут быть X и Y, чтобы получить цис-транс изомеры?

РЕШЕНИЕ:

Для образования цис-транс изомеров необходимо, чтобы у каждого углеродного атома, соединённого двойной связью, находилось два разных атома или группа атомов. Поэтому цис-транс изомеры возможны, если X-ом будут все атомы или группа атомов кроме H, Y-ом кроме  $\text{C}_2\text{H}_5$  - радикала.

Проверь себя

ЗАДАЧА 2

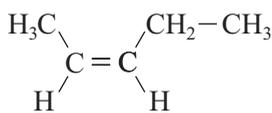
В молекуле алкена с минимальным числом углеродных атомов имеющий цис-транс изомеров есть один асимметричный атом углерода. Назовите алкен по Международной номенклатуре.

РЕШЕНИЕ: 4-метилгексен-2

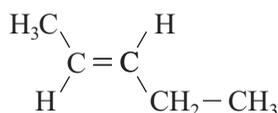
Обсудите

Знаем, что существует пять алкена разного строения с составом  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ . Учитывая цис-транс изомеров, определите общее число изомеров.

Алкены с 2 или 3 атомами углерода не имеют цис-транс изомеров. Из алкенов с 4 атомами углерода только бутен-2, с 5 атомами углерода только пентен-2 имеют цис-транс изомеров.



цис-пентен-2



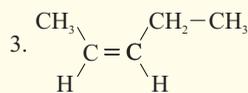
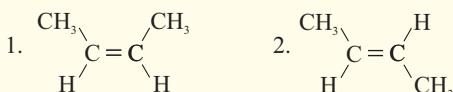
транс-пентен-2

Проверьте изученное

1. Выберите изомеры бутена-1.

1.  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$       2.  $\begin{matrix} \text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_3 \end{matrix}$
3.  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$       4.  $\begin{matrix} & \text{CH}_2 & \\ & / \quad \backslash & \\ \text{H}_2\text{C} & & \text{CH}_2 \end{matrix}$
5.  $\begin{matrix} \text{H}_2\text{C} & - & \text{CH}_2 \\ | & & | \\ \text{H}_2\text{C} & - & \text{CH}_2 \end{matrix}$       6.  $\begin{matrix} \text{CH}_3-\text{CH}=\text{C}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$

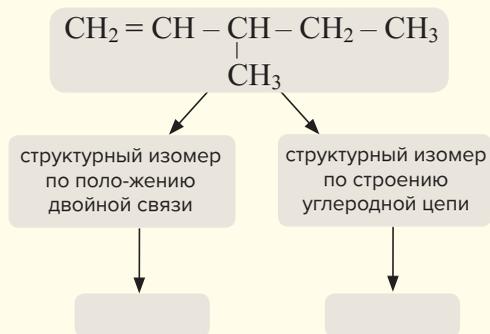
2. Определите цис- и транс- изомеры алкенов.



- | цис- изомеры | транс- изомеры |
|--------------|----------------|
| A) 1, 2      | 3              |
| B) 1         | 2, 3           |
| C) 1, 3      | 2              |
| D) 2         | 1, 3           |
| E) 3         | 1, 2           |

3. У какого атома углерода в молекуле пропена следует заместить один атома водорода на атом хлора, чтобы у полученного соединения были цис-транс изомеры?

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. 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.

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

- $$\begin{array}{c} \text{X} \quad \text{Y} \\ \text{X} \quad \text{Y} \end{array}$$
1. H    CH<sub>3</sub>
  2. CH<sub>3</sub> CH<sub>3</sub>
  3. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> CH<sub>3</sub>
  4. CH<sub>3</sub> C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>

8. 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

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

9. Составьте графические формулы алкена с составом C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>. Какие из этих веществ образуют геометрическую (цис-транс) изомерию?

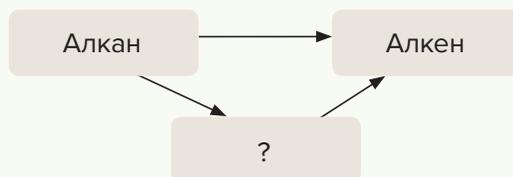
10.



## 5

## Получение и физические свойства алкена

Предельных углеводорода можно получить и непосредственно, и косвенным путём.

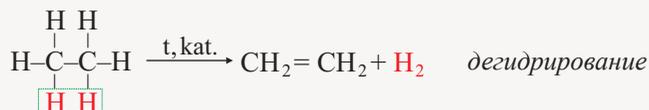


? Какие реакции предложите соответствующие данной схеме?

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.

## Деятельность 1

При изучении химических свойств алканов мы ознакомились реакциями дегидрирования их молекул. В это время от молекулы алкана отщепляется водород и образуется алкен.



? При отщеплении из этилового спирта какого вещества получится этилен? Как называются эти реакции?

Можно ли получить этилен из 1,2-дихлорэтана и хлорэтана?

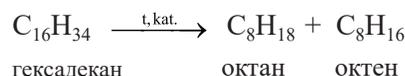
Каким веществом для этого нужно действовать на них?

Какие галогенпроизводные можно взять для получения пропена?

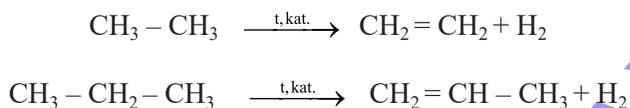
## Получение в промышленности

В промышленности алкены получают следующими способами:

1. Крекингом нефтепродуктов. 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 этана и пропана отщепляется водород и получается соответственно этилен и пропилен.

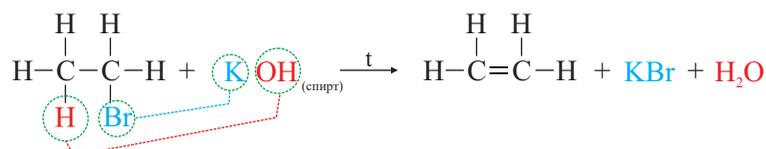


## Получение в лаборатории

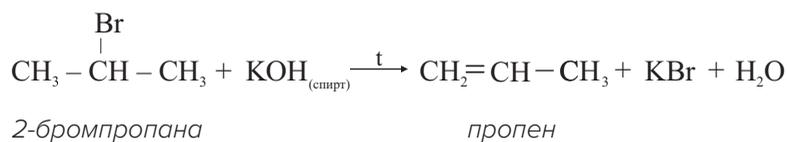
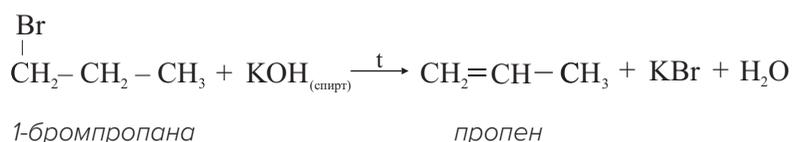
В лаборатории алкены получают в основном отщеплением от соседних атомов углерода определённых атомов или атомных групп. Во время таких реакций между атомами углерода образуется  $\pi$ -связь (двойная связь).

Алкены в лаборатории получают по данным ниже реакциям.

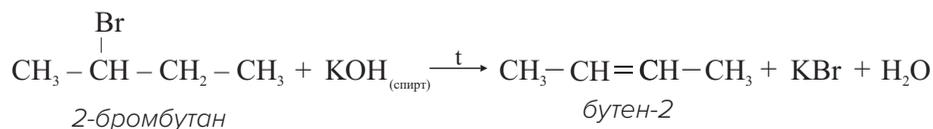
1. Нагреванием моногалогенопроизводных алканов (алкилгалогенидов) со спиртовым раствором щёлочи. Например, при взаимодействии бромэтана со спиртовым раствором гидроксида калия от молекулы бромэтана отщепляются атомы водорода и брома, в результате получается этилен, бромид калия и вода.



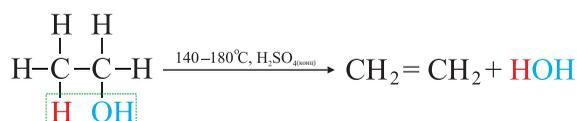
Как видно, эта реакция протекает с одновременным отщеплением атомов водорода и галогена от молекул. Этим же способом можно получить пропен из 1-бромпропана и 2-бромпропана.



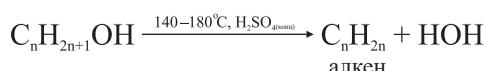
При получении алкена во время взаимодействия 2-бромбутана со спиртовым раствором гидроксида калия атом водорода отщепляется с атома углерода с минимальным числом водорода, который расположен по соседству с углеродным атомом имеющий атом галогена.



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.



Дегидратацию предельных одноатомных спиртов можно показать в общем виде.

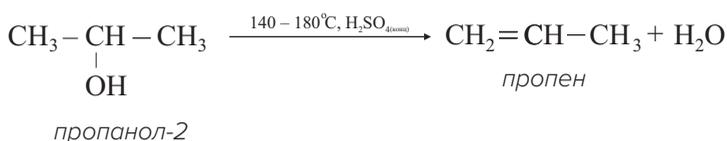
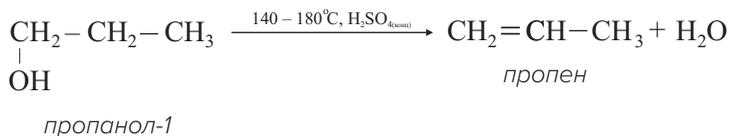


## Обсудите

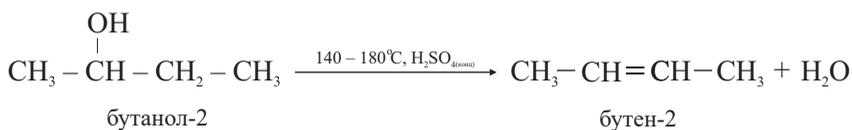
? При дегидратации каких спиртов можно получить пропен?



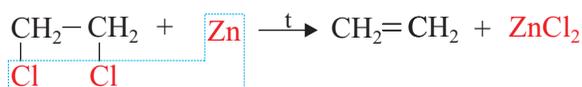
Пропен образуется при дегидратации следующих спиртов:



При получении алкена из предельных одноатомных спиртов, атом водорода отщепляется с углеродного атома с минимальным числом водорода, который расположен по соседству с углеродным атомом имеющий -ОН группу.



3. Нагреванием дигалогенопроизводных алканов, у которых атомы галогенов находятся у соседних атомов углерода, с некоторыми металлами (Zn, Mg и др.). При этом атомы металлов отщепляют атомы галогенов и получается соответствующий алкен. Например: при взаимодействии 1,2-дихлорэтана с Zn образуется этен.



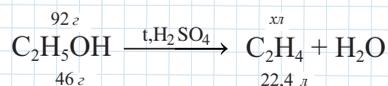
## Пример

## ЗАДАЧА 1

Сколько литров (н.у.) этилена можно получить при дегидратации 92 грамм этанола, если выход продукта 50%?

## РЕШЕНИЕ:

Напишем реакцию дегидратации этанола:



$$\begin{array}{l} 92 \text{ г} \text{ ----- } x \text{ литр} \\ 46 \text{ г} \text{ ----- } 22,4 \text{ литр} \end{array}$$

$$x = \frac{92 \cdot 22,4}{46} = 44,8 \text{ литр}(\text{C}_2\text{H}_4)$$

Учитывая практический выход продукта,

$$\eta = \frac{V_{\text{прак}}}{V_{\text{теор}}} \cdot 100\%$$

$$50 = \frac{V_{\text{прак}}}{44,8} \cdot 100$$

$$V_{\text{прак}} = 22,4_{\text{литр}}(\text{C}_2\text{H}_4)$$

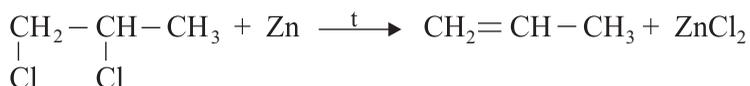
### Проверь себя

#### ЗАДАЧА 2

Сколько литров алкана дегидрируется для получения 28 граммов алкена, с плотностью при нормальных условиях 2,5 гр/л? Практический выход продукта 20%.

**ОТВЕТ** 56 литров

Таким же способом из 1,2-дихлорпропана получается пропен.



### Физические свойства

#### Деятельность 2

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



Как выглядит сравнение температур кипения данных алкенов?

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

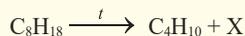
Алкены бесцветные, нерастворимые в воде и полярных растворителях вещества. Они хорошо растворяются в неполярных растворителях (бензин, бензол, толуол и др.). Первые три представителя гомологического ряда алкенов при комнатной температуре газообразные вещества без запаха. Как и алканы, в твёрдом состоянии они образуют молекулярную кристаллическую решётку.

С увеличением числа атомов углерода в молекулах (относительной молекулярной массы), увеличивается температура кипения и плотность неразветвленных алкенов. Как в алканах, у изомерных алкенов с увеличением разветвлений уменьшается плотность и температура кипения.

Алкен	Температура кипения	$t_1 > t_2$
$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	$t_1$	
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{C} = \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$t_2$	

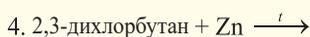
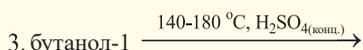
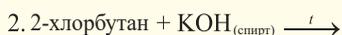
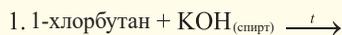
 Проверьте изученное

1. Определите число  $\sigma$ -связей в молекуле X.



A) 8    B) 10    C) 11    D) 13    E) 14

2. Продуктом каких реакций является бутен-2?



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

3. Почему при нагревании метилбромида со спиртовым раствором гидроксида натрия не получается алкен?

4. Каким радикалом следует заменить один из атомов водорода в молекуле  $CH_3Br$ , чтобы при взаимодействии образованного продукта со спиртовым раствором щелочи не получался алкен?

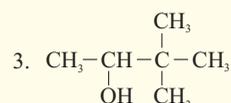
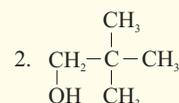
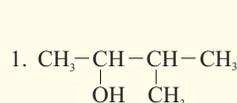
A) вторичный бутил  
B) третичный бутил  
C) изобутил  
D) этил  
E) изопропил

5. Вычислите (ну., 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

6. Впишите формулы спиртов в соответствующие ячейки таблицы.

Спирт	
Дегидратируется внутримолекулярно	Недегидратируется внутримолекулярно



7. Напишите уравнения реакций получения бутена-2 из нижеуказанных веществ.

1. 2-бромбутан  
2. 2,3-дихлорбутан  
3. бутанол-2

8. Какая связь алкенов образуется при дегидрировании бутана, если учесть то, что не происходят изменения в структуре углеродной цепи?

9. Какие соединения веществ с составом  $C_3H_6Cl_2$  при реакциях с цинком не образуют пропен?

10.  $CH_3Cl \rightarrow C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_4$   
Составьте уравнения реакций, согласно схеме превращений.

# Химические свойства алкенов



Что общего для этих продуктов, которые используются в быту?

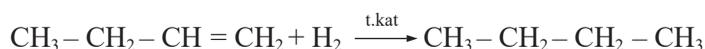
Несмотря на одинаковый качественный состав алканов и алкенов, их химические свойства резко отличаются. Причиной этого является то, что в отличие от алканов, в молекулах алкенов есть  $\pi$ -связи. Большинство химических свойств (реакции присоединения, полимеризации и т. д.) связано с наличием  $\pi$ -связи в их молекулах. Из-за того, что  $\pi$ -связь, по сравнению с  $\sigma$ -связью, непрочная. При химических реакциях  $\pi$ -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. Присоединение к молекулам алкена молекул типа  $X_2$  ( $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ) и  $XY$  ( $H - Hal$ ,  $H - OH$  и др.) схематично можно представить так, как показано ниже.



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

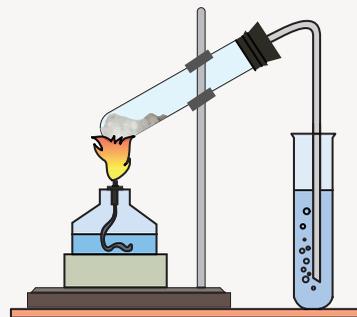


б. Алкены присоединяя галогены образуют дигалогеносодержащие вещества. В отличие от водорода, галогены присоединяются к алкенам при комнатной температуре.

## Деятельность 1

**Реактивы и оборудование:** Этиловый спирт, концентрированная серная кислота, раствор перманганата калия, бромная вода, пробка, снабжённой газоотводной трубкой, пробирки, штатив, спиртовая лампа.

**Ход работы:** Налейте в пробирку 2-3 мл этилового спирта и 7-8 мл концентрированной серной кислоты. Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой и закрепите ее в штативе. Осторожно нагрейте пробирку с пламенем спиртовой лампы. Другой конец газоотводной трубы опустите сначала в пробирку с бромной водой, потом с раствором перманганата калия. Потом к концу газоотводной трубы приблизьте горящую лучинку.

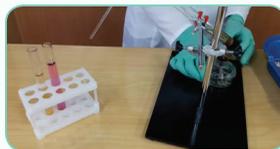


*Выделенный газ какого цвета?*

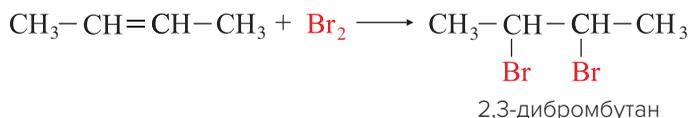
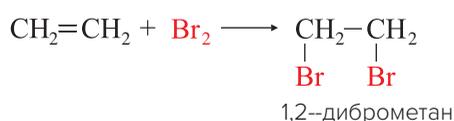
*Какие изменения произошли в пробирках с бромной водой и с раствором перманганата калия?*

*Что произошло при приближении горячей лучинки к концу газоотводной трубки?*

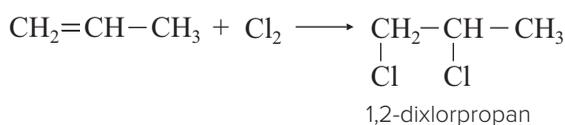
*Как предложите уравнение протекающих реакций?*



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



Схожие реакции идут и с хлором.



## 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.

## Пример

## ЗАДАЧА 1

При пропускании газовую смесь, состоящую из этана и этилена, объёмом 20 литров (н.у.) через бромную воду масса сосуда увеличивается на 7 гр. Вычислите объёмную долю (в %) этана в исходной смеси.

## РЕШЕНИЕ:

При пропускании газовой смеси, состоящей из этана и этилена через бромную воду, этилен вступает в реакцию с бромом и поэтому масса сосуда увеличивается. Значит, в смеси было 7 граммов этилена. Вычислим объём этилена:

$$\begin{array}{l} 7\text{г} \text{ ----- } x \text{ литр} \\ 28\text{г} \text{ ----- } 22,4 \text{ литр} \\ x = \frac{7 \cdot 22,4}{28} = 5,6 \text{ литр} (\text{C}_2\text{H}_4) \end{array}$$

$$20 - 5,6 = 14,4 \text{ литров} (\text{C}_2\text{H}_6)$$

Вычисляем объёмную долю этана в исходной смеси следующим образом:

$$\begin{array}{l} 20 \text{ литр} \text{ ----- } 100\% \\ 14,4 \text{ литр} \text{ ----- } x\% \\ x = \frac{14,4 \cdot 100}{20} = 72\% (\text{C}_2\text{H}_6) \end{array}$$

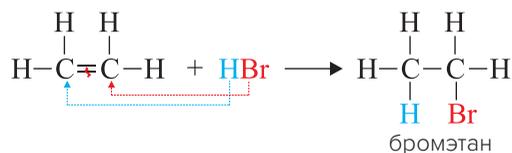
## Проверь себя

## ЗАДАЧА 2

Пропен объёмом 112 литров при нормальных условиях, полностью обесцвечивает 2%-го раствора бромной воды. Вычислите массу (гр) раствора бромной воды.

ОТВЕТ 400 грамм

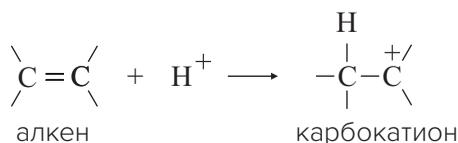
- с. Присоединение галогеноводородов протекает по тому же правилу. Во время реакции происходит разрыв  $\pi$ -связи, атом H присоединяется к одному из атомов углерода при двойной связи, а атом галогена – к другому. Эти реакции протекают при обычных условиях.



Исследуем механизм реакции присоединения молекул типа HX к молекулам алкена на примере присоединения HBr к этилену. Из-за большей электроотрицательности атома брома электронная плотность химической связи в молекуле HBr смещена к бромю. В результате, атом водорода обладает частичным положительным зарядом, а атом брома – частичным отрицательным зарядом. Во время реакции происходит гетеролитический разрыв связи. Этот процесс можно показать схематически следующим образом:

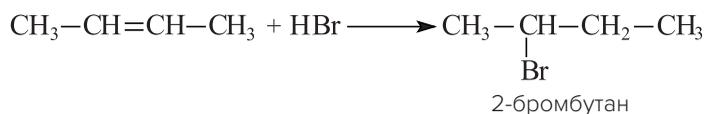


Присоединение к алкенам протекает в двух стадиях. В первой стадии электрофильная частица взаимодействуя с электронами  $\pi$ -связи двойной связи превращается в карбокатион.

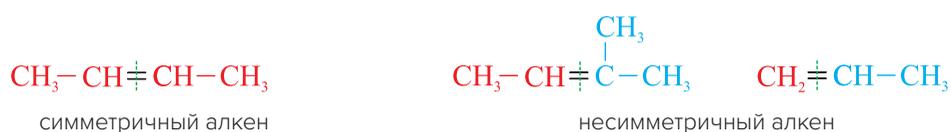


Как видно, присоединение к алкену галогеноводородов идет в присутствии электрофильной частицы и протекает по ионному механизму.

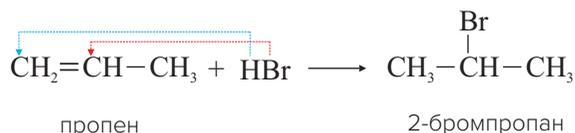
При реагировании бромоводорода с бутен-2 образуется 2-бромбутан.



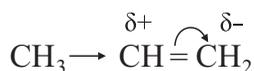
В отличие бутен-2, присоединение галогеноводородов с пропеном и с бутен-1 протекает по правилу Марковникова. Потому что бутен-2 симметричный алкен, а бутен-1 и пропен являются несимметричными алкенами. В отличие от несимметричных алкенов, в симметричных алкенах обе части молекулы по отношению к углеродным атомам при двойной связи одинаковые.



По правилу Марковникова, при присоединении галогеноводородов к несимметричным алкенам водород, в основном, присоединяется к наиболее гидрированному атому углерода при двойной связи, а атом галогена – к наименее гидрированному атому углерода. Например,

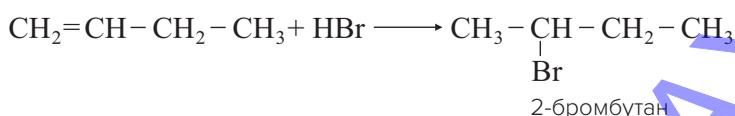


Причина заключается в том, что в несимметричных алкенах электронная плотность углеродных атомов при двойной связи неравномерно распределяется. В этих реакциях ион водорода присоединяется к наиболее отрицательно заряженному атому углерода из атомов углерода при двойной связи. Например, в молекуле пропена под воздействием метильной группы электронная плотность  $\pi$ - направляется к наиболее гидрированному атому углерода. В результате этот углеродный атом заряжается частично отрицательно, а наименее гидрированный углеродный атом углерода – положительно.

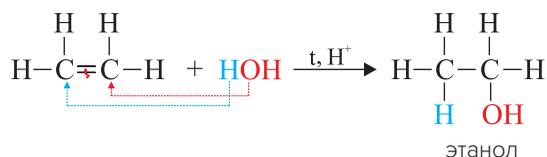


Во время реакции ион  $\text{H}^+$  присоединяется частично отрицательно заряженному атому углерода (наиболее гидрированный атом углерода при двойной связи) при двойной связи. А ион  $\text{Br}^-$  наоборот, к частично положительно заряженному атому углерода (наименее гидрированный атом углерода при двойной связи) при двойной связи.

Таким же способом и бутен-1 вступает в реакцию присоединения с бромоводородом и в результате образуется 2-бромбутан.



- d. Реакция алкенов протекает в кислой среде (при присутствии  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Эти реакции называются реакциями гидратации. При реакции этилена с водой образуется этиловый спирт.



### Обсудите



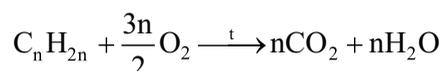
При реакции гидратации каких из алкенов пропен, бутен-1 и бутен-2 образуется два разных продукта?

Какой из этих продуктов, по-вашему мнению, основное?

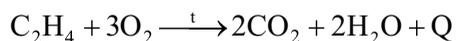
Как, по-вашему, будет механизм протекающей реакции?

### Реакции горения и окисления

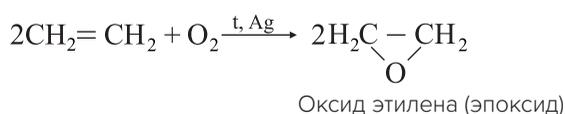
С участием кислорода алкены полностью сгорают с образованием  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Общее уравнение этих реакций можно выразить следующим образом:



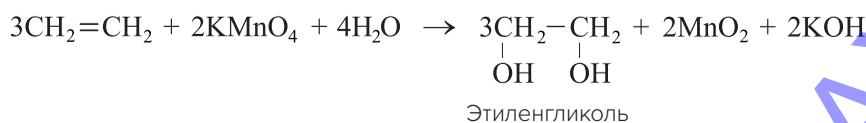
В отличие от этана, этилен горит светящимся пламенем. Это обусловлено повышенной массовой долей углерода в молекуле этилена. Во время горения образуется высокая температура. Углерод, образующийся при распаде молекул этилена от нагревания, сгорает не сразу. Частички его сначала раскаляются, вызывая свечение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



При взаимодействии этилена с кислородом с участием серебряного катализатора получается оксид этилена.



В отличие от алканов, алкены легко окисляются растворами веществ-окислителей. Например, при взаимодействии раствора перманганата калия с алкенами происходит быстрое обесцвечивание фиолетовой окраски с образованием осадка  $\text{MnO}_2$  бурого цвета. Эта реакция является реакцией определения алкенов (а также других непредельных углеводородов). При этом алкен превращается в двухатомный спирт. Во время окисления в молекулах алкенов разрывается  $\pi$ -связь и к каждому атому углерода при двойной связи присоединяется одна  $\text{OH}$  группа. Например, ниже дано уравнение реакции окисления этилена слабым раствором  $\text{KMnO}_4$ .

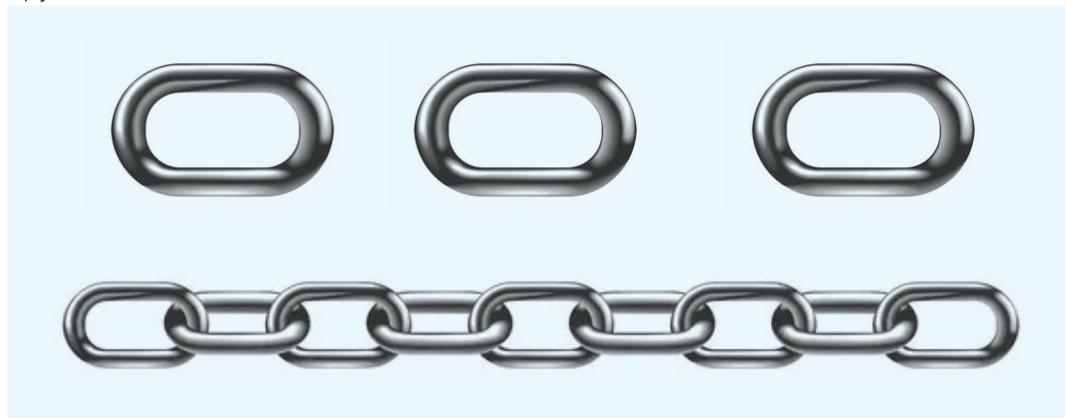


Bu prosesi sadə şəkində ifadə etmək üçün oksidləşdirici maddəni [O] ilə işarə etsək, reaksiyanı sxematik olaraq aşağıdakı kimi göstərmək olar:



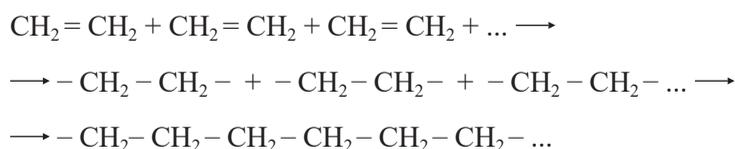
### Реакции полимеризации

Молекулы алкенов могут соединяться друг с другом, образуя длинные углеродные цепи. Это можно сравнить с образованием длинных цепей соединяя кольца друг с другом.

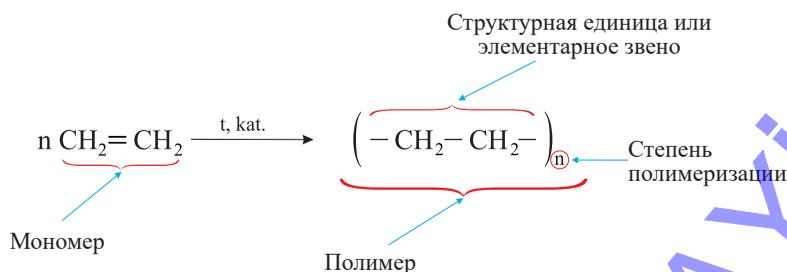


Причина этого – наличие в молекулах  $\pi$ -связи. Во время полимеризации тысячи молекул алкена за счёт разрыва  $\pi$ -связи соединяются друг с другом с образованием макромолекул (полимера). Этим реакциям называют реакциями полимеризации. Процесс образования крупных молекул путём соединения множества 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.

Рассмотрим реакцию полимеризации этилена:



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



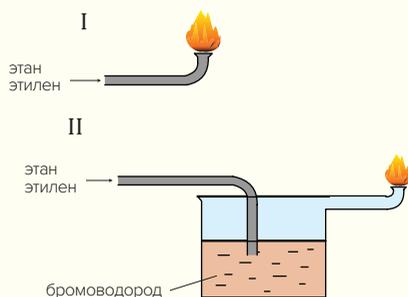


Проверьте изученное

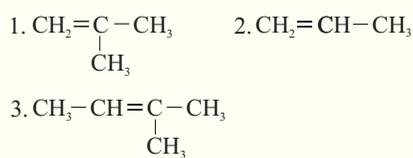
1. При помощи какого раствора можно выделить этан из этан-этиленовой смеси?
1. Бромная вода
  2. Спиртовый раствор гидроксида калия
  3. Водный раствор перманганата калия
- A) только 1      B) только 2  
C) только 3      D) 1, 2      E) 1, 3

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

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



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

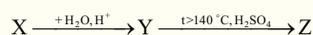
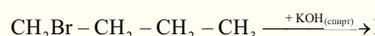


5. При пропускании этан-этиленовой газовой смеси объемом 89,6 л (н.у) через разбавленный раствор  $\text{KMnO}_4$ , взятого в избытке, образуется 62 г этиленгликоля. Определите объемную долю (в %) этана в первоначальной газовой смеси.

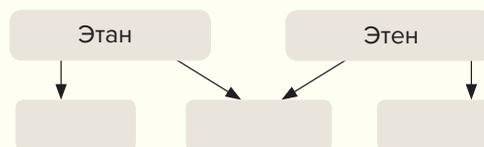
A) 50      B) 75      C) 85  
D) 25      E) 40

6. 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 м<sup>3</sup>?

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

10. В каких алкенах присоединение воды не протекает по правилу Марковникова.

1. 2-метилбутен-2
2. 2,3-диметилбутен-2
3. бутен-2
4. 2-метилпропен

11. 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.



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».

# III раздел

## Алкадиены

ЛАУКІНО

# 1 Гомологический ряд алкадиенов, графические формулы и пространственное строение их молекул

Алкан → Алкен

Алкан → Алкадиен

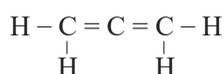
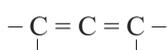


Что выражает окончание «диен» в алкадиенах?

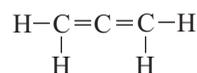
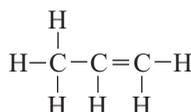
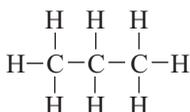
Какое определение можно дать алкадиенам на основе определений алканов и алкенов?

Какую формулу предложите для первого представителя алкадиенов?

Алкадиенами (или диеновыми углеводородами) называются углеводороды с открытой цепью, в молекулах которых имеются две двойные связи. Для того чтобы между атомами углерода были две двойные связи, в молекуле алкадиена должно быть минимум три атома углерода. Чтобы число связей образованные атомами углерода было четыре, получается нижеследующее:



Как видно формула первого представителя алкадиенов  $C_3H_4$ . Это вещество называется пропADIеном. В молекуле углеводорода каждая  $\pi$ -связь образуется при отщеплении двух водородных атомов. Учитывая это, общая формула алкадиенов выражается как  $C_nH_{2n-2}$ .



Другие алкадиены отличаются от пропADIена на одну или несколько  $-CH_2-$  групп и образуют показанный ниже гомологический ряд.

Формула алкадиена	Название алкадиена
$C_3H_4$	ПропADIен
$C_4H_6$	Бутадиен
$C_5H_8$	Пентадиен

## Деятельность 1





Приведите примеры алкадиенов по каждой группе, указанной выше.

Сколько атомов углерода имеется в молекуле самого простого представителя алкадиенов с каждой группы?

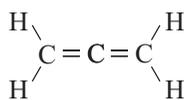
Почему у первых представителей кумулированных, конъюгированных и изолированных алкадиенов число атомов углерода разное?

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

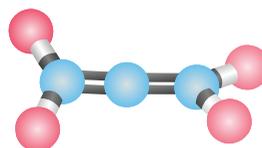
В кумулированных диеновых углеводородах двойные связи соединены с одним и тем же атомом углерода. Один из атомов углерода при двойных связях находится в  $sp$ , а два в  $sp^2$  гибридном состоянии. Не принявшие участия в гибридизации  $p$  орбитали атома углерода, находящегося в  $sp$  гибридном состоянии, 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  $\pi$ -связей. Первый представитель кумулированных алкадиенов имеет три атома углерода.



Ниже дана графическая формула и шаростержневая модель этого вещества.



графическая формула

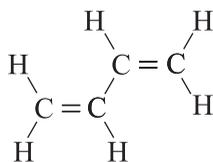


шаростержневая модель

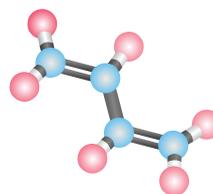
В молекуле конъюгированных или сопряжённых алкадиенов углеводородов между атомами углерода при двойной связи имеется одна  $\text{C} - \text{C}$   $\sigma$ -связь. В их молекулах четыре атома углерода находятся в  $sp^2$  гибридном состоянии. Первый представитель конъюгированных алкадиенов имеет четыре атома углерода.



Ниже дана графическая формула и шаростержневая модель этого вещества.



графическая формула



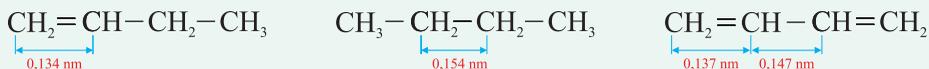
шаростержневая модель

В молекуле изолированных алкадиенов, в отличие от сопряженных алкадиенов, двойные связи разделены двумя или более одинарными  $\text{C} - \text{C}$   $\sigma$ -связями. В их молекулах тоже четыре атома углерода находятся в  $sp^2$  гибридном состоянии. В молекуле первого представителя изолированного алкадиена находится пять атомов углерода.



## Обсудите

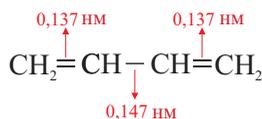
Ниже приведены длины связей C – C и C = C некоторых углеводов.



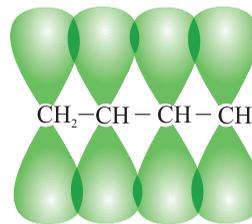
В молекуле бутадиена-1,3 ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ ) длина двойной C = C связи больше, чем длина двойной C = C связи в молекулах алкенов, а длина одинарной C – C связи короче, чем длина C – C связи в молекулах алканов.

**?** Как можно объяснить причину этого?

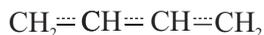
Практически значимыми диеновыми углеводородами являются сопряженные, которые обладают рядом отличительных свойств, связанных с их строением. Исследуем строение молекулы бутадиена-1,3. Физическими методами исследования было определено, что все атомы углерода молекулы бутадиена-1,3 находятся на одной плоскости. 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  $\sigma$ -связь. Не принявшие участия в гибридизации  $p$  орбитали, взаимно перекрываясь, образуют сопряжённую  $\pi$ -систему (делокализованная связь).



При образовании сопряженной  $\pi$ -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 углерода меньше длины соответствующей одинарной связи в молекулах алканов. Наличие сопряжённой  $\pi$ -системы в молекуле бутадиена-1,3 в некоторых случаях выражают его строением, показанным ниже.



## Пример

## ЗАДАЧА 1

Вычислите относительную молекулярную массу алкодиена имеющий 13 атомов в молекуле.

## РЕШЕНИЕ:

Учитывая, что общая формула алкадиенов  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ , общее число атомов будет  $3n - 2$ .

$$3n - 2 = 13$$

$$n = 5$$

Относительная молекулярная масса алкадиенов вычисляется формулой  $14n - 2$ :

$$14 \cdot 5 - 2 = 68$$

## Проверь себя

ЗАДАЧА 2

Сколько  $sp^3$  гибридных орбиталей имеется в молекуле сопряжённого алкадиена с относительной молекулярной массой 96?

ОТВЕТ 12



## Проверьте изученное

- Определите число атомов водорода в молекуле алкадиена, содержащего  $n$  атомов углерода.  
A)  $n + 2$     B)  $n - 2$     C)  $2n$   
D)  $2n + 2$     E)  $2n - 2$
- Определите алкадиены.
  - $CH_3-CH=C=CH_2$
  - $CH_2=CH-CH_2-CH_3$
  - $CH_3-CH=CH-CH_3$
  - $CH_2=CH-CH=CH_2$
 A) 1, 2    B) 3, 4    C) 1, 3  
D) 2, 4    E) 1, 4
- Почему молекула первого представителя алкадиенов содержит 3 атома углерода?
- Неодинаковым для молекул бутадиена-1,3 и бутена-1 является:
  - Число атомов углерода
  - Число атомов водорода
  - Число  $\pi$ -связей
 A) только 1    B) только 2    C) только 3  
D) 1, 3    E) 2, 3
- Определите формулу алкадиена, в 0,5 молях которого содержится 4 г водорода.
- Если в молекуле пропена один из атомов водорода метильной группы заменить винильным радикалом, то к какому типу алкадиенов будет относиться полученное соединение?
- Составьте схему классификации диеновых углеводородов по положению двойной связи и распределите приведенные ниже алкадиены по этой схеме.
  - $CH_2=CH-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-CH=CH_2$
  - $CH_2=CH-CH=CH_2$
  - $CH_3-CH=C=CH_2$
  - $CH_2=C-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}=CH_2$
- Перекрыванием каких орбиталей образуются связи в молекуле  $CH_3-CH=C=CH_2$ ?
  - $sp^2 - sp^3$
  - $sp^2 - s$
  - $sp^2 - sp^2$
  - $sp - sp$
  - $sp^2 - sp$
  - $sp - s$
  - $sp^3 - sp^3$
  - $sp^3 - s$
- Составьте электронную формулу бутадиена-1,3. Сколько электронов принимают участие в образовании связей между атомами углерода в молекуле?

10. Завершите схему.



11. Завершите таблицу, сравнивая графические формулы бутана и бутадиена-1,3.

Вещество	Молекула содержит		
	число гибридных орбиталей	число $\sigma$ -связей	число неполярных ковалентных связей
Бутан	a		c
Бутадиен-1,3		b	

## 2

## Номенклатура и изомерия алкадиенов

Вещество  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$  называется дивинилом.



Почему это вещество называется дивинилом?

По какой номенклатуре названа это вещество по вашему мнению?

Ещё как можно назвать это вещество используя способ Международной номенклатуры алкенов?

## Adlandırma

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

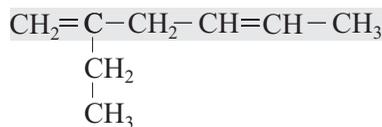


Если в главной цепи содержится больше трёх атомов углерода, нумерация ведётся с того конца, куда ближе одна из двойных связей. В конце названия алкадиена показывают номер атома углерода, с которого начинается двойная связь (место двойных связей). Например:

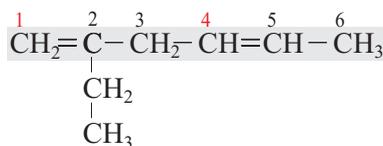


При назывании разветвлённых алкадиенов по Международной номенклатуре следует обращать внимание на правила, приведённые ниже.

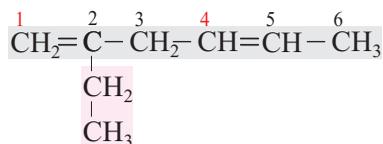
1. В молекуле выбирается самая длинная углеродная цепь (главная цепь), содержащая двойные связи.



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



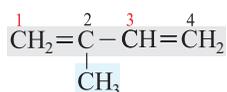
3. В главной цепи показывают номер атомов углерода, к которым присоединяются радикалы, число (ди-, три-, тетра- и др.) и названия радикалов, которые читают от простого к сложному, в названии соответствующего алкана в главной цепи окончание «н» заменяют на «диен» и читают номер атома углерода, с которого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



2-этилгексадиен-1,4

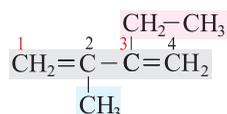
Если двойные связи в главной цепи находятся на одинаковом расстоянии с обоих концов цепи, то нумерацию главной цепи проводят на основе выученных вами правил называния алканов.

Нумерацию проводят с того конца, куда ближе радикал.



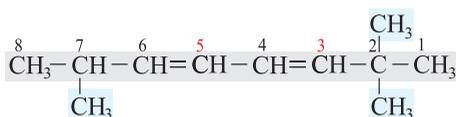
2-метилбутадиен-1,3

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

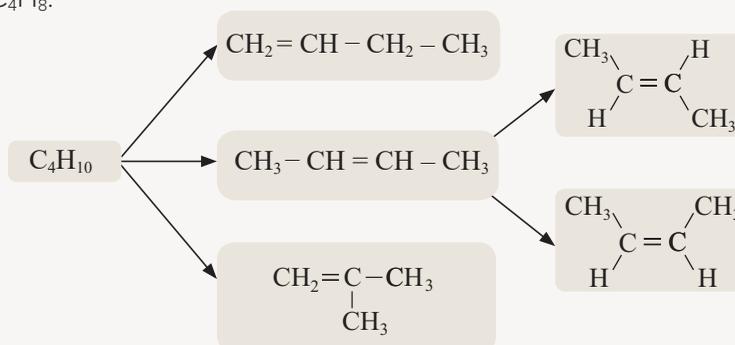
Широко пользуются историческими названиями алкадиенов.

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

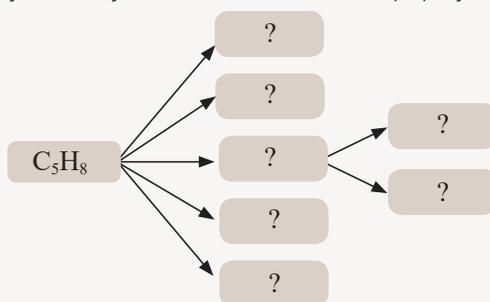
## Изомерия

### Деятельность 1

На одном из предыдущих уроков была дана схема, отражающая алкены с формулой  $\text{C}_4\text{H}_8$ .



Составьте аналогичную схему и для алкадиенов с формулой  $C_5H_8$ .



Почему изомерию алкадиенов мы сравнили с изомерией алкенов?

Какая изомерия возможна в алкадиенах?

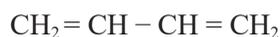
Как в алкенах, в алкадиенах тоже возможны изомерия углеродного скелета, изомерия расположения двойной связи, межклассовая изомерия, а также геометрическая изомерия.

*Структурная изомерия по углеродной цепи и по положению двойной связи*

Существует только один алкадиен по формуле  $C_3H_4$ . Структурная изомерия по положению двойной связи начинается с представителя, в составе которого находится четыре атома углерода ( $C_4H_6$ ).



бутадиен-1,2

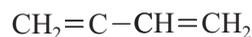


бутадиен-1,3

Структурная изомерия по углеродной цепи начинается с представителя, в молекуле которого находится пять атомов углерода ( $C_5H_8$ ).



пентадиен-1,3



2-метилбутадиен-1,3



Обсудите



Почему, когда алкен с четырьмя углеродными атомами в молекуле имеет структурную изомерию, а алкадиен с таким же числом атома углерода не имеет?

*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.



пропадиен



пропин

*Геометрическая (цис-транс) изомерия*



Обсудите



Существует ли цис-транс изомеров у пропадиена, дивинила и изопрена? Сколько минимум атомов углерода должны быть в молекуле алкадиена, чтобы имел геометрическую изомерию?

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  $\pi$ -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  $\pi$ -связи, а малые радикалы (атомы или группы атомов) – по другую сторону, то такая форма называется *цис*-изомер, а если будет наоборот, то – *транс*-изомер. транс-изомер. Первым представителем алкадиенов, образующий геометрическую изомерию, является пентадиен-1,3. Графическая формула и пространственное строение геометрических изомеров, которых образует пентадиена-1,3, показано ниже:

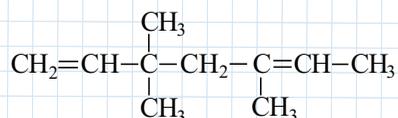
Графическая формула	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} & & \text{CH}_3 \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ <i>цис</i> -пентадиен-1,3	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 = \text{CH} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{CH}_3 \end{array}$ <i>транс</i> -пентадиен-1,3
Пространственная формула	 <i>цис</i> -изомер	 <i>транс</i> -изомер

### Пример

#### ЗАДАЧА 1

Определите число первичных, вторичных, третичных и четвертичных атомов углерода в 3,3,5-триметилгептадиена-1,5.

**РЕШЕНИЕ:** Напишем графическую формулу 3,3,5-триметилгептадиена-1,5:



Как видно из графической формулы в молекуле имеется 5 первичных, 3 вторичных, 1 третичный и 1 четвертичный атом углерода.

### Проверь себя

#### ЗАДАЧА 2

Сколько процентов составляет число  $sp^2$ -с связей, от общего числа связей, от общего числа связей в молекуле 2,3-диметилпентадиен-1,4?

**ОТВЕТ** 25%

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. Почему бутадиен-1,3 по исторически назван дивинилом?

3. Определите число гибридных орбиталей в молекулах изопрена.  
 А) 12      В) 14      С) 16  
 Д) 15      Е) 13

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

5. Завершите схему.



6. 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"/>

11. Завершите таблицу.

Графическая формула молекулы	Название по Международной номенклатуре	Причина
$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$		Изопрен

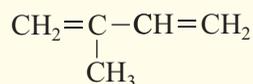
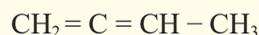
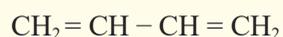
7. В молекуле какого алкадиена есть атом углерода, находящийся в  $sp^3$  гибридном состоянии?

1. дивинил      2. изопрен  
 3. пропадиен      4. пентадиен-1,4  
 А) 1, 2      В) 3, 4      С) 1, 3      Д) 2, 4      Е) 1, 4

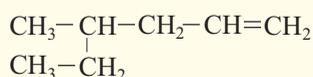
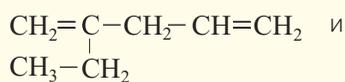
8. Сравните строение молекул бутадиена-1,3, пентадиена-1,3 и пентадиена-1,4 и завершите таблицу, данную ниже:

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

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



10. Назовите вещества



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

# Получение и физические свойства алкадиенов

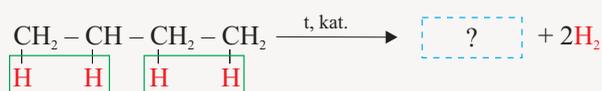
Вы знакомы реакциями дегидратации спиртов и дегидрирование алканов. Например, при реакции дегидрирования из этана, а при реакции дегидратации из этилового спирта получают этилен.

**?** А какой продукт получится одновременно при дегидрировании и дегидратации этилового спирта?

Как предложите уравнение этой реакции?

## Деятельность 1

**?** Какое органическое вещество образуется при данных реакциях дегидрирования и дегалогенирования?



В результате дегидратации какого спирта можно получить это вещество?

## 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.** 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.

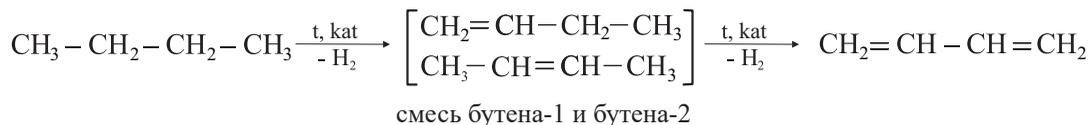


Как видно из уравнения реакции, помимо бутадиена-1,3 получается вода и водород. То есть, во время реакции происходит процесс дегидрирования и дегидратации.

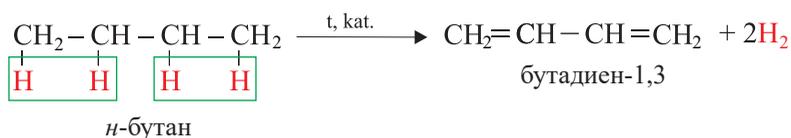
3. Дегидрирование алканов. При высокой температуре в присутствии катализатора от алкана отщепляются две молекулы водорода и получается алкадиен.



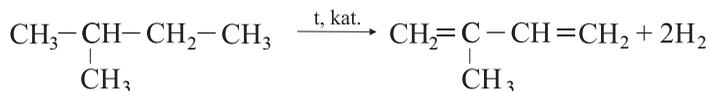
Например, самым распространенным методом получения бутадиена-1,3 является каталитическое дегидрирование *n*-бутана в две стадии. В это время сначала образуется смесь алкенов (смесь бутена-1 и бутена-2), а потом последующим дегидрированием получается бутадиен-1,3.



Уравнение протекающих реакций можно выразить в следующем виде:



Изопрен один из важных представителей гомологического ряда алкадиенов, получают дегидрированием 2-метилбутана.



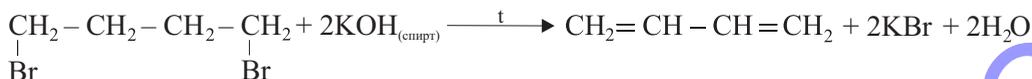
### Обсудите



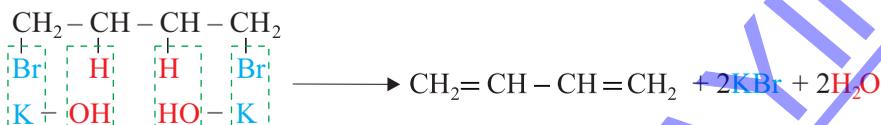
Составьте этапы реакции получения изопрена из 2-метилбутана. Какие алканы получатся как промежуточное вещество при реакции?

**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 два атома галогена, и в молекуле образуется две  $\pi$ -связь.



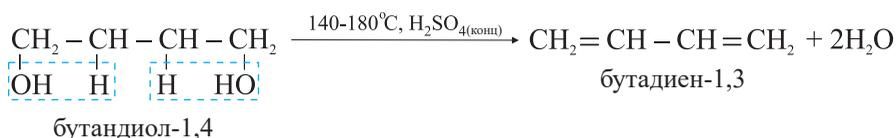
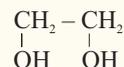
Схематически реакцию можно представить в таком виде:



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  $\pi$ -связь и ее число равно числу молей отщепленной воды. При внутримолекулярной дегидратации двухатомных спиртов отщепляются две молекулы воды, в молекуле образуется две  $\pi$ -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 пропадиен и дивинил газы, а изопрен - летучая жидкость. Алкадиены не растворяются в воде, но хорошо растворимы в неполярных органических растворителях.

## Пример

## ЗАДАЧА 1

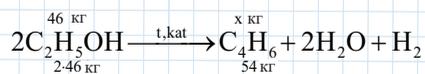
Сколько максимум кг дивинила можно получить из 57,5 литров этилового спирта ( $\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$ )?

## РЕШЕНИЕ:

Напишем уравнение реакции получения дивинила из этилового спирта и найдём массу израсходованного спирта.

$$57,5 \text{ литр} = 57500 \text{ см}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 0,8 \cdot 57500 = 46000 \text{ г} = 46 \text{ кг}$$



$$46 \text{ кг} \text{ ----- } x \text{ кг}$$

$$92 \text{ кг} \text{ ----- } 54 \text{ кг}$$

$$x = \frac{46 \cdot 54}{92} = 27 \text{ кг}$$

## Проверьте себя

## ЗАДАЧА 2

Сколько м<sup>3</sup> (н.у.) смеси пропана и бутана, в составе которой объёмная доля пропана 60%, нужно для получения 2,7 тон дивинила. Выход продукта 50%.

ОТВЕТ 5600 м<sup>3</sup>

Проверьте изученное

- От какого вещества не получается дивинил?  
 А) 2-метилбутан    В) 1,4-дибромбутан  
 С) 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?  
 А) 0,1    В) 0,2    С) 0,4    D) 0,5    E) 1
- Сколько литров (н.у.) водорода выделяется при полном превращении 2 молей бутана в дивинил?  
 А) 112    В) 44,8    С) 22,4    D) 67,2    E) 89,6
- Определите вещества, находящиеся при обычных условиях в жидком состоянии.  
 1. бутадиен-1,3                      2. пентен-2  
 3. 2-метилбутадиен-1,3            4. бутан  
 А) 1, 2    В) 3, 4    С) 2, 3    D) 2, 4    E) 1, 4
- 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.
- 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  $\sigma$ -связей в молекулах органических веществ?

9. Завершите схему согласно нижеприведенным выражениям.

- |                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| 1. 2. бутанол-1→бутен-1       | 4. дегидратация       |
| 2. дегидрирование             | 5. бутан→бутен-1      |
| 3. бутандиол-1,4→бутадиен-1,3 | 6. бутан→бутадиен-1,3 |



10. İfadələri sxem üzrə ayırın.

- |                        |                                      |
|------------------------|--------------------------------------|
| 1. Butadien-1,3 alınır | 2. Dehidratlaşma reaksiyasıdır       |
| 3. Su alınır           | 4. Dehidrohalogenləşmə reaksiyasıdır |



11. Определите соответствие.

*Продукты реакции*

- Алкен
- Алкадиен

*Реакции*

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

# Химические свойства алкадиенов



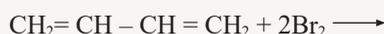
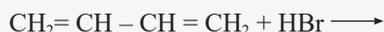
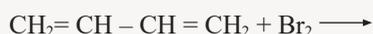
Данные на рисунке предметы вам знакомы и используются в повседневной жизни.

- ?** Из какого материала изготовлены эти предметы?  
 Что вы знаете о химическом составе этого материала?  
 Как можно синтезировать это вещество?

## Деятельность 1

- ?** Как вы думаете, могут ли алкадиены обесцвечивать бромную воду и раствор  $\text{KMnO}_4$ ?

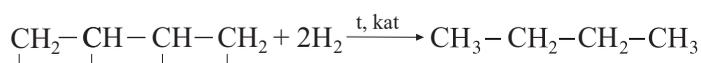
Какие вещества получатся по реакциям приведённых ниже?



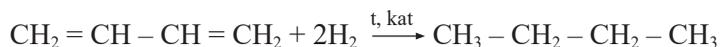
Из-за наличия двух двойных связей в молекулах алкадиенов большинство их химических свойств (присоединение, окисление и полимеризация) похоже с химическими свойствами алкенов. Но химические свойства сопряженных алкадиенов отличаются некоторым своеобразием. Причиной этого является наличие делокализованной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

### Реакции присоединения

Как и алкены, алкадиены тоже присоединяют водород, галоген, галогеноводород и воду. Из-за наличия двух  $\pi$ -связей в молекуле 1 моль алкадиен может присоединить 2 моль  $\text{H}_2$ . Во время реакции при соотношении алкана к водороду 1:2 обе  $\pi$ -связи в молекуле разрываются. Реакцию схематически можно указать следующим образом:



Как видно при полном гидрировании дивинила образуется бутан.



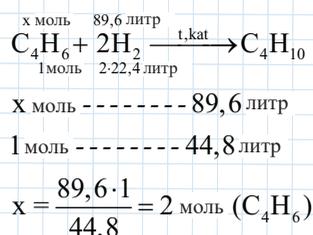
### Пример

#### ЗАДАЧА 1

Для полного гидрирования 5 моль газовой смеси, состоящей из дивинила и бутана, израсходован 89,6 литров (н.у.)  $\text{H}_2$ . Определите объёмную долю в процентах (%) бутана в смеси.

#### РЕШЕНИЕ:

В отличие от дивинила бутан не гидрируется. 1 моль дивинил присоединяет максимум 2 моль водорода.



Так как количество смеси 5 моль, тогда мольное количество бутана будет  $5 - 2 = 3$  моль. Объёмная доля газов в газовой смеси равна их мольной доли, поэтому можно составить следующую пропорцию:

$$\begin{array}{l} 5 \text{ моль} \text{ ----- } 100\% \\ 3 \text{ моль} \text{ ----- } x \% \\ x = \frac{3 \cdot 100}{5} = 60\% (\text{C}_4\text{H}_{10}) \end{array}$$

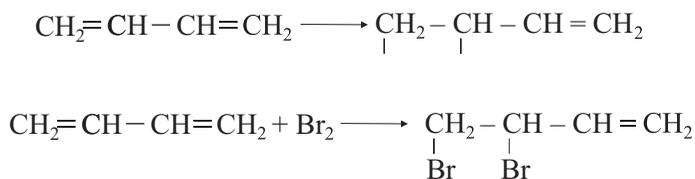
### Проверьте себя

#### ЗАДАЧА 2

Для полного гидрирования газовой смеси, состоящий из пропена и бутадиена-1,3, с объёмом 56 литров израсходован 67,2 литров  $\text{H}_2$ . Вычислите массу(г) исходной смеси.

**ОТВЕТ** 111 грамм

Так как алкадиены непредельные углеводороды, они при обычных условиях обесцвечивают бромную воду. При мольном соотношении дивинила и брома 1:1, реакция может протекать в двух направлениях. Если во время этой реакции разрывается одна  $\pi$ -связь, то в молекуле дивинила атомы брома присоединяются к первому и второму атомам углерода (присоединение в положении-1,2). Схематически эту реакцию можно показать в следующем виде:



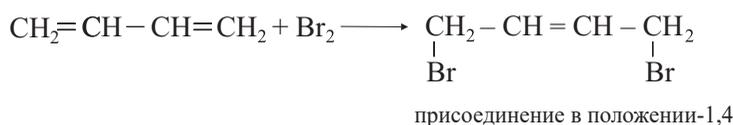
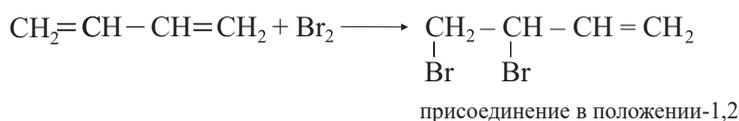
Продуктом реакции является 3,4-дибромбутен-1.

Если во время реакции дивинила и брома, в мольном соотношении 1:1, разрываются обе  $\pi$ -связи в молекуле дивинила, то атомы брома присоединяются к первому и

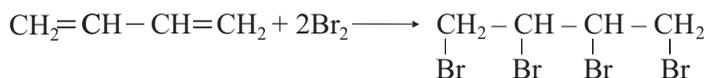
четвёртому атому углерода (присоединение в положении-1,4). В молекуле свободные электроны второго и третьего атома углерода образуют между этими атомами  $\pi$ -связь. Схематически эту реакцию можно показать в следующем виде:



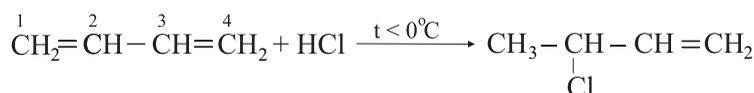
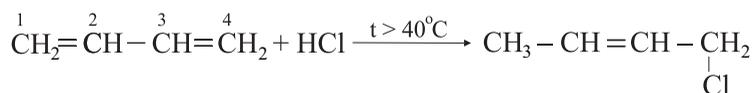
Продуктом реакции является 1,4-дибромбутен-2. Выход продуктов этих реакций зависит, в основном, от температуры. При повышении температуры ( $t > 40^\circ\text{C}$ ) выход продукта присоединения в положении-1,4, а при понижении ( $t < 0^\circ\text{C}$ ) выход продукта присоединения в положении-1,2 увеличиваются. В органической химии, если в результате реакции одновременно образуются несколько веществ, то уравнение реакции записывают по выходу основного продукта. Учитывая это уравнение, этих двух реакций можно написать следующим образом:



Так же как с  $\text{H}_2$  1 моль алкадиен при реакции с бромом присоединяет 2 моль  $\text{Br}_2$ . При реакции алкадиена с  $\text{Br}_2$  в мольном соотношении 1:2 обе  $\pi$ -связи разрываются. Продуктом реакции является 1,2,3,4-тетрабромбутан.



Точно также алкадиены вступают в реакцию присоединения с  $\text{HCl}$ .



### Обсудите

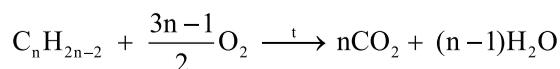


Как будет графическая формула основного продукта, полученного при реакции изопрена и хлороводорода в мольном соотношении 1:1 при низкой температуре ( $t < 0^\circ\text{C}$ )?

Как объясните причину этого?

### Реакция горения и окисления с $\text{KMnO}_4$

Алкадиены в присутствии кислорода горят с образованием  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Общее уравнение реакции полного горения алкадиенов можно показать следующим образом:



Если на алкадиены в нейтральной или слабощелочной среде подействовать слабым раствором  $\text{KMnO}_4$ , то реакция протекает при обычных условиях. Сразу же исчезает фиолетовая окраска раствора  $\text{KMnO}_4$  и получается осадок  $\text{MnO}_2$  бурого цвета. Это реакция, как и для других непредельных углеводородов, для алкадиенов является реакцией определения.

### Реакция полимеризации

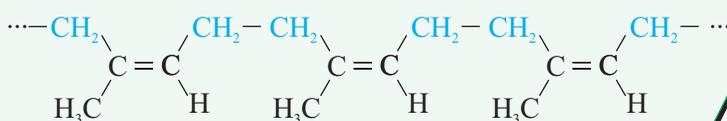
Так как в молекулах алкадиенов между углеродными атомами имеется двойная связь, они полимеризуются. При полимеризации дивинила и изопрена получаются каучуки. Слова «каучук» означает «слёзы» дерева. Первый каучук известный человеку – это *природный каучук*. Этот каучук сок дерева гевея, который растёт в Центральной и в Южной Америке. Жители Центральной и в Южной Америки (индейцы) собирали сок, снимая часть коры дерева гевея.

Они используя каучук как клей изготавливали разную бытовую посуду и водонепроницаемые предметы. Также они изготавливали из каучука мячи, которыми пользовались при различных играх. Эти мячи были тяжелее кожаных, но, ударяясь о землю, высоко подпрыгивали в воздух. Во времена открытия Америки Колумб проявил интерес к природному каучуку.



### Деятельность 2

Практическим образом было определено, что макромолекулы, составляющие основную часть природного каучука имеют следующий состав:

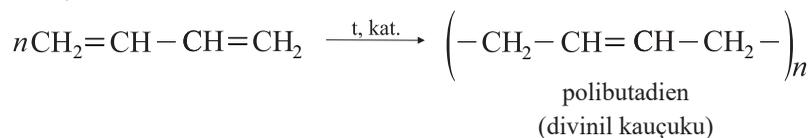


Продуктом полимеризации какого вещества является эта макромолекула?

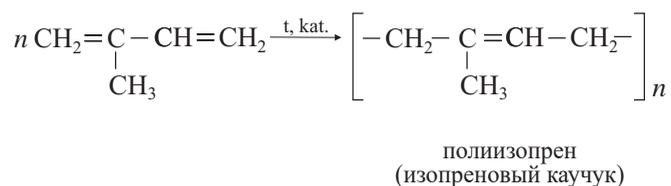
Как вы думаете, при образовании этой молекулы присоединение мономеров происходит в положении-1,2 или в положении-1,4?

Как бы вы составили уравнение этой реакции полимеризации?

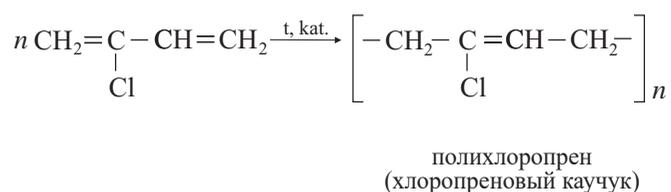
Как и алкены, алкадиены вступают в реакцию полимеризации. Полученных полимеров называют синтетическими каучуками. При полимеризации бутадиена-1,3 обе π-связи молекулы дивинила разрываются, мономеры соединяются друг с другом за счёт первого и четвёртого атомов углерода. После этого в молекуле образуется π-связь между вторым и третьим атомами углерода. Уравнение этой реакции будет следующим образом:



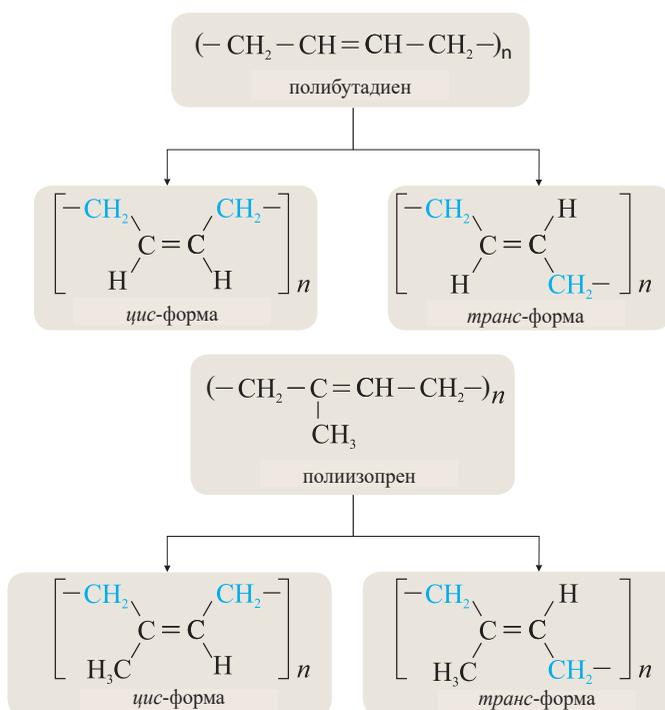
Уравнение реакции полимеризации изопрена будет аналогично:

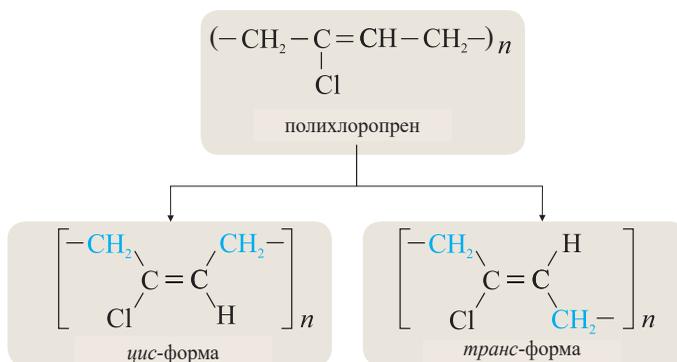


При полимеризации хлорпроизводного дивинила – хлорпрена (2-хлорбутадиен-1,3) образуется хлорпеновый каучук.



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.

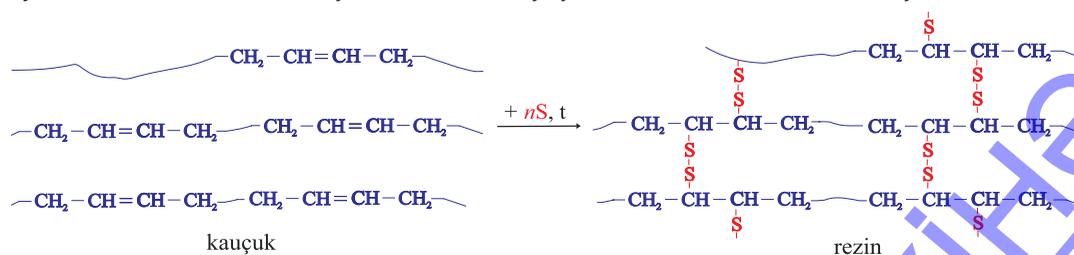




Основная часть природного каучука состоит из макромолекул цис-полиизопрена. Такие свойства, как эластичность, износостойчивость, водо- и газонепроницаемость у природного каучука больше, чем у других каучуков, и это связано со стереорегулярным строением его макромолекулы.



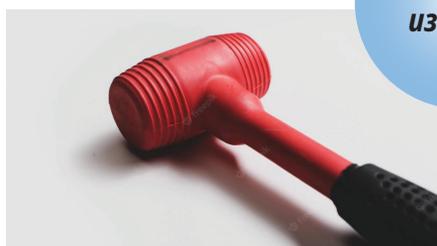
Продукции, изготовленные из каучуков (например, калоши, водонепроницаемая одежда и др.), не находят применения в холодную и жаркую погоду. Так как при повышенной температуре каучук становится мягким и липким, а на холоде – твёрдым и хрупким. Для устранения этих недостатков каучук нагревают с серой до температуры 130–140°C. При этом разрываются  $\pi$ -связи элементарных звеньев, и атомы серы соединяются по месту некоторых двойных связей ( $-\text{S}-\text{S}-$  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. Резины используются в основном в производстве шин автомобилей и других резиновых изделий.



**Резиновые изделия**



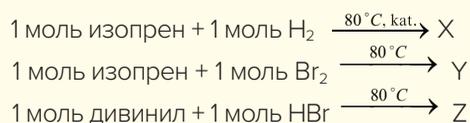
Если во время процесса вулканизации добавить больше серы, чем необходимо для получения резины, то получается твёрдое неэластичное вещество – **эбонит**. Эбонит используется как электроизоляционный материал в электротехнике, а также из него изготавливают корпуса аккумуляторов.

**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

А) 1, 2      В) 3, 4      С) 1, 4  
 Д) 2, 3      Е) 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.

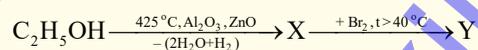
6.



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

Образует цис-транс изомеры	Не образует цис-транс изомеров

7.



Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме.

8.

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

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

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

9. Определите соотношение.

*Реакции присоединения дивинила*

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

*Продукты реакций присоединения*

- a.  $CH_3 - CH = CH - CH_3$
- b.  $CH_2Br - CH = CH - CH_2Br$
- c.  $CH_3 - CHBr - CH = CH_2$
- d.  $CH_3 - CH = CH - CH_2Br$
- e.  $CH_2Br - CH_2 - CH = CH_2$

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.

# IV раздел

## Алкины

ЛАУКІНЭ

## 1

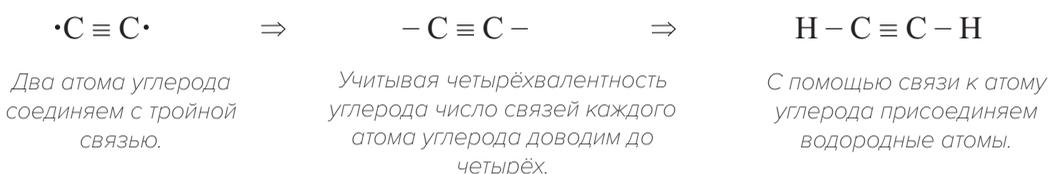
# Гомологический ряд алкинов, графические формулы и пространственное строение их молекул



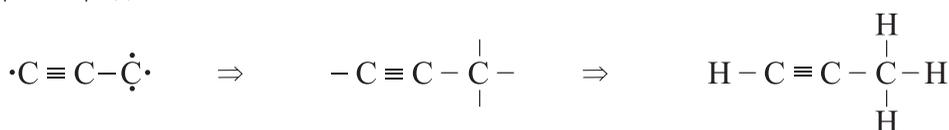
Сколько атомов углерода может содержаться в молекуле первого представителя алкинов? Объясните причину.

По Международной номенклатуре углеводороды с открытой цепью, в молекулах которых между атомами углерода имеется одна тройная связь ( $-\text{C} \equiv \text{C}-$ ), называются алкинами.

В молекуле алкинов тройная связь может образоваться только между атомами углерода. То есть для образования тройной связи в молекуле алкинов должен содержаться не менее двух атомов углерода. По этой причине, как у алкенов, у алкинов тоже нет представителя с одним атомом углерода. В молекуле первого представителя алкинов содержится два атома углерода. Графическая формула алкина в составе с двумя атомами углерода будет следующим образом:



Как видно, формула первого представителя алкинов  $\text{C}_2\text{H}_2$ . Название этого вещества этин или ацетилен. Таким же способом можно составить графическую формулу второго представителя алкинов:



Формула второго представителя будет  $\text{C}_3\text{H}_4$ . Название этого вещества пропин. Как было в алканах, алкины отличаются друг от друга одним или несколькими  $-\text{CH}_2-$  (метиленовая) группой и образуют нижеследующий гомологический ряд:

Формула алкина	Название алкина
$\text{C}_2\text{H}_2$	Этин (ацетилен)
$\text{C}_3\text{H}_4$	Пропин
$\text{C}_4\text{H}_6$	Бутин
$\text{C}_5\text{H}_8$	Пентин и др.

Алкинов также называют углеводородами ряда ацетилена. В молекуле алкинов число водородных атомов на 2 единицы меньше, чем у алкенов с таким же числом атомом углерода. То есть формула алкина будет  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$  ( $n \geq 2$ ).

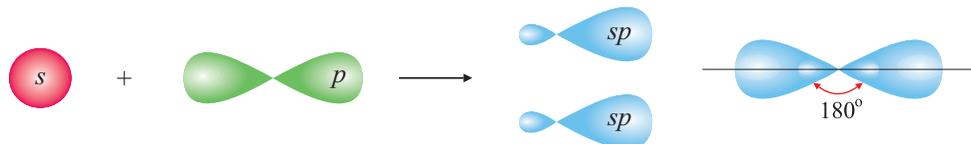
## Деятельность 1



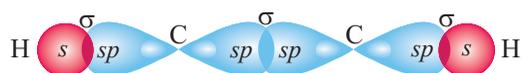
Как вы объясните образование связей в молекуле ацетилена?

Перекрыванием каких орбиталей образуется связи в этой молекуле?

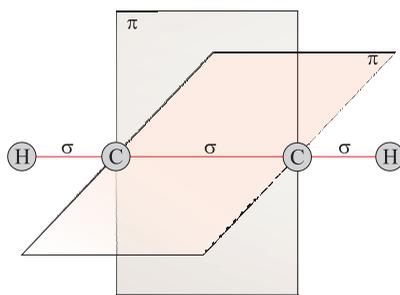
Рассмотрим пространственное строение молекул алкинов на примере первого представителя гомологического ряда – ацетилена. В молекуле ацетилена у каждого атома углерода в возбуждённом состоянии одна  $s$  и одна  $p$  орбитали последнего энергетического уровня подвергаются гибридизации и образуют  $sp$  гибридные орбитали. Образованные  $sp$  гибридные орбитали находятся на одной прямой под углом  $180^\circ$ .



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  $C-C$   $\sigma$ -связь.



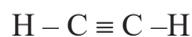
Две  $p$ -орбитали каждого атома углерода не принимают участия в гибридизации, перекрываются взаимно с боков в перпендикулярных друг к другу плоскостях с образованием две  $\pi$ -связи.



Значит, в молекуле ацетилена тройная связь между атомами углерода состоит из одной  $\sigma$ -и двух  $\pi$ -связей.



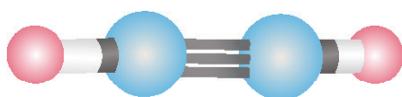
*электронная формула ацетилена*



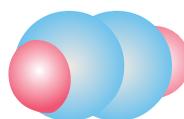
*графическая формула ацетилена*

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*



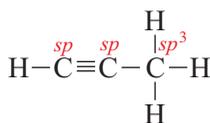
*шаровая модель молекулы ацетилена*

**Обсудите**

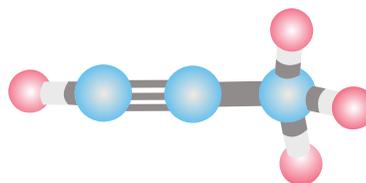
**?** Найдите общих и отличительных особенностей для молекул  $\text{CH} \equiv \text{CH}$ ,  $\text{BeCl}_2$  и  $\text{N}_2$ ? Объясните причину схожести.



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

**Пример**

**ЗАДАЧА 1**

Сколько углеродных атомов имеет молекула алкина с числом атома водорода  $2n+2$ ?

**РЕШЕНИЕ:**

Выражая формулу алкина как  $\text{C}_x\text{H}_{2x-2}$  и учитывая условие задачи, для числа атомов водорода можно написать:

$$\begin{aligned} 2x - 2 &= 2n + 2 \\ 2x &= 2n + 4 \\ x &= n + 2 \end{aligned}$$

В молекуле алкина с числом атомов водорода  $2n + 2$  число углеродных атомов будет  $n + 2$ .

**Проверьте себя**

**ЗАДАЧА 2**

Вычислите относительную молекулярную массу алкина в котором общее число атомов равно  $3n - 5$ .

**ОТВЕТ**  $14n - 16$

Как у других алифатических углеводородов, и в алкинах степень окисления углеродных атомов можно определить по числу атомов водорода.





## Проверьте изученное

1. Выберите вещества с общей формулой

1.  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$
2.  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$
3.  $\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$
4.  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

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

2. Определите число  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей в молекуле ацетилена.

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

3.  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2 \rightarrow \text{HC} \equiv \text{CH}$

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

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

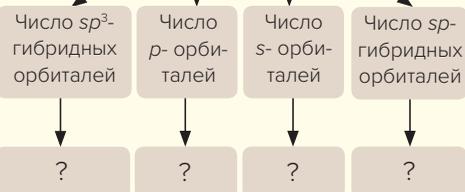
5. Вычислите относительную молекулярную массу алкина, молекула которого содержит 8 атомов водорода.

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

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

7.

Участвующие в образовании химических связей в молекуле пропина



8. Определите соответствие.

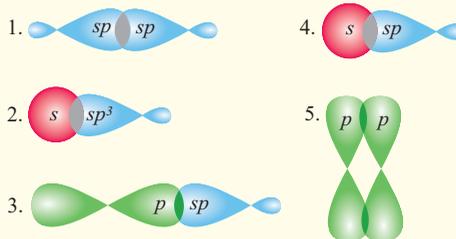
*Пространственное строение молекулы*

1. линейная
2. тетраэдрическая

*Молекулярная формула*

- a.  $\text{HC} \equiv \text{CH}$       b.  $\text{CO}_2$   
c.  $\text{CH}_4$               d.  $\text{H}_2\text{O}$

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



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

10.

пропин → что общего? ← бутин-1

1. Число  $\sigma$ -связей в молекуле.
2. Число  $\pi$ -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. В молекуле  $\text{HC} \equiv \text{C} - \text{R}$  имеется 12 орбиталей, определите радикал R.

12. Сопоставьте структурные формулы алкинов, с разным числом атомов углерода. Предложите формулу, по которой можно определить число  $\sigma$ -связей в молекуле алкина, в состав которого входит  $n$  атомов углерода.



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

## 2

## Номенклатура и изомерия алкинов

Алкан	Число изомеров	Алкен	Число изомеров	Алкин	Число изомеров
$C_4H_{10}$	2	$C_4H_8$	4	$C_4H_6$	2
$C_5H_{12}$	3	$C_5H_{10}$	6	$C_5H_8$	3

Число изомеров у алкенов больше числа изомеров у алканов с одинаковым числом углеродных атомов. Причиной этого является структурной наличие изомерии по положению двойной связи и *цис-транс* изомерии в молекулах алкенов. Число изомеров в алкинах меньше, чем в алкенах с одинаковым числом углеродных атомов.



Как объясните этот факт?

## Номенклатура

Алкинов называют и по рациональному методу, и по Международной номенклатуре.

## Деятельность 1

Называние алкенов по рациональному методу:

- Первый представитель алкенов называют этиленом.



- Других алкенов рассматривают как производные этилена, в молекулах которых атомы водорода частично или полностью замещены на алкильные радикалы. Сначала читают название радикалов, указывая его число в конце называют этилена.



Называние алкинов по рациональному методу:

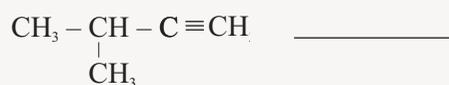
- \_\_\_\_\_



- \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

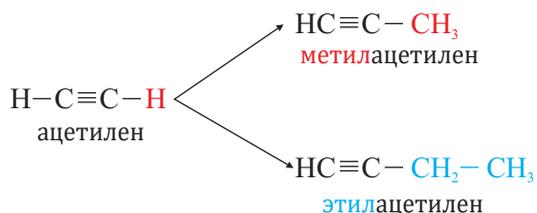


Напишите в тетрадь последовательность названия алкинов по рациональному методу?

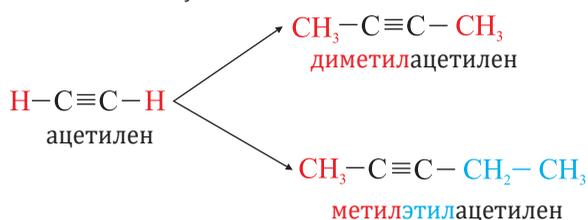
Нужно ли использовать слова *симметричный* и *несимметричный* для названия алкина  $CH_3 - C \equiv C - CH_3$  по рациональному методу?

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:

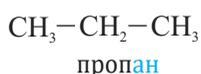
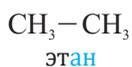
1. Когда в молекуле ацетилена один из атомов водорода замещён алкильным радикалом:



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».



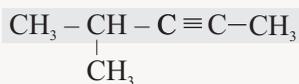
В неразветвлённых молекулах алкинов, когда в главной цепи число атомов углерода больше трёх, то цепь нумеруют с того конца, к которому ближе тройная связь. В конце названия алкина обозначают положение тройной связи номером того углеродного атома, от которого начинается тройная связь (место тройной связи).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



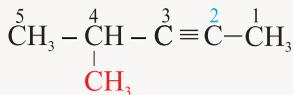
При названии разветвлённых алкинов по Международной номенклатуре должны соблюдаться нижеуказанные правила.

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.
3. 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 алканы, соответствующего главной цепи, окончание «ан» заменяют на «ин» и читают номер углерода, с которого начинается тройная связь.

1. Выбирается углеродная цепь



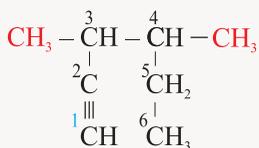
2. Нумеруются атомы углерода



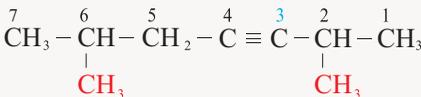
3. Называется алкин

4-метилпентин-2

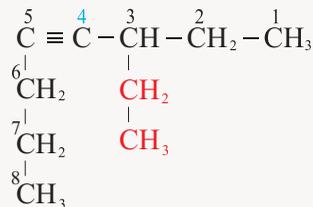
Рассмотрим название несколько алкинов.



3,4-диметилгексин-1



2,6-диметилгептин-3



3-этилоктин-4

### Обсудите



$\text{CH} \equiv \text{C} - \underset{\text{CH} - \text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  Предложите название вещества по Международной номенклатуре. Какое правило предложите для названия этого вещества?

### Изомерия

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

### Деятельность 2

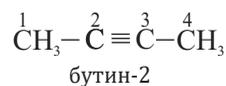
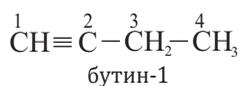


Минимум сколько атомов углерода должен быть в составе алкина для структурной изомерии по углеродной цепи?

С какого алкина начинается структурная изомерия по положению тройной связи?

Составьте графическую формулу алкинов с составом  $\text{C}_4\text{H}_6$  и  $\text{C}_5\text{H}_8$  и назовите по Международной номенклатуре.

Существует только один алкин с составом  $\text{C}_2\text{H}_2$  и  $\text{C}_3\text{H}_4$ . То есть, у этина и пропина нет внутри классовых изомеров. Есть 2 алкина с составом  $\text{C}_4\text{H}_6$ .



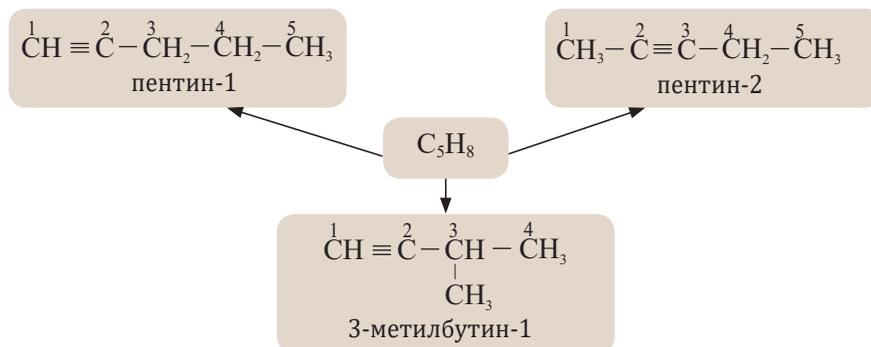
Как видно, эти алкины различны по положению тройной связи. И этих алкинов нет структурных изомеров по углеродной цепи.

### Обсудите



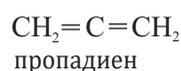
Почему алкин с составом  $\text{C}_4\text{H}_6$  не образует структурного изомера по углеродной цепи?

Изомерия по углеродному скелету у алкинов, в отличие от алканов и алкенов, начинается с представителя, в молекуле которого находятся пять атомов углерода ( $\text{C}_5\text{H}_8$ ).

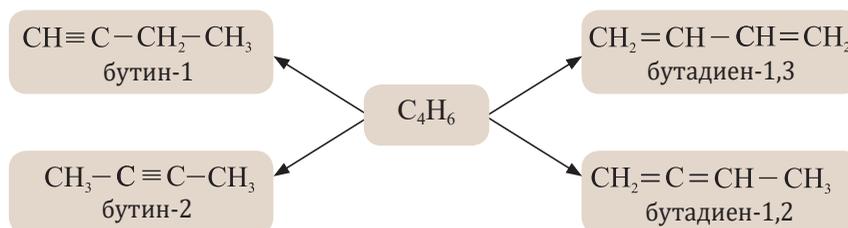


Как видно из алкинов с составом  $\text{C}_5\text{H}_8$  пентин-1 пентин-2 являются изомерами по положению тройной связи, пентин-1 и 3-метилбутин-1 по структуре углеродной цепи. А пентин-2 и 3-метилбутин-1 отличаются друг от друга и по положению тройной связи, и по структуре углеродной цепи.

Алкины и алкадиены, содержащие одинаковое число атомов углерода в молекулах, являются межклассовыми изомерами. В алкинах межклассовая изомерия начинается с пропина ( $\text{C}_3\text{H}_4$ ).



Структурные изомеры алкина с формулой  $\text{C}_4\text{H}_6$  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.

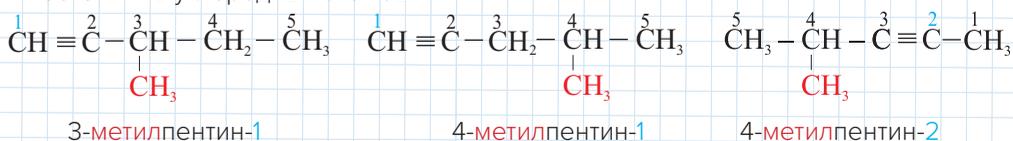
### Пример

#### ЗАДАЧА 1

Напишите графические формулы алкинов с формулой  $\text{C}_6\text{H}_{10}$ , в главной цепи которых имеется пять углеродных атомов и назовите их по Международной номенклатуре.

#### РЕШЕНИЕ:

Напишем графические формулы алкинов с формулой  $\text{C}_6\text{H}_{10}$ , в главной цепи которых имеется пять углеродных атомов:



### Проверьте себя

#### ЗАДАЧА 2

В молекуле  $\text{C}_4\text{H}_9 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{C}_3\text{H}_7$  число первичных атомов углерода максимальное. Назовите алкин по Международной номенклатуре.

ОТВЕТ 2,2,5-триметилгексин-3



# Получение, физические свойства и реакции горения алкинов

Вам знакомы процессы сварки, соединения и резки металлов. В некоторых видах сварок эти процессы проводятся с использованием пламени. При сварке металлов с помощью пламени металлические части плавятся от тепла и соединяются.

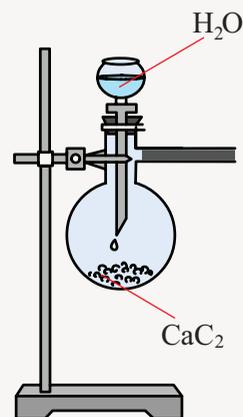


**?** При горении каких газов, в основном, выделяется высокая теплота, нужная для этих сварок.  
Встречались ли вы выражение карбидная сварка в повседневной жизни? Почему эту сварку так называют?

## Деятельность 1

**Реактивы и оборудования:** Карбид кальция, поваренная соль, вода, круглодонная колба (колба Вюрца), капельная воронка, газоотводная трубка, пробка.

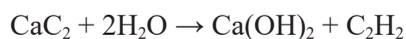
Соберите прибор как показано на рисунке. В колбу поместите карбид кальция и закройте горлышко колбы. Затем при помощи капельной воронки добавьте к нему насыщенную поваренной солью воду. К концу газоотводной трубки приблизьте горящую спичку.



**?** Что вы наблюдаете?  
Предложите уравнение этой реакции.

## Получение

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



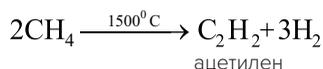
Реакцию схематически изображают так, как показано ниже:





Однако данный способ экономически не выгоден, потому что на производство карбида кальция затрачивается большое количество энергии. Но для получения ацетилена, нужного для сварочных работ используют этот метод.

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.



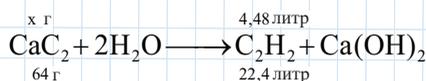
**Пример**

**ЗАДАЧА 1**

Получено 4,48 литров (н.у.) ацетилена при взаимодействии 40 граммов технического карбида кальция. Вычислите массовую долю примеси (%) в техническом карбиде кальция.

**РЕШЕНИЕ:**

В составе технического карбида кальция, кроме CaC<sub>2</sub> бывают и разные примеси. По объёму полученного ацетилена вычисляем массу карбида кальция.



$$x \text{ г} \text{ ----- } 4,48 \text{ литр}$$

$$64 \text{ г} \text{ ----- } 22,4 \text{ литр}$$

$$x = \frac{64 \cdot 4,48}{22,4} = 12,8 \text{ г}$$

40 – 12,8 = 27,2 грамм (примесь).

Вычисляем массовую долю примеси:

$$40 \text{ г} \text{ ----- } 100\%$$

$$27,2 \text{ г} \text{ ----- } x\%$$

$$x = \frac{27,2 \cdot 100}{40} = 68\%$$

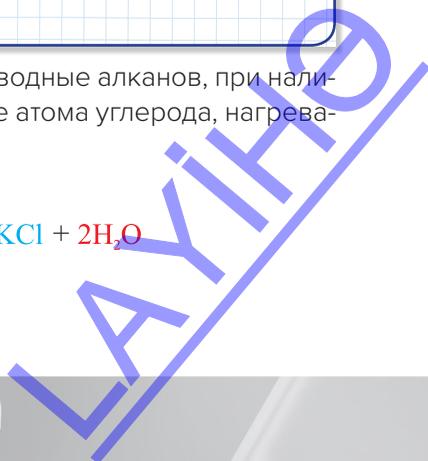
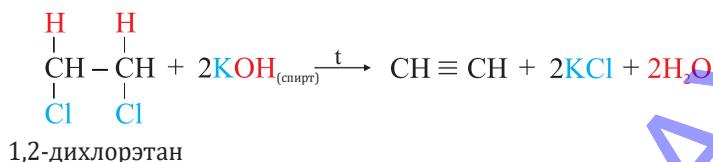
**Проверьте себя**

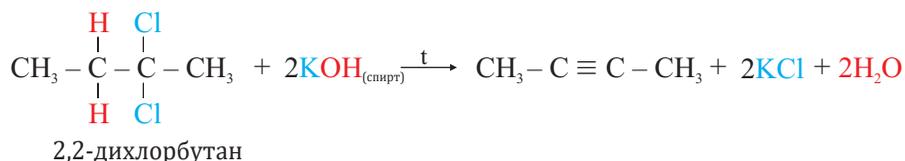
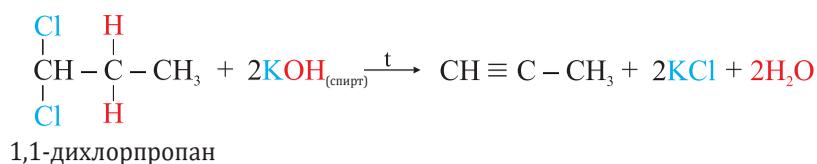
**ЗАДАЧА 2**

Вычислите объёмную долю ацетилена в газовой смеси, полученной при полном разложении смеси метана и азота, с объёмной долей азота 75%.

**ОТВЕТ:** 10%

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.





## Обсудите



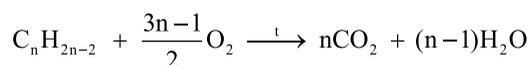
Предложите способ из двух стадий для получения бутин-2 из бутен-2. Составьте уравнения соответствующих реакций.

## Физические свойства

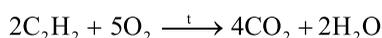
С возрастанием относительной молекулярной массы алкинов повышается температура кипения и плотность алкинов.  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_3\text{H}_4$  и  $\text{C}_4\text{H}_6$  при обычных условиях – в газообразном состоянии. Алкины не растворяются в воде, но хорошо растворяются в органических растворителях. Ацетилен в чистом виде при обычных условиях бесцветный газ, не имеет запаха.

## Реакции горения

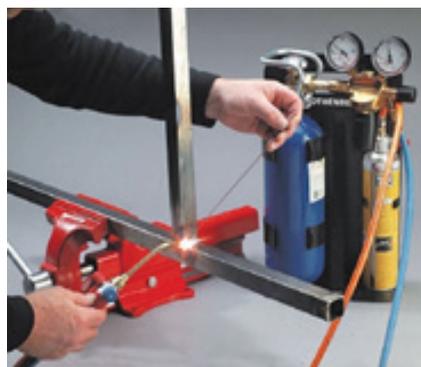
Как и другие углеводороды, алкины горят в присутствии кислорода с образованием  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Общее уравнение реакции полного горения алкинов можно показать в виде:



Например, уравнение реакции горения ацетилена будет как показано ниже:



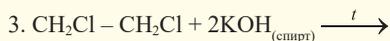
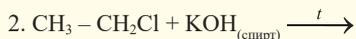
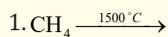
Ацетилен используется при сварочных работах. Ацетилена, находящегося под давлением, не разрешают держать и транспортировать в обычных баллонах. По этой причине ацетилен получают во время сварочных работ. Для этой цели используют ацетиленовые генераторы. В этих генераторах карбид кальция вступают в реакцию с водой. Полученный ацетилен перемешивают с кислородом и сжигают. При горении ацетилена на воздухе реакция идёт частично и выделяется мало теплоты. Но смесь ацетилена с кислородом горит быстро и в это время выделяется большое количество тепла. В результате выделенной теплоты образуется высокая температура (3000 °C). При этой температуре металлы расплавляются, их сварят или режут.



Ацетилен, в отличие от этана и этилена, на воздухе горит коптящим пламенем. Причина этого – большая массовая доля углерода в ацетиле.

Проверьте изученное

1. При каких реакциях получается ацетилен?



2. Почему при действии щелочного раствора KOH на 1,1-дибромбутан получают бутин-1, а при действии на 2,2-дихлорбутан получают бутин-2?

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

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

- A) 22,4      B) 33,6      C) 11,2  
D) 44,8      E) 56

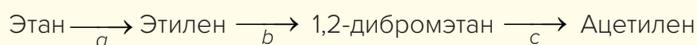
5.

Агрегатное состояние при обычных условиях	
Жидкость	Газ

Выберите данные вещества по схеме.

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

10.



Определите соответствующие реакции превращений: дегидрование (I) и дегидрогалогенирование (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

11.



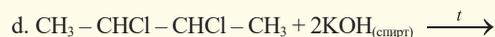
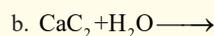
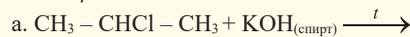
Напишите уравнения реакций, согласно схеме.

6. Определите соответствие.

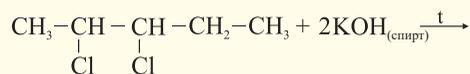
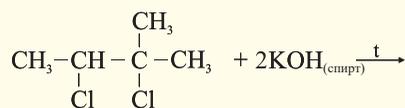
*Вещество, полученное в реакции*

1. Алкин  
2. Алкен  
3. Алкадиен

*Реакция*



7.



Завершите реакции и назовите полученные вещества по международной номенклатуре.

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

9. Из 5-ти молей метана получают 1 моль ацетилена. Вычислите выход продукта (в %).  
A) 50    B) 40    C) 60    D) 80    E) 20

# 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?

Так как в молекуле алкинов есть  $\pi$ -связь, для них тоже характерно реакции присоединения. Кроме этого, алкины ещё вступают в реакцию окисления и замещения.

## Деятельность

1

**Реактивы и оборудования:** Карбид кальция, поваренная соль, вода, бромная вода, раствор перманганата калия, нитрат серебра(I), аммиачная вода, круглодонная колба (колба Вюрца), штатив, капельная воронка, пробка, газоотводная трубка, 3 пробирки.

Сначала в одну из пробирок наливают бромную воду, в другую раствор перманганата калия. В третьей пробирке приготавливают аммиачный раствор нитрата серебра(I). Для этого в пробирку помещают нитрат серебра(I) в малом количестве, затем добавляют 5% - раствор аммиака в воде до полного растворения нитрата серебра(I). Отдельно получают ацетилен как в предыдущей теме. Далее полученный ацетилен пропускают сначала через бромную воду, затем через раствор перманганата калия и в конце через аммиачный раствор нитрата серебра(I).



Что вы наблюдаете при пропускании ацетилена через разные растворы?

Как вы предложите уравнение реакций?

Как будет название вещества, полученного при пропускании ацетилена через бромную воду?

По каким химическим свойствам алкины отличаются от алканов?

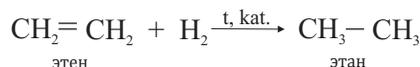
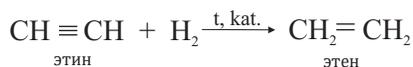
## Реакция присоединения

Алкины вступают в реакцию присоединения с водородом, с галогенами, с галогеноводородами, с водой и др. Из-за наличия двух  $\pi$ -связей в тройной связи реакция присоединения протекают в двух стадиях.



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.



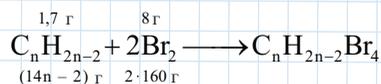
### Пример

#### ЗАДАЧА 1

1,7 грамм алкина полностью вступает в реакцию с 400 грамм 2% раствором бромной воды. Сколько атомов углерода находятся в  $sp^3$  гибридизации в молекуле алкина?

#### РЕШЕНИЕ:

В 400 грамм 2% растворе бромной воды имеется 8 грамм  $\text{Br}_2$ . 1 моль алкин реагирует с 2 моль бромом.



$$\begin{array}{l} 1,7 \text{ г} \text{ ----- } 8 \text{ г} \\ (14n-2) \text{ г} \text{ ----- } 320 \text{ г} \end{array}$$

$$14n - 2 = \frac{1,7 \cdot 320}{8} = 68$$

$$n = 5$$

Значит, в алкине имеется пять углеродных атомов. В алкинах 2 углеродных атомов бывают в  $sp$  гибридизации, а остальные в  $sp^3$  гибридизации:  $5 - 2 = 3$

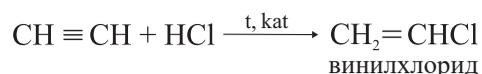
### Проверьте себя

#### ЗАДАЧА 2

2 грамм пропина полностью вступают в реакцию с 500 грамм бромной водой. Определите массовую долю (%) брома в бромной воде.

ОТВЕТ 3,2%

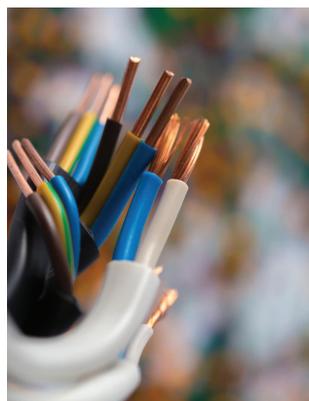
В присутствии катализатора ацетилен соединяется с хлороводородом в мольном отношении 1:1 и образует винилхлорид.



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

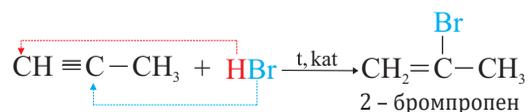


Поливинилхлорид – один из полимеров, который в настоящее время нашёл широкое применение. Он устойчив по отношению к действиям химических веществ. Его используют для изготовления окон, дверей, жалюзи, покрытий для подвесных потолков, пластмассовых труб, искусственной кожи и др. Поливинилхлорид обладает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

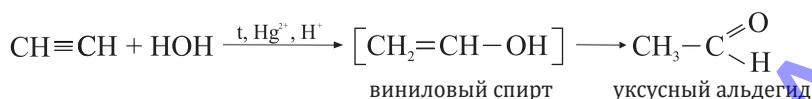


**Поливинилхлорид**

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.

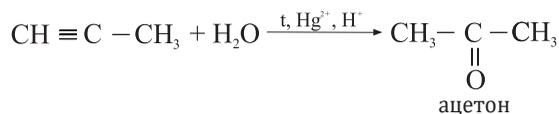


## Обсудите

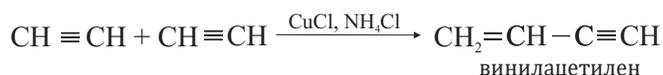


На основе продукта реакции ацетилена с водой прогнозируйте строение продуктов реакций пропина, бутин-1 и бутин-2 с водой.

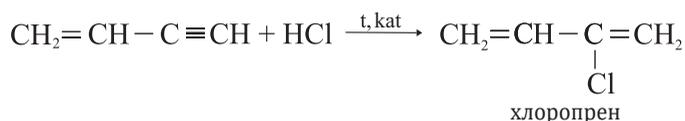
При гидратации других алкенов получаются кетоны.



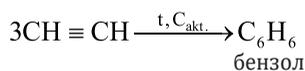
Молекулы ацетилена соединяются друг с другом и образуют различные продукты. При пропускании ацетилена через водный раствор солей хлорида меди(II) и хлорида аммония, он димеризуется, и в это время образуется винилацетилен.



При соединении с одним молекул хлороводорода винилацетилен превращается в хлоропрен.

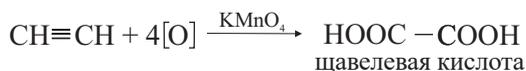


При пропускании ацетилена через нагретую трубку с активированным углем он тримеризуется с образованием бензола.



## Реакции окисления с перманганатом калия

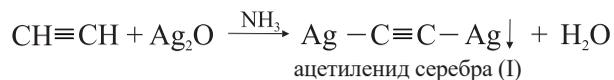
Алкины, как и алкены, легко окисляются с растворами окислителей. Например, если на алкины подействовать раствором  $\text{KMnO}_4$ , то сразу же исчезает фиолетовая окраска раствора (раствор обесцвечивается), и получается осадок  $\text{MnO}_2$  бурого цвета. Эта реакция является реакцией определения алкинов. При пропускании ацетилена через раствор перманганата калия, он превращается в щавелевую кислоту:



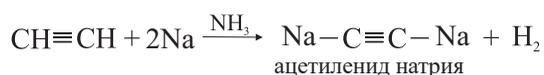
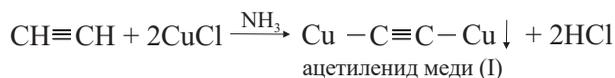
## Реакция замещения

В молекуле алкинов связь, образованная между атомом углерода при тройной связи и атомом водорода более полярная, чем связи, образованные между другими атомами углерода с водородом. Поэтому атом водорода, соединённый с углеродом при тройной связи, становится подвижным и может замещаться атомами металлов.

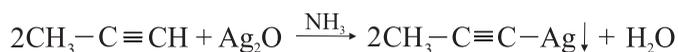
Например, при пропускании ацетилена через аммиачный раствор оксида серебра(II) выпадает осадок ацетиленида серебра(II). Аммиачный раствор оксида серебра(II) называется реактивом Толленса. Уравнение реакции можно выразить в простом виде, как показано ниже.



Похожие реакции протекают с аммиачным раствором хлорида меди(II) 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.

щавелевая кислота



### Проверьте изученное

- Покажите продукт тримеризации ацетилена.  
 А) дивинил                      В) гексан  
 С) бензол                        D) этилен  
 Е) винилацетилен
- Определите продукт, образованный присоединением к молекуле пропина одной молекулы брома.  
 А) 1-бромпропен  
 В) 1,2-дибромпропан  
 С) 1,2-дибромпропен  
 D) 2-бромпропен  
 Е) 3-бромпропан
- При помощи каких веществ можно отличить бутин-1 от бутина-2? Обоснуйте свой ответ.
- Происходит ли обесцвечивание бромной воды продуктом, образованным при взаимодействии ацетилена с бромом в мольном отношении 1:1? Обоснуйте свои мысли.
- Сколько всего молей  $\text{H}_2$  затратится на полное гидрирование смеси 1 моля пропина и 2 молей винилацетилена.
- При пропускании газовой смеси, состоящей из этилена и ацетилена, через аммиачный раствор оксида серебра(II), взятого в избытке, объём газовой смеси уменьшается на 60%. Найдите мольное отношение  $[\nu(\text{C}_2\text{H}_4) : \nu(\text{C}_2\text{H}_2)]$  газов в смеси.
- Предложите способы получения хлоропренового каучука из метана.
- $$\text{CaO} \xrightarrow[+\text{CO}]{+\text{C}, t} \text{X} \xrightarrow[+\text{Ca}(\text{OH})_2]{+\text{H}_2\text{O}} \text{Y} \xrightarrow[+\text{Ag}_2\text{O}(\text{NH}_3)]{+\text{H}_2\text{O}, \text{Hg}^{2+}, \text{H}^+} \text{Z}$$

t, C актив

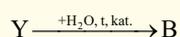
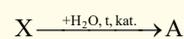
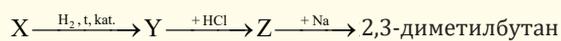
Напишите уравнения реакций согласно схеме.

9. Выделите вещества по схеме.

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  $\xrightarrow{t}$

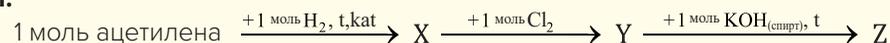
10.



Выделите вещества X, Y, Z и B в нижеуказанной схеме.

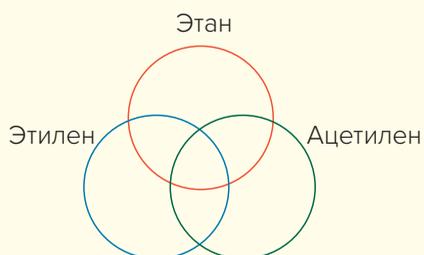


11.



Напишите уравнения реакций согласно схеме.

12. Сопоставьте 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(II)
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

# V раздел

## Циклоалканы

ЛАУКІНЭ

## 1

# Гомологический ряд циклоалканов, графические формулы и пространственное строение их молекул

Вещество	Гибридизация углеродных атомов	Угол связи
Алкан	$sp^3$	$109^\circ 28'$
Циклоалкан	$sp^3$	<del><math>109^\circ 28'</math></del>



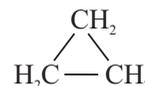
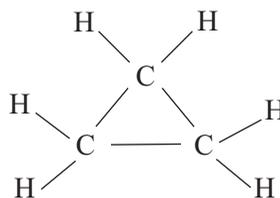
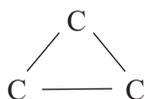
Несмотря на одинаковое гибридное состояние атомов углерода в молекулах алканов и циклоалканов валентные углы разные. Как вы объясните причину этого?

## Гомологический ряд и графические формулы циклоалканов

Циклоалканов можно рассматривать как циклическая форма алканов.

Для образования цикла требуется не менее трёх атомов углерода.

Каждый углеродный атом соединяется с двумя атомами углерода и становится IV валентным.



Первый представитель циклоалканов называется циклопропаном.

## Деятельность 1

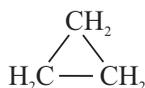


Составьте графическую формулу циклоалканов неразветвленного строения с 4, 5 и 6 атомами углерода в молекуле.

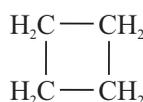
Напишите молекулярную формулу и название этих веществ.

Составьте общую формулу циклоалканов.

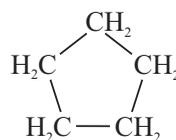
С таким же способом можно составить графическую формулу других циклоалканов.



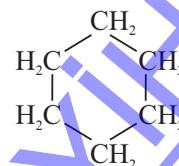
циклопропан



циклобутан



циклопентан



циклогексан

Как видно в составе циклоалканов число водородных атомов в два раза больше числа углеродных атомов. По Международной номенклатуре углеводороды циклического строения с общей формулой  $C_nH_{2n}$  ( $n \geq 3$ ) называются циклопарафинами или циклоалканами. Циклоалканов называют ещё циклопарафинами.

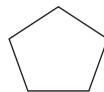
Циклоалканов ещё можно показать в следующей форме:



циклопропан



циклобутан



циклопентан



циклогексан

### Пример

#### ЗАДАЧА 1

Каким по номеру представителем в гомологическом ряду будет циклоалкан, имеющий в молекуле всего 15 атомов.

#### РЕШЕНИЕ:

Так как, общая формула циклоалканов  $C_nH_{2n}$ , общее число атомов будет  $n + 2n = 3n$ .

$$3n = 15$$

$$n = 5$$

Первый представитель циклоалканов имеет 3 атома углерода, поэтому  $C_5H_{10}$  будет III представителем гомологического ряда.

### Проверьте себя

#### ЗАДАЧА 2

Вещество	Относительная молекулярная масса	Место в гомологическом ряду
Алкан	$m$	VI
Циклоалкан	$m + 12$	$x$

Определите  $x$

ОТВЕТ V

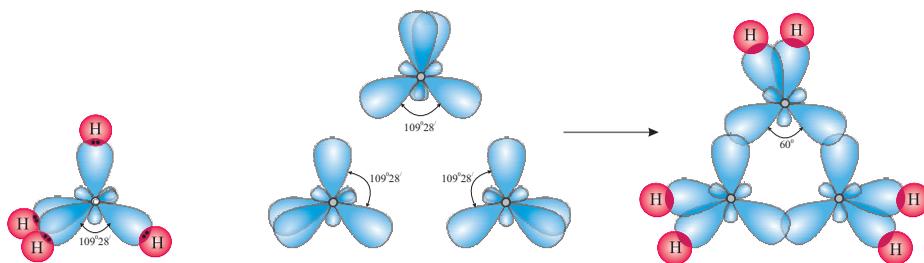
### Пространственное строение циклоалканов

#### Обсудите



Используя знания по математике, вспомните вычисления углов в треугольнике, в квадрате, в пятиугольнике и в шестиугольнике. Сколько градусов, соответственно, будут углы связи в циклопропане, в циклобутане, в циклопентане и в циклогексане?

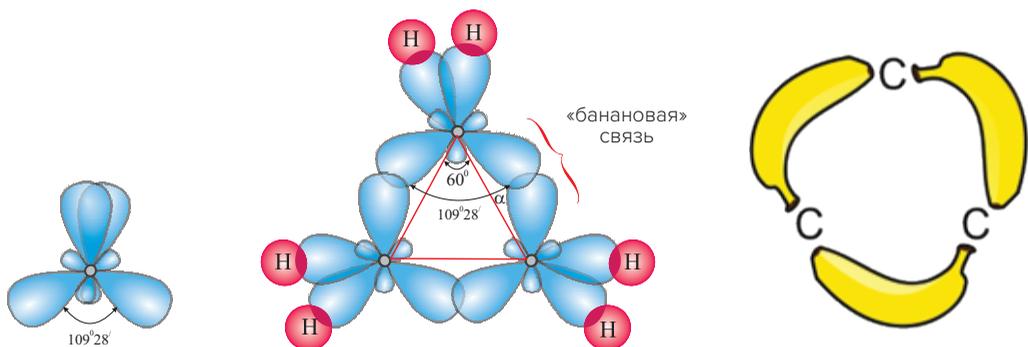
Рассмотрим пространственное строение циклоалканов на примере образования молекулы циклопропана. В циклоалканах атомы углерода находятся в  $sp^3$  гибридном состоянии. При образовании молекул циклоалканов каждый атом углерода образует 4  $sp^3$  гибридные орбитали. Две гибридные орбитали участвуют в 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  $60^\circ$ . 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  $60^{\circ}$

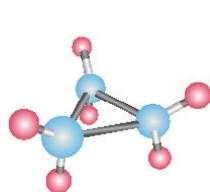
В молекулах циклоалканов, в отличие от алканов, гибридные орбитали, участвующие в образовании связей между атомами углерода, находятся в напряженном состоянии (иногда эти связи называют «банановыми» связями). Это напряжение растёт с увеличением отклонения угловых связей атомов углерода от нормального положения ( $109^{\circ}28'$ ). Это отклонение называют угловым напряжением.



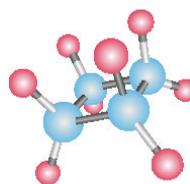
За счёт напряжения гибридных орбиталей валентные углы уменьшаются от  $109^{\circ}28'$ , до  $60^{\circ}$ .

«банановая» связь в молекуле циклопропана

То же самое наблюдается при образовании других молекул циклоалканов, и углы связей отличаются от  $109^{\circ}28'$ . Например, в молекуле циклобутана углы связей равны  $90^{\circ}$ , в молекуле циклопентана  $108^{\circ}$ , а в молекуле циклогексана  $120^{\circ}$ . Ниже даны шаростержневые модели молекул циклопропана и циклобутана.



шаростержневая модель молекулы циклопропана



шаростержневая модель молекулы циклобутана

В циклоалканах размеры цикла чем больше, тем угловое напряжение бывает меньше.

**?** Проверьте изученное

- В каких молекулах число атомов водорода одинаковое?
  - бутан
  - циклопропан
  - бутен-2
  - циклопентан
 А) 1, 2 В) 3, 4 С) 1, 3 D) 2, 4 E) 1, 4
- Расположите вещества в порядке увеличения числа  $\sigma$ -связей в молекулах.
  - пропен
  - пропан
  - циклопропан
- 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.
- Как мы уже знаем, если в молекуле алкана отсоседних 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.
- Сопоставьте пространственное строение молекул циклопропана и циклобутана и объясните причину различия углов связей.
- Пропан и циклопропан отличаются друг от друга:
  - По гибриднему состоянию атомов углерода
  - По числу C – C связей в молекуле
  - По числу атомов водорода в молекуле
 А) только 1 В) только 2  
 С) только 3 D) 1, 2  
 E) 2, 3
- Почему угловое напряжение в молекуле циклобутана меньше, чем в молекуле циклопропана?
- 

Используя нижеуказанные утверждения, завершите схему.

- Молекула имеет 12 гибридных орбиталей
- Общее число атомов в молекуле равно 9
- Молекула образуется только за счёт  $\sigma$ -связей
- Молекула с открытой цепью
- Почему в отличие от молекулы пропана в молекуле циклопропана имеется «банановая» связь?

10.

Вещество	Число связей	
	Полярные	Неполярные
Циклоалкан	8	у
Алкан	х	2

Вычислите сумму  $x + y$ .

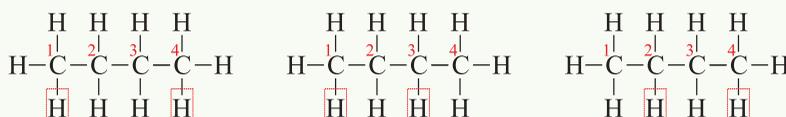
11. Завершите схему.



## 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.

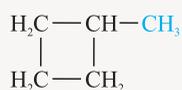


Какие из полученных циклоалканов одинаковые, а какие – разные вещества? Какими схожими между собой особенностями обладают разные циклоалканы?

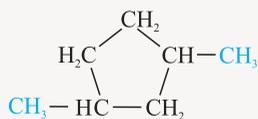
## Номенклатура

## Деятельность 1

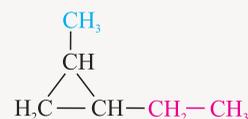
Ниже даны циклоалканы разветвленного строения и названия их по международной номенклатуре.



метилциклобутан



1,3-диметилциклопентан

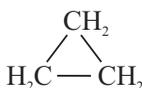


1-метил-2-этилциклопропан

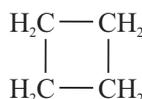


Составьте алгоритмы для называния циклоалканов по международной номенклатуре.

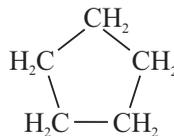
Согласно международной номенклатуре названия неразветвлённых циклоалканов образуются от соответствующих алканов с аналогичным числом атомов углерода посредством прибавления к ним приставки «цикло». Например:



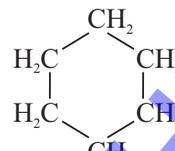
циклопропан



циклобутан

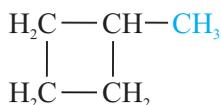


циклопентан



циклогексан

Если в цикле имеется один радикал (заместитель), то при названии циклоалкана атомы углерода, образующие цикл, считают основной цепью, вначале называют радикал, затем название цикла.



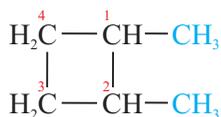
метилциклобутан



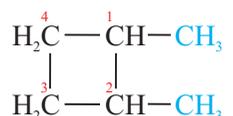
этилциклопропан

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:

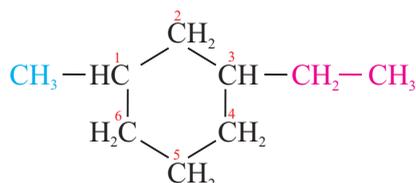


2. Читает номер углерода, к которому присоединены радикалы, названия радикалов, а потом название главной цепи.



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.



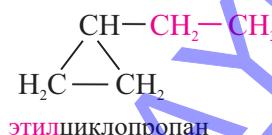
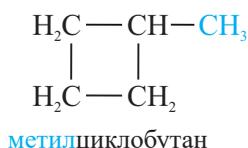
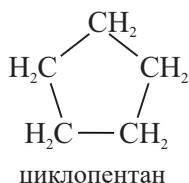
1-метил-3-этилциклогексан

## Изомерия

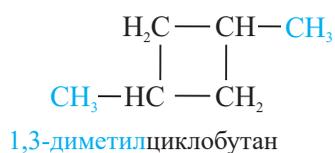
Для циклоалканов характерна структурная и геометрическая изомерия. Для них характерны нижеуказанные виды структурной изомерии.



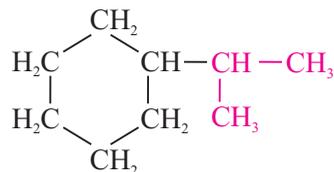
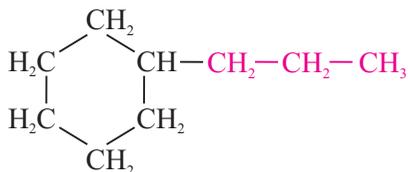
Изомерия по размеру цикла:



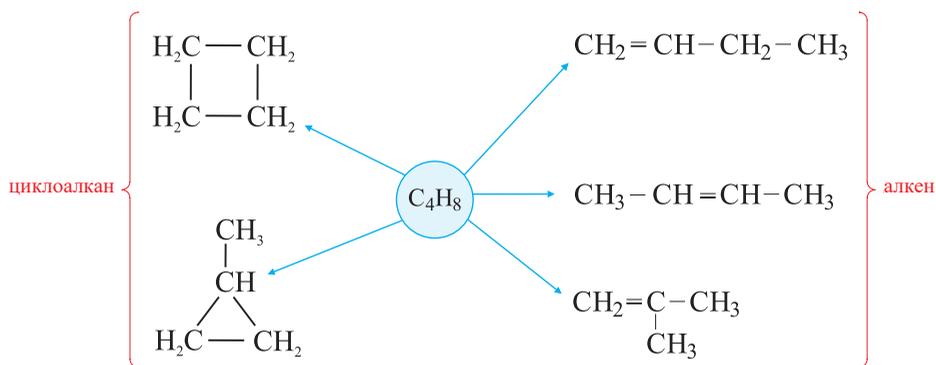
Изомерия по положению заместителей в цикле:



Изомерия по строению заместителей:



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  $\text{C}_4\text{H}_8$ .

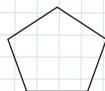


Пример

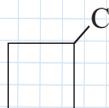
ЗАДАЧА 1

Напишите графическую формулу циклоалкана, состав которого  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ .

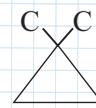
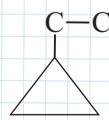
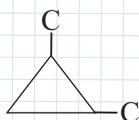
1. Сначала напомним формулу неразветвлённого циклоалкана.



2. Потом, четыре атома углерода соединим в цикле, а один напишем в разветвлении.

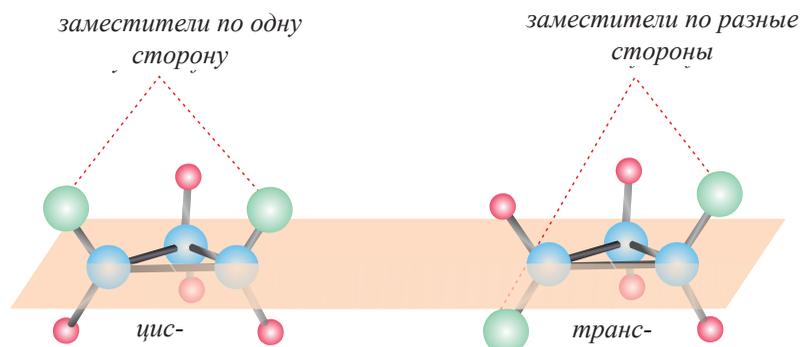


3. Далее, три атома углерода соединим в цикле, а два покажем в возможных вариантах в разветвлении.

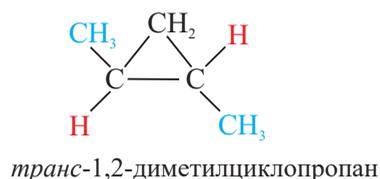
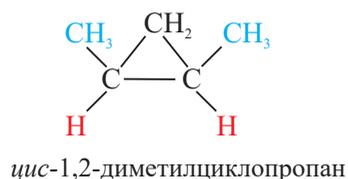


Как видно, есть 5 различных циклоалканов с составом  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ .

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 С – С связи. Если заместители находятся по одну сторону плоскости цикла, то образуется *цис*-, а если заместители расположены по разные стороны плоскости образуется *транс*- изомер.



Например, в молекуле 1,2-диметилциклопропана по положению  $\text{CH}_3$ - групп к плоскости молекулы возможны *цис*- и *транс*- изомеры.



Если заместители находятся у одного и того же атома углерода в цикле, то соединения не образуют геометрическую изомерию.

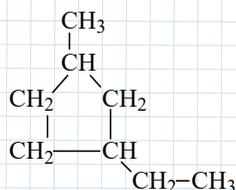
### Пример

#### ЗАДАЧА 1

Определите число вторичных и третичных углеродных атомов в молекуле 1-метил-3-этилциклопентана.

#### РЕШЕНИЕ:

Напишем графическую формулу 1-метил-3-этилциклопентана:



Как видно, в молекуле четыре атома углерода являются вторичными, а два атома углерода четвертичными атомами углерода.

### Проверьте себя

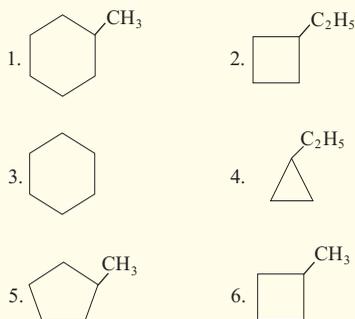
#### ЗАДАЧА 2

В составе циклоалкана минимальным числом атомов углерода имеется один третичный и один четвертичный углеродный атом. Определите общее число атомов в молекуле циклоалкана.

ОТВЕТ 18

Проверьте изученное

1. Выделите изомеры цикlopentена.



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. Определите число метиленовых групп и метильных радикалов в молекуле 1-этил-3-изопропилциклобутана.

4. Сколько процентов составляет число третичных атомов углерода в молекуле 1,2-диметил-3-изопропилциклопентана от общего числа его атомов?

5. 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.

6. Определите число метиленовых групп и метильных радикалов в молекуле 1-этил-3-изопропилциклобутана.

7. 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.

8. Не существует циклоалкана с названием 1,3,4-триметилциклопентан. Объясните причину.

9. Завершите таблицу.

Циклоалкан	Название
	1-метил-3-изопропилциклопентан

10. В отличие от 1,1,2-триметилциклопропана, 1,2-диметилциклопропан образуют цис- и транс-изомеры. Объясните причину.

11. 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.

12. Распределите вещества в таблицу.

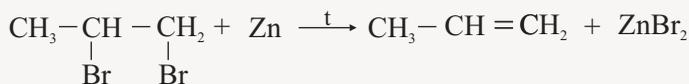
Структурные изомеры 1-метил-2-пропилциклобутана			
По размеру цикла	По положению заместителей в цикле	По строению заместителей	Межклассовая изомерия

1. 1-метил-2-изопропилциклобутан
2. 2,5-диметилгексен-3
3. этилциклогексан
4. 1-метил-3-пропилциклобутан



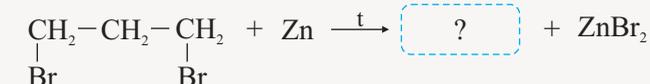
## Деятельность 1

При взаимодействии Zn с дигалогенопроизводными алканов, в которых галогены расположены рядом при соседних атомах углерода, получаются алкены.

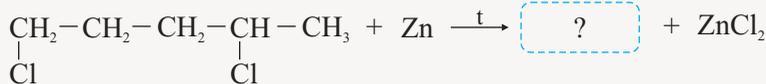


1,2-дибромпропан

**?** 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.)?

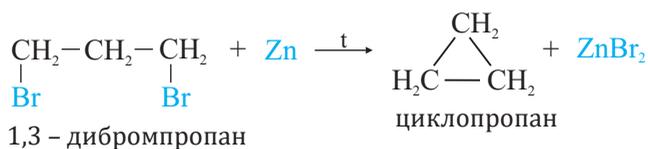


1,3-дибромпропан



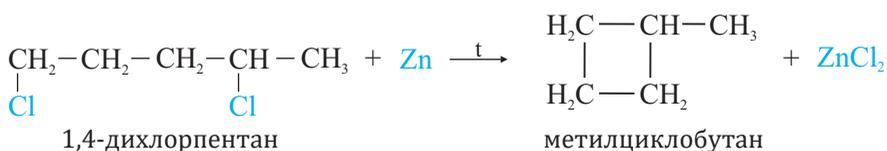
1,4-дихлорпентан

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:



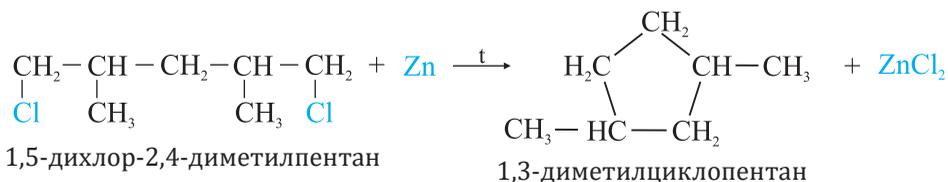
1,3-дибромпропан

циклопропан



1,4-дихлорпентан

метилциклобутан



1,5-дихлор-2,4-диметилпентан

1,3-диметилциклопентан

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.

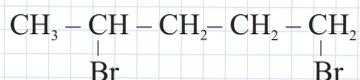
## Пример

## ЗАДАЧА 1

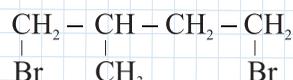
При взаимодействии каких дибромалканов с цинком образуется метилциклобутан?

## РЕШЕНИЕ:

Для получения метилциклобутана нужно взять галогенопроизводных алканов, имеющих атомов брома при первом и четвертом углеродных атомов, учитывая ещё наличие в молекуле метильного радикала, можно написать следующие формулы:



1,4-дибромпентан



1,4-дибром-2-метилбутан

## Проверьте себя

## ЗАДАЧА 2

Определите циклоалкана, полученного при реакции 1,6-дихлор-2,6-диметилгептана с цинком.

ОТВЕТ 1,1,3-триметилциклогексан

## ? Проверьте изученное

1. Расположите вещества в порядке уменьшения их температур кипения.

1. Циклопентан      2. Циклопропан  
3. Циклобутан

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

2. При взаимодействии какого вещества с цинком получается циклобутан?

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

3. Массовая доля углерода в циклопропане и в циклобутане одинаковая. Объясните причину.

4. Почему при взаимодействии Zn с 2,3-дибромбутаном не получается циклоалкана?

5. 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.

6. Распределите вещества в таблицу, согласно продуктам, полученным при реакции их с Na.

Продукт, полученный при реакции с натрием		
Алкан	Циклоалкан	Алкен

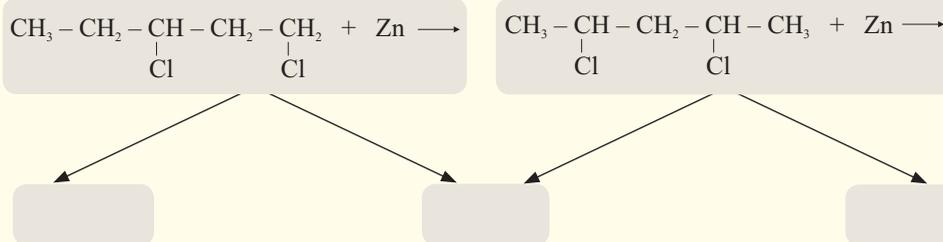
- I. 1,2-дихлорбутан  
II. 2-хлорпропан  
III. 1,4-дихлорбутан  
IV. 1,3-дихлор-2-метилбутан

7. При взаимодействии 10,8 г дибромалкана с Zn, взятым в избытке, получается 2,8 г циклоалкана. Определите формулу циклоалкана.

8. Сколько различных циклоалканов можно получить при реакции Zn с соединениями с составом  $C_4H_8Br_2$ ? Обоснуйте свои мысли.

9. Предложите методы получения циклобутана из дивинила в три стадии.

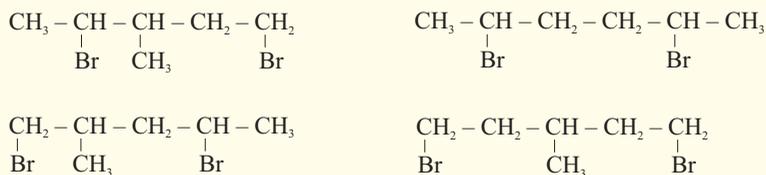
10.



Распределите выражения по схеме.

1. Получается этилциклопропан
2. Получается циклоалкан, в молекуле которого 2 третичных атома углерода
3. Получается циклоалкан, в молекуле которого 1-метиленовая группа
4. Получается циклоалкан, в цикле которого 3 атома углерода

11. Составьте уравнения реакций нижеуказанных веществ с цинком и определите, при каких реакциях получается одинаковый циклоалкан.



12. Завершите таблицу.

Дигалогено-производное алканов	Циклоалкан, полученный при реакции с Zn	Название циклоалкана по международной номенклатуре
$\text{CH}_3 - \underset{\text{Br}}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \underset{\text{Br}}{\text{CH}} - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$		
$\text{CH}_3 - \underset{\text{Br}}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \underset{\text{Br}}{\text{CH}} - \text{CH}_3$		

# Химические свойства циклоалканов

Тар один из струнных музыкальных инструментов, который широко используется при исполнении азербайджанской народной музыки. У тара есть 11 металлических струн разных диаметров, и каждая струна колеблется при ударе плектром и издаёт звуки. Исполнители и мастера тара время от времени настраивают его. Настройка тара необходимо для получения нужного звукового тона, для соответствия созвучия струн и для этого натягивают и расслабляют струны. Но сильно натянутые струны во время игры рвутся.

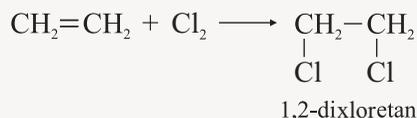
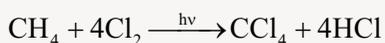


- ?** Почему сильно натянутые струны рвутся чаще чем остальные?  
С разрывом C – C связи каких циклоалканов такой разрыв аналогичен?  
Чем отличаются эти циклоалканы по свойствам от других?

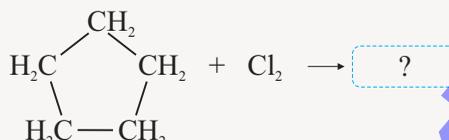
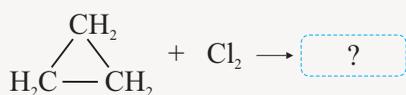
Вы знаете, что циклоалканы с малым циклом (циклопропан и циклобутан) обладают большим угловым напряжением, чем другие циклоалканы (циклопентан, циклогексан). Чем больше угловое напряжение, тем больше напряженность орбиталей, участвующих в образовании связи в молекуле, уменьшается прочность молекулы, в результате этого разрыв связи C – C облегчается, увеличивается способность молекул вступать в реакции присоединения.

## Деятельность 1

Алканы с галогенами вступают в реакцию замещения, а алкены в реакцию присоединения.

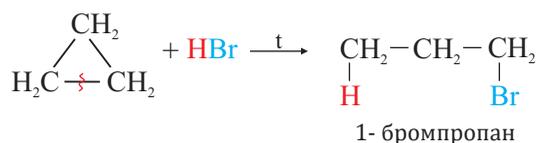
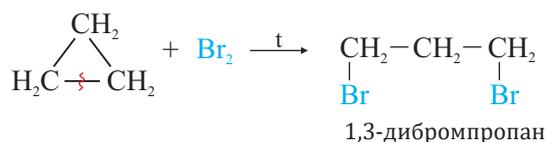


- ?** Как, по-вашему, какая реакция протекает при взаимодействии циклопропана и циклопентана с галогенами (замещения или присоединения)?



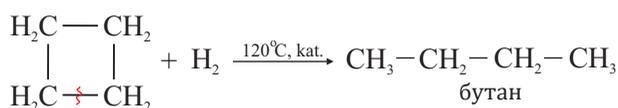
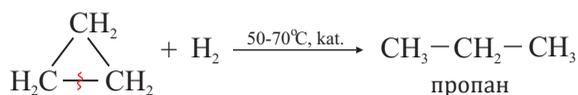
Как можно это объяснить строением их молекул?

*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.

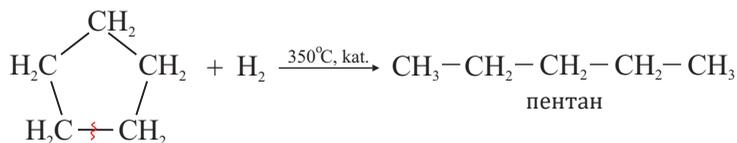


Если взаимодействие циклобутана с галогеноводородами происходит с трудом, а циклопентан и другие циклоалканы не присоединяют галогеноводороды.

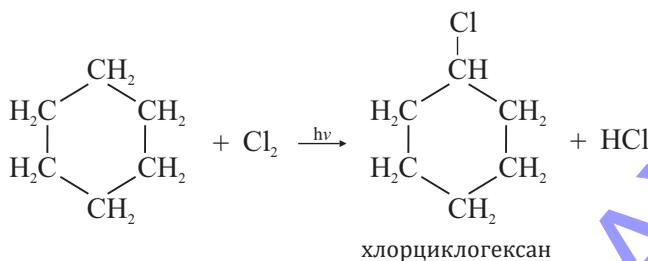
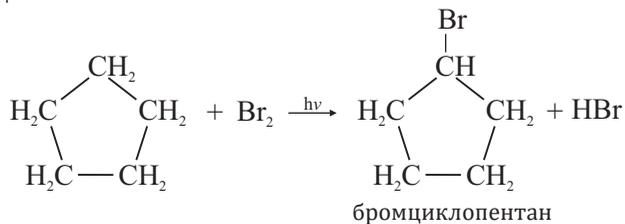
В присутствии катализатора некоторые циклоалканы гидрируются и превращаются в соответствующие алканы.



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:





Проверьте себя

ЗАДАЧА 2

Масса воды, выделенная при полном горении 0,5 моль циклоалкана на 90 граммов меньше массы кислорода, израсходованного на реакцию. Определить циклоалкан.

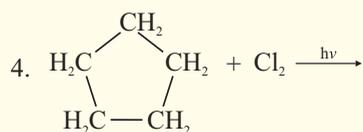
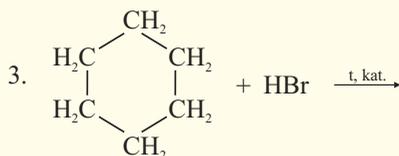
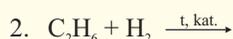
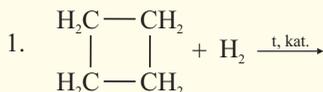
ОТВЕТ  $C_6H_{12}$

Проверьте изученное

1. Определите продукт реакции циклопропана с HBr.

- A) 1-бромпропан
- B) 2-бромпропан
- C) 1,2-дибромпропан
- D) бромциклопропан
- E) 1,3-дибромпропан

2. Какие реакции не протекают?

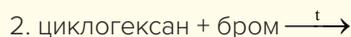
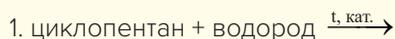


3. Для бутена-1 и циклобутана являются различными:

- 1. Агрегатное состояние при обычных условиях
- 2. Обесцвечивание бромной воды
- 3. Продукты гидрирования
- 4. Число вторичных атомов углерода в молекуле
- 5. Продукты горения

4. Распределите реакции по таблице.

Реакции присоединения	Реакции замещения



5. Какая смесь алканов может получиться гидрированием метилциклопропана? Обоснуйте свои мысли.

6. Предложите способ получения н-гексана из циклопропана в двух стадиях и напишите уравнения соответствующих реакций.

7.

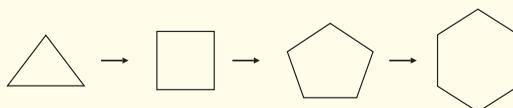
Вещество	Масса воды, образованной при полном сгорании 1 моля, г
Циклоалкан	108

Определите число атомов углерода в молекуле циклоалкана.

8. 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.

- A) 50 B) 60 C) 80 D) 40 E) 90

9.



В данном направлении реакции присоединения циклоалканов с галогенами затрудняются, а реакции замещения протекают легче. Объясните причину этого.

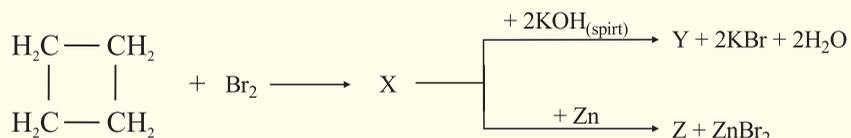
10. Завершите схему, в пустые ячейки впишите соответствующие уравнения реакций.

		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 <sub>2</sub> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. Завершите схему, в пустые ячейки впишите соответствующие уравнения реакций.



12. Согласно схеме, напишите уравнения реакций. Определите число атомов водорода в веществах X, Y и Z.



# VI раздел

Ароматические  
углеводороды

ЛАУКІНО

# Ароматические углеводороды. Пространственное строение молекулы бензола

1

После прохода зимы, в основном, шерстяные, меховые и др. одежду упаковываем и храним в шкафу. Моль-бабочка откладывает яйца на одежду, гусеницы, вышедшие из этих яиц, питаются нашей одеждой, то есть «моль съедает одежду». Поэтому при упаковке одежды используют защищающие от вредителей средства. Раньше для этой цели использовали, в основном, нафталин.



Это - вещество своеобразным запахом и сублимируется при обычных условиях. Запах нафталина прогоняет моль подальше от одежды. Из-за того, что он обладает канцерогенными свойствами (образует опухолевые заболевания), его применение опасно.



К какому классу соединений относится нафталин?

Какое строение и состав имеет нафталин?

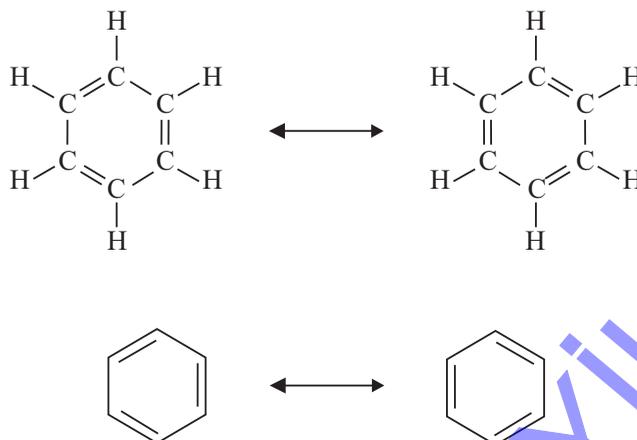
Первым представителем ароматических углеводородов является бензол. На основе экспериментальных результатов было установлено, что бензол имеет формулу  $C_6H_6$ . Циклическое строение бензола было изучено во второй половине XIX века. В 1865 году немецкий учёный Ф. А. Кекуле предложил его графическую формулу. Согласно этой формуле, бензол – циклическое соединение, в котором между атомами углерода чередуются одинарные и двойные связи.



Кекуле Фридрих Август  
(1829–1896)

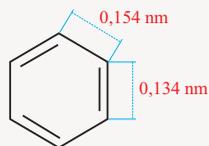
Немецкий ученый.

Был одним из основоположников теории о валентности. Впервые предложил циклическое строение бензола.

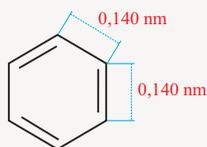


Деятельность 1

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).

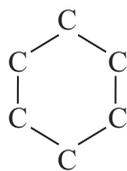


Тем не менее исследования показали, что все связи между атомами углерода в молекуле бензола короче одинарной связи (0,154 нм), длиннее двойной связи (0,134 нм) и составляют 0,140 нм.

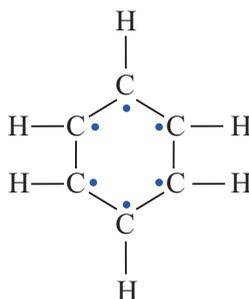


Как можно объяснить причину этого?

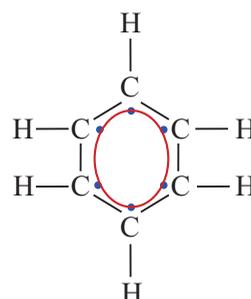
Согласно современным представлениям, все атомы углерода в молекуле бензола находятся в  $sp^2$  гибридном состоянии.



За счёт двух гибридных орбиталей каждый углеродный атом образует  $\sigma$ -связь двумя соседними углеродными атомами и образуется циклическое строение.

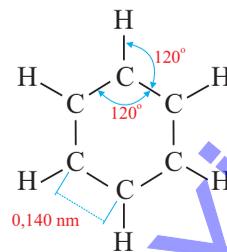
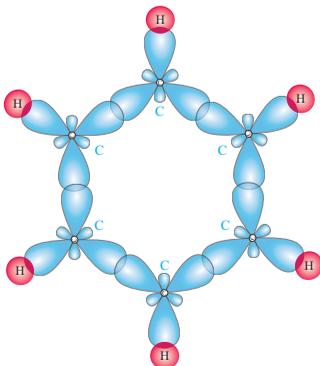


За счёт другой гибридной орбитали каждый углеродный атом образует  $\sigma$ -связь с одним водородным атомом. У каждого углеродного атома имеется одна негибридная орбиталь.

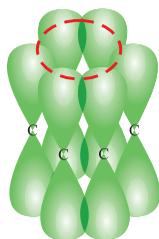


за счёт негибридных  $p$  орбиталей углеродных атомов образуется одна шестиэлектронная  $\pi$ -система

Орбитали углеродных атомов, образующие связь находятся на одной плоскости и соединяются друг с другом под углом  $120^\circ$ . Поэтому  $\sigma$ -связи в молекуле бензола образуются на одной плоскости. Так как все углеродные атомы имеют одинаковые гибридные орбитали, образованные ими, имеют одинаковую длину связи (0,140 нм). А бензольное кольцо имеет форму правильного шестиугольника.

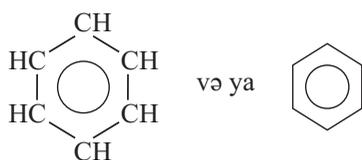


Негибридные  $p$ - электроны углеродных атомов расположены перпендикулярно плоскости молекулы и образуют  $\pi$ -систему в следующей форме:

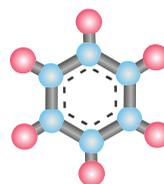


Образование общей  $\pi$ - системы в молекуле бензол

Цикл, состоящий из шести атомов углерода, связанных с  $\sigma$ -связями и общей  $\pi$ -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.

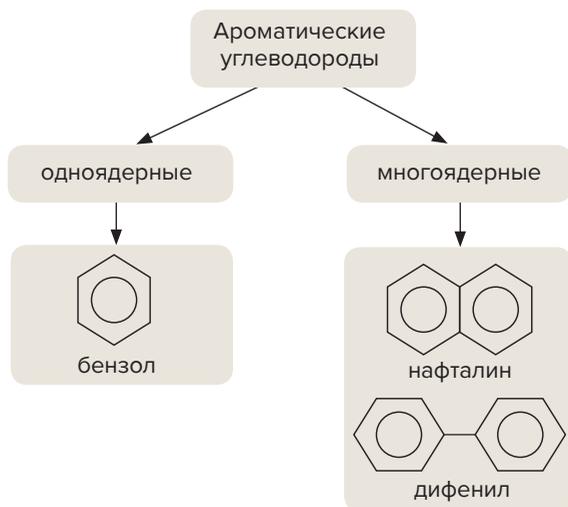


графическая формула  
молекулы бензола



шаростержневая модель молекулы бензола

Кольцо в графической формуле показывает общую  $\pi$ -систему. Во всех молекулах ароматических углеводородов имеется бензольное ядро. По строению ароматические углеводороды бывают *одноядерными* и *многоядерными*.



### Знаете ли вы?

В табачном дыме, в выхлопных газах автомобилей содержится многоядерный ароматический углеводород бензопирен, который обладает канцерогенными свойствами. По этой причине риск заболеть раковой болезнью у курящих больше. Это вещество также бывает в выхлопных газах, автомобильных транспортных средствах и загрязняют атмосферу.



### Обсудите



Нафталин и дифенил двуядерные ароматические углеводороды. Равно ли число атомов водорода в их молекуле двукратному числу атомов водорода в бензольном кольце? Составьте молекулярные формулы этих веществ. Обсудите свои мысли.

Проверьте изученное

1. Перекрыванием каких орбиталей образуется С – Н 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 С – С  $\sigma$ -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. Вычислите отношение  $m(C):m(H)$  в молекуле бензола.

- A) 1:1                      B) 6:1                      C) 2:1  
D) 12:1                      E) 10:1

4.

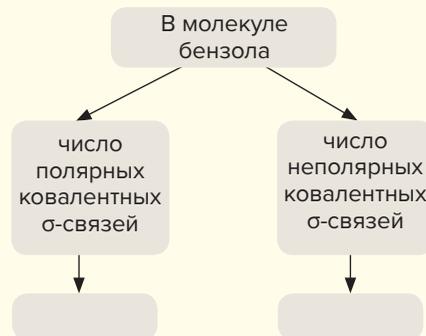
Вещество	Число орбиталей, участвующих в образовании связей	
	гибридные	негибридные
Бензол	$x$	$y$

Определите отношение  $x/y$ .

- A) 2                      B) 1                      C) 1,5  
D) 3                      E) 1,25

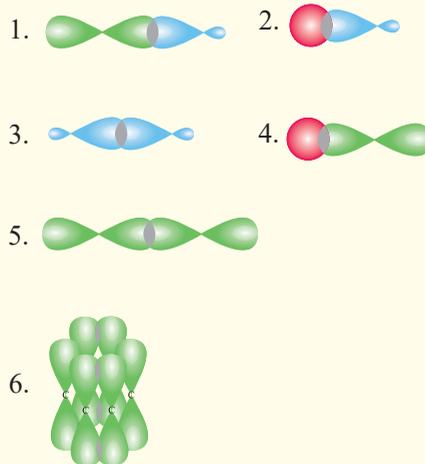
5. Сравните и определите существующие сходства в схемах образования связей между атомами углерода в молекулах бензола и дивинила.

6. Завершите схему.

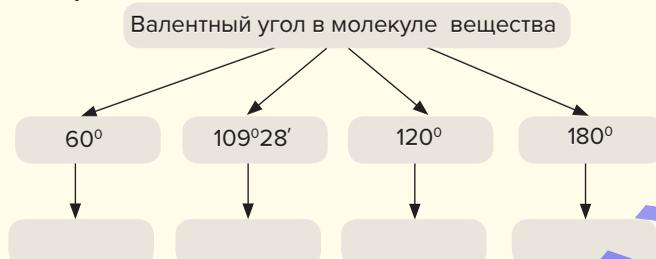


7. Составьте графическую формулу и формулу молекулы ароматического вещества, которое получается соединением метильного радикала с радикалом, полученным отщеплением одного атома водорода от молекулы бензола.

9. Перекрывание каких электронных орбиталей в нижеуказанных схемах соответствует образованию связей в молекуле бензола? Обоснуйте свои мысли.



10. Завершите схему.



1. Этилен    2. Циклопропан    3. Метан    4. Бензол    5. Ацетилен

# Номенклатура и изомерия гомологов бензола

Углеводороды ряда метана	Углеводороды ряда этилена	.....
CH <sub>4</sub> - метан	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> - этен	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> - бензол
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> - этан	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> - пропен	..... - .....
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> - пропан	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> - бутен	..... - .....
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> - бутан	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> - пентен	..... - .....



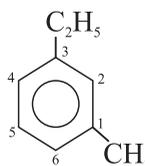
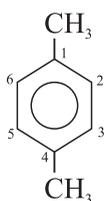
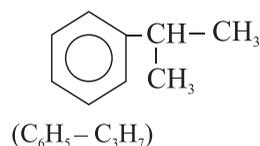
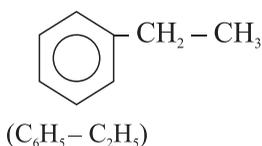
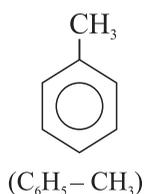
Какие выражения соответствуют для пустых ячеек?

Как вы предложите формул гомологов бензола?

Какую общую формулу можно предложить для гомологов бензола?

## Гомологи бензола

При замене в молекуле бензола атомов водорода на алкильные радикалы можно написать формулы гомологов бензола.



По формулам гомологов бензола видно, что у них число водородных атомов на 8 единиц меньше, чем число водородных атомов алканов, с равным с ними числом углеродных атомов. По международной номенклатуре ароматические углеводороды с общей формулой C<sub>n</sub>H<sub>2n-6</sub> называются углеводородами ряда бензола.

## Деятельность 1



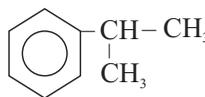
Сравните массовую долю углерода и водорода в алканах, алкенах, алкинах и в углеводородах ряда бензола с равным числом углеродных атомов. Постройте график зависимости массовой доли от молярной массы углеводородов.

## Номенклатура

Широко используются тривиальные (исторические) названия некоторых гомологов бензола. Например:



толуол



кумол

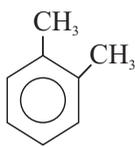
Для того чтобы показать, как расположены радикалы относительно друг друга в дизамещённых изомерах бензола, можно пользоваться нижеуказанными приставками.

Если заместители:

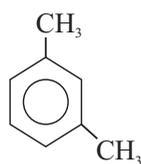
- находятся при соседних атомах углерода (1,2) - *орто*-(*о*-),
- отделены друг от друга одним атомом углерода (1,3) - *мета*-(*м*),
- отделены друг от друга двумя атомами углерода (1,4) - *пара*-(*п*).

### Знаете ли вы?

По-гречески значения слов:  
*ortos* - непосредственно,  
*meta* - после, *para* - напротив.



о-ксилол



м-ксилол

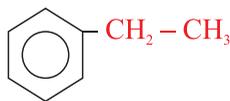


п-ксилол

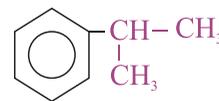
Называние гомологов бензола по международной номенклатуре схоже с циклоалканами. При назывании гомолога бензола в молекуле с одним алкильным радикалом в составе читают радикал, а потом слово бензол.



метилбензол  
( $C_6H_5 - CH_3$ )

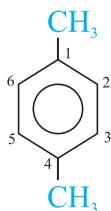


этилбензол  
( $C_6H_5 - C_2H_5$ )

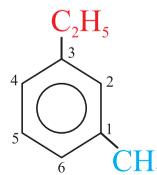


изопропилбензол  
( $C_6H_5 - C_3H_7$ )

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

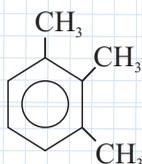
## Пример

## ЗАДАЧА 1

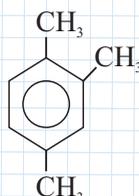
В молекуле гомолога бензола, с составом  $C_9H_{12}$ , число  $sp^2 - s$  связей минимальное. Определите вещество с такой формулой и назовите по международной номенклатуре.

## РЕШЕНИЕ:

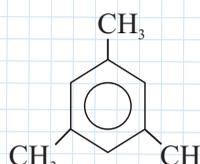
Число  $sp^2 - s$  связей в молекуле бензола равно 6. Чтобы число  $sp^2 - s$  было минимальное число радикалов, присоединённых к молекуле бензола, должно быть больше.



1,2,3-триметилбензол



1,2,4-триметилбензол



1,3,5-триметилбензол

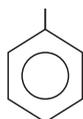
## Проверьте себя

## ЗАДАЧА 2

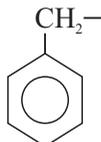
В молекуле гомолога бензола, с составом  $C_9H_{12}$  число  $sp^2 - s$  связей и число вторичных атомов максимальное. Определите это вещество.

ОТВЕТ пропилбензол

При отщеплении одного атома водорода от молекулы бензола, полученный остаток называют фенильным радикалом, а при отщеплении атома водорода от метильного радикала молекулы толуола, полученный остаток называется бензильным радикалом.



фенильный радикал  
( $C_6H_5 -$ )



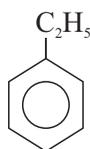
радикал бензил

При отщеплении одного атома водорода от бензольного ядра полученный радикал называется арильным радикалом. В отличие от радикала бензила фенильный радикал относится к арильным радикалам.

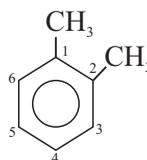
## Изомерия

Структурная изомерия в углеводородах ряда бензола определяется по радикалу, по строению радикала и по расположению радикалов относительно друг друга в бензольном кольце.

По радикалу:

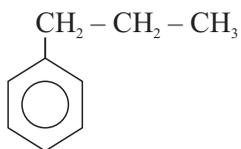


этилбензол

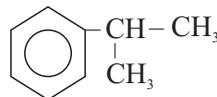


1,2-диметилбензол

По строению радикала:

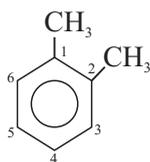


пропилбензол

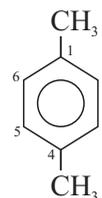


изопропилбензол

По положению радикалов в бензольном кольце:



1,2-диметилбензол



1,4-диметилбензол

### Обсудите



Из предыдущих тем мы знаем, что у 1,2-диметилциклопропана есть *цис*- и *транс*-изомеры. Есть ли *цис*- и *транс*-изомеры у 1,2-диметилбензола. Обсудите свои мысли.



### Проверьте изученное

- Расположите данные вещества в порядке возрастания числа атомов углерода в их молекулах.
  - о-ксилол
  - толуол
  - кумол

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

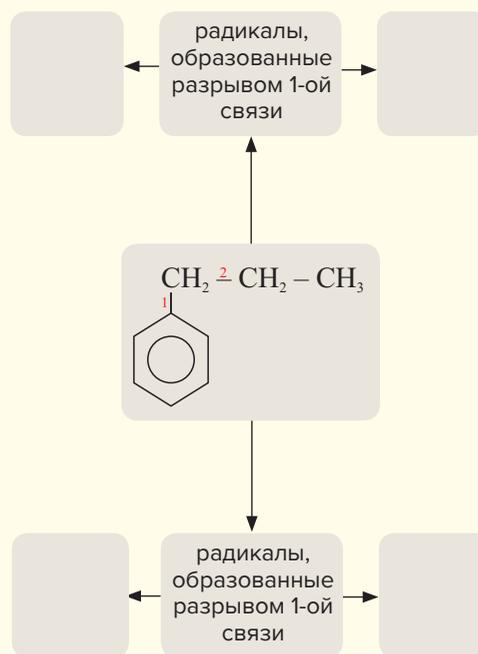
1. алкильный радикал	a. винил радикал
2. арильный радикал	b. фенил радикал
	c. бензил радикал
	d. этил радикал
- Определите общее число атомов в молекуле гомолога бензола, 0,2 моля которого содержит 24 г углерода.  
A) 18    B) 22    C) 20    D) 26    E) 24
- Назовите по международной номенклатуре, вещество которое получается замещением в молекуле м-ксилола в одной из метильной группе одного атома водорода, а в другой – двух атомов водорода метильными радикалами.

7. 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 $\sigma$ -связей.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Гомолог бензола.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Составьте схему, в которой отражены виды структурной изомерии и и приведены примеры углеводородов ряда бензола.
9. Составьте графические формулы гомологов бензола с составом  $C_8H_{10}$  и назовите их по международной номенклатуре.

10. Напишите соответствующие названия радикалов в пустые ячейки.



Используя спичек и пластилин постройте шаростержневую модель молекулы толуола.

## 3

## Получение и физические свойства углеводородов ряда бензола

В победе во второй мировой войне есть исключительные заслуги одного из азербайджанских химиков академика Юсифа Мамедалиева. В этот период Юсиф Мамедалиев добился выдающихся успехов в одном из необходимых процессов нефтяной химии и нефтепереработки в сфере алкилирования. С помощью его способа стратегически важные продукты, алкилароматические вещества, получались с большим выходом продукта и широко использовались на фронте. В результате исследований, проведённых под руководством Ю. Мамедалиева, был предложен способ получения горючего с высоким октановым числом, обеспечивающего высокого полёта самолётов и обладающего очень низкой температурой замерзания. Благодаря научным открытиям ученого в 1941-1944 годах бакинские нефтепереработчики обеспечивали фронт миллионами тоннами бензина с высоким качеством.



*Что такое алкилароматические соединения?*

*Как вы предложите уравнения этих реакций?*

В XIX веке и до начала XX века для освещения домов и улиц использовали светильный газ. Светильный газ получается пиролизом каменного угля и нефти. В составе светильного газа кроме водорода, метана, угарного газа и др. бывают ещё и бензол. Впервые в 1825 году бензол был выделен М.Фарадеем из светильного газа.

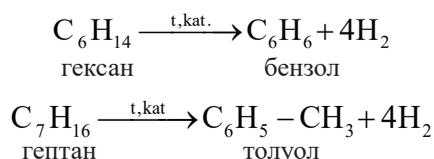


### Получение

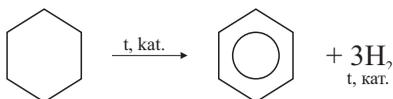
Основным сырьём для получения ароматических углеводородов в промышленности являются нефть и каменноугольная смола. При нагревании каменного угля без доступа воздуха (1000–1200°C) образуется каменноугольная смола. При дистилляции каменноугольной смолы отделяются бензол, толуол, этилбензол и другие ароматические соединения.

Углеводороды ряда бензола в промышленности получают также на основе нижеуказанных реакций:

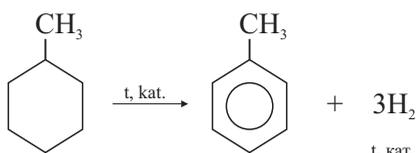
**1. Дегидрированием алканов при высокой температуре в присутствии катализаторов.** Например, из гексана получают бензол, а из гептана толуол.



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.



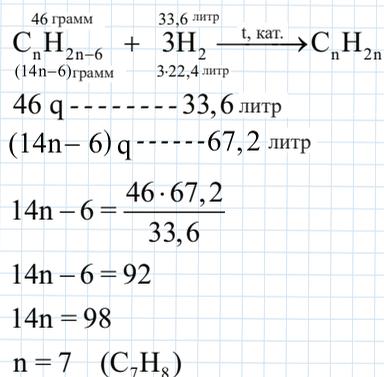
### Пример

#### ЗАДАЧА 1

При реакции гидрирования 46 грамм углеводорода ряда бензола с 33,6 л (н.у.) (н.у.) водородом был получен циклоалкан. Определите формулу углеводорода ряда бензола.

#### РЕШЕНИЕ:

При реакции гидрирования 1 моль углеводорода ряда бензола с 3 моль водородом получается циклоалкан. Напишем уравнения реакции.



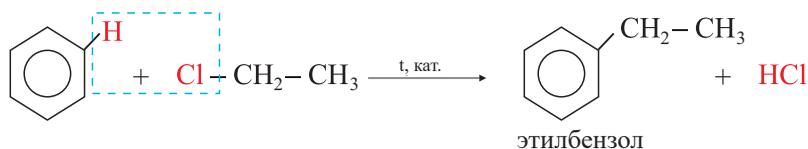
### Проверьте себя

#### ЗАДАЧА 2

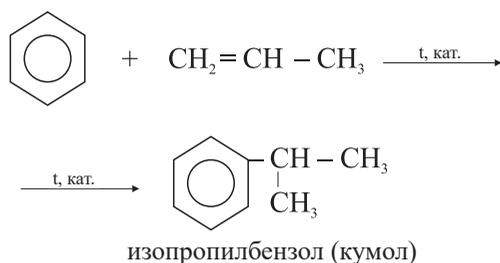
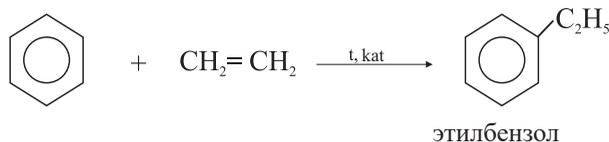
При дегидрировании циклогексана до бензола, выходом продукта 40% получено 11,2 л (н.у.) водорода. Вычислите массу (в г) циклогексана в смеси после окончания реакции.

ОТВЕТ 21 gram

3. 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 этилхлоридом в присутствии катализатора.



Как алкилирующий реагент можно взять и алкены. Этим методом в промышленности получают этилбензол и кумол.



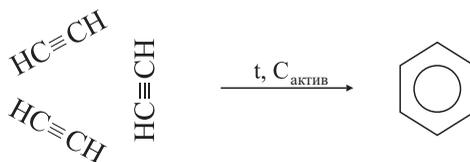
Юсиф Гейдар оглу Мамедалиев (1905–1961)  
Азербайджанский химик, академик.  
Заложил основу нефтехимической науки в Азербайджане.  
За исследования в области алкилирования углеводородов учёные мира назвали его «королём алкилирования».

Труды Азербайджанского учёного Юсифа Мамедалиева сыграли большую роль в области реакций алкилирования и получения ароматических углеводородов.

**Обсудите**

Как объяснить присоединение бензола и пропилена по правилу Марковникова?

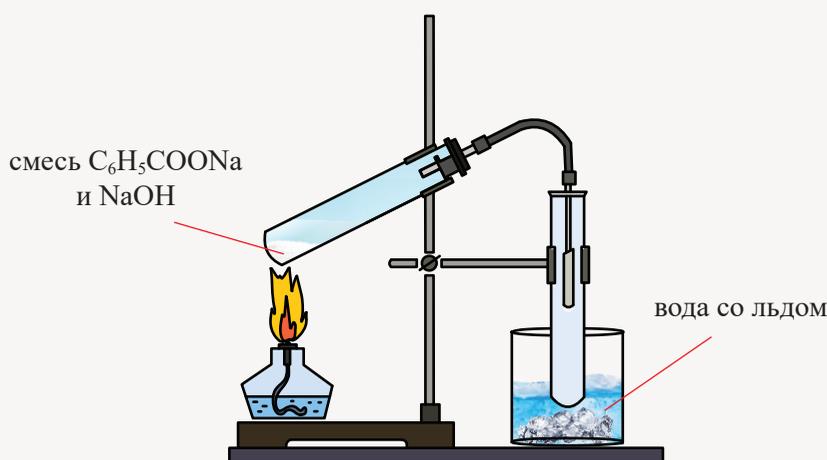
4. Пропусканием ацетилена над активированным углем при нагревании. В результате этого ацетилен тримеризуется и превращается в бензол.



**Деятельность 1**

**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. Проверьте растворимость в воде полученных веществ.



*Что вы наблюдали?*

*Напишите уравнение реакции бензоата натрия с гидроксидом натрия.*

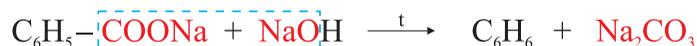
*Какое органическое вещество получено в результате этой реакции?*

*Что можете сказать о запахе и растворимости в воде полученного вещества?*

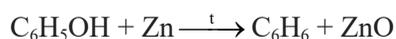
*Каким способом можно разделить это вещество и воду?*

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.

Проверьте изученное

1. Определите правильные высказывания для бензола.

1. При обычных условиях находится в жидком состоянии
  2. Хорошо растворяется в воде
  3. В твёрдом состоянии образует молекулярную кристаллическую решётку
- A) только 2                      B) 2, 3  
C) 1, 3                            D) только 1  
E) только 3

2. Определите продукты реакций.

1. Бензол + этилен  $\xrightarrow{t, \text{кат.}}$
2. Бензол + хлорметан  $\xrightarrow{t, \text{кат.}}$
3. Бензол + пропен  $\xrightarrow{t, \text{кат.}}$

- a. кумол
- b. этилбензол
- 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.

6. При изучении способов получения алкана вы ознакомились с реакцией, которая схожа с реакцией солей бензойной кислоты с щелочами. Объясните примерами.

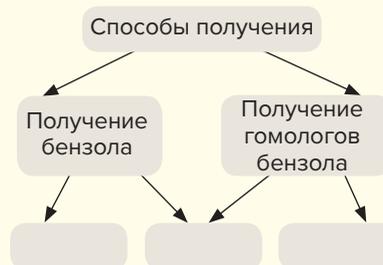
7. Какой алкилгалогенид надо взять, чтобы при реакции с бензолом можно было бы получить кумол? Составьте уравнения реакций.

Масса толуола, полученного дегидрированием гептана, г	Объём, выделенного водорода при реакции (н.у.), л
4,6	x

Определите x.

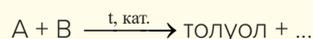
- A) 2,24                                      B) 4,48  
C) 11,2                                      D) 5,6  
E) 3,36

9. Распределите по схеме способы получения углеводородов ряда бензола.



1. Дегидрирование циклоалканов
2. Нагревание фенола с цинковой пылью
3. Реакция присоединения бензола с алкенами
4. Дегидрирование алканов
5. Тримеризация ацетилена
6. Плавление солей бензойной кислоты со щелочами

10.



Определите вещества A и B.

11. Напишите уравнения реакций, соответствующих каждой стадии по данной схеме.



Подготовьте презентацию на тему: «Научная деятельность академика Юсифа Мамедалиева».

# Химические свойства углеводородов ряда бензола

В конце XIX века и в начале XX века проводились исследования в сфере взрывчатых веществ и синтезировали новые взрывчатые вещества. Но в промышленном масштабе хранение, получение и применение этих веществ было опасно. Несоблюдение правил безопасности являлось причиной взрывов. С этой точки зрения открытое в то время вещество ТНТ (тротил) было выгодным. Пассивность и стабильность этого вещества, безопасность производства и использование делал его лучше, чем остальные взрывчатки. Поэтому до середины XX века это вещество массово производилось, широко использовалось в Первом и во Вторых мировых войнах.



*Каков состав этого вещества?*

*Что означает аббревиатура ТНТ?*

## Деятельность 1

Налейте в пробирку немного бромной воды, а к бромной воде добавьте несколько капель бензола. Потом в фарфоровую чашку положите немного бензола и сжигайте.



*Какие изменения наблюдаются во время опытов?*

*Чем отличаются друг от друга реакция присоединения брома с этиленом от реакции присоединения его с бензолом?*

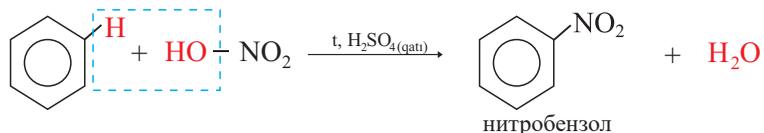
*Чем отличается реакция горения бензола и этилена?*

*Как можно объяснить разницу реакций присоединения этилена и бензола?*

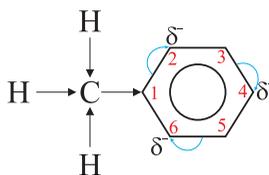
Несмотря на то, что формулой, предложенной Ф.А.Кекуле, пользуются больше 150 лет, всё же она не объясняет некоторые свойства бензола. Если мы предположим наличие двойных связей в молекуле бензола, то он должен вступать в реакции, характерные для непредельных углеводородов. Однако бензол обладает некоторыми различными от алкенов, алкинов и алкадиенов свойствами. Например, бензол не обеспечивает бромную воду. Причиной этого является устойчивость бензольного ядра ( $\pi$ -электронной системы). В результате бензол и его гомологи при обычных условиях не вступают в реакцию присоединения. Углеводороды ряда бензола при определённых условиях вступают в реакцию присоединения, а также 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.

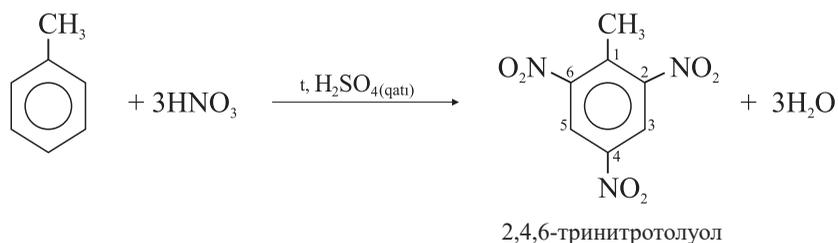


Гомологи бензола, по сравнению с самим бензолом, значительно легче вступают в реакции замещения. Это объясняется взаимным влиянием друг на друга алкильного радикала и бензольного ядра. В молекуле бензола  $\pi$ -электронная плотность равномерно распределена между всеми атомами углерода. Алкильная группа, 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.



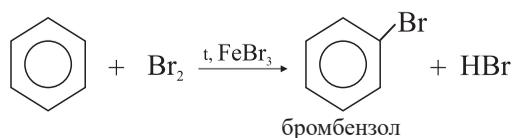
Перемещение электронной плотности в молекуле толуола

По этой причине в бензольном кольце толуола замещение водородных атомов нитрогруппой протекает легче, чем в бензоле. При этом все три водородных атомов в положении орто- и пара- замещаются нитрогруппой.



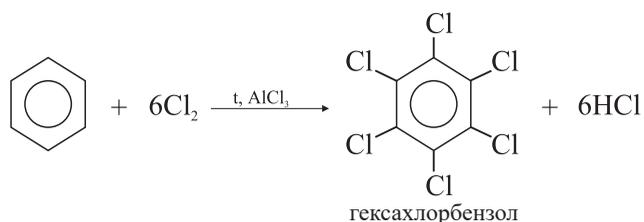
2,4,6-тринитротолуол выражается как ТНТ и ещё называется тротилом (тол). Это желтоватое твёрдое вещество, используется в прессованном виде, при его разложении происходит сильный взрыв. Бензол и с бромом вступают в реакцию замещения.

При нагревании бензола в присутствии катализатора  $\text{FeBr}_3$  в бензольном кольце под действием брома происходит замещение одного атома водорода атомом брома.



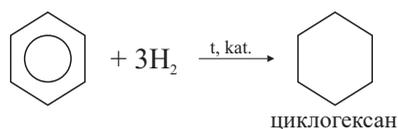
Бензол с хлором реагирует так же. При хлорировании бензола используют как катализатор хлорид железа (III).

При участии хлорида алюминия в качестве катализатора все атомы водорода в молекуле бензола могут быть замещены атомами хлора:

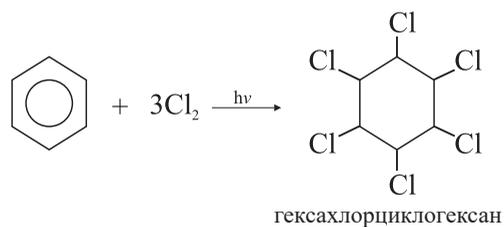


### Реакция присоединения

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:



Гексохлорбензола и гексохлорциклогексана (гексохларан) долгое время широко использовали в борьбе с вредителями в сельском хозяйстве. Но после изучения отрицательного влияния их на живых организмов ограничили их производство и использование.





**Деятельность 2**

**Реактивы и оборудование:** две пробирки, спиртовка, раствор  $\text{KMnO}_4$ , 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  $\text{KMnO}_4$  и 1 каплю концентрированной серной кислоты и осторожно нагревайте.

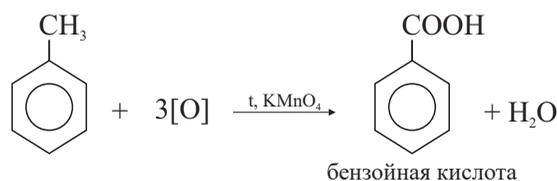


*Что вы наблюдаете?*

*Как вы объясните происходящее?*

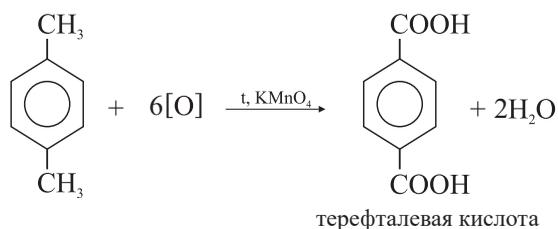
*Как предложите уравнение реакции?*

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.

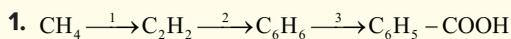


Известно, что алканы (например, метан) не обесцвечивают раствор перманганата калия. Однако, если один из атомов водорода в молекуле метана заменить фенильным радикалом, то полученное соединение (толуол) окисляется  $\text{KMnO}_4$ . Окисление метильной группы в молекуле толуола объясняется влиянием бензольного ядра на метильную группу. По сравнению с метаном, бензольное кольцо оттягивает электронную плотность от  $\text{CH}_3$ -радикала к себе. В результате этого реакционная способность атомов водорода в  $\text{CH}_3$  увеличивается, они становятся подвижными.

Окислением *p*-ксилола при тех же условиях получается терефталевая кислота.



## ? Проверьте изученное



Какое превращение невозможно провести прямым путём?

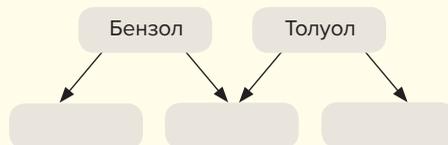
- A) только 2                      B) 2, 3  
C) 1, 3                            D) только 1  
E) только 3
2. В молекуле какого вещества нет атомов водорода?  
A) толуол  
B) нитробензол  
C) гексахлорциклогексан  
D) гексахлорбензол  
E) бензойная кислота
3. Почему в отличие от бензола толуол вступает 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  $\text{Cl}_2$  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 +  $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t}$
2. толуол +  $\text{HNO}_3 \xrightarrow{t, \text{H}_2\text{SO}_4(\text{катализатор})}$
3. бензол +  $\text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu}$

- a. Реакция замещения
- b. Реакция окисления
- 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. При горении гексана и бензола при одних и тех же условиях бензол горит более коптящим пламенем, чем гексан. Свяжите эти свойства согласно их составам.

11. Составьте схему, пользуясь стрелками и данными ячейки.



Составьте презентацию на тему: «Влияние гексохлорбензола и гексохлорциклогексана на окружающую среду и живых организмов».

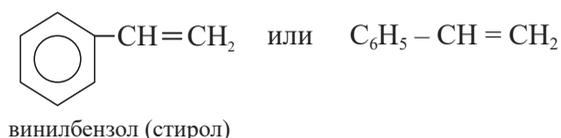
## Стирол

## 5



**?** Какое соединение может быть сырьём при изготовлении этих изделий?

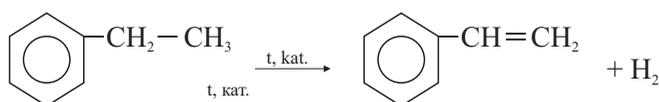
Винилбензол или стирол является самым простым представителем ароматических углеводородов, в боковой цепи которого содержится непредельный углеводородный радикал.



Все атомы углерода в молекуле стирола находятся в  $sp^2$  гибридном состоянии

## Получение и физические свойства

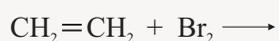
В промышленности стирол получают дегидрированием этилбензола.



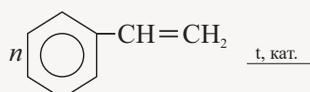
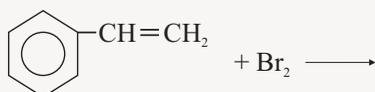
Стирол – нерастворимая в воде, ядовитая, бесцветная жидкость с приятным запахом.

## Химические свойства

## Деятельность 1

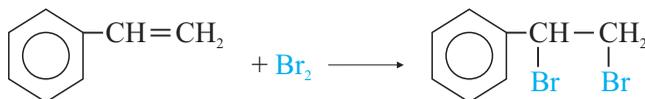


Напишите продукты реакций и, согласно этим реакциям, завершите ниже показанные схемы.



**?** 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):



### Обсудите



Сколько моль  $\text{H}_2$  присоединяет 1 моль стирола? К какому классу углеводородов относится полученное вещество?

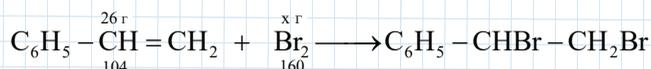
### Пример

#### ЗАДАЧА 1

26 граммов стирола обесцвечивает 1000 граммов бромную воду. Определите концентрацию (%) бромной воды.

#### РЕШЕНИЕ:

Напишем реакцию стирола с бромом.



$$26 \text{ г} \text{ ----- } x \text{ г}$$

$$104 \text{ г} \text{ ----- } 160 \text{ г}$$

$$x = \frac{26 \cdot 160}{104} = 40 \text{ г (Br}_2\text{)}$$

$$1000 \text{ г} \text{ ----- } 100\%$$

$$40 \text{ г} \text{ ----- } x\%$$

$$x = \frac{40 \cdot 100}{1000} = 4\%$$

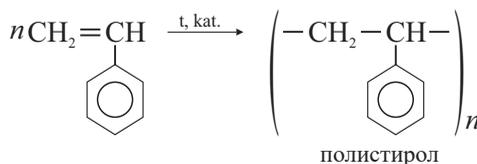
### Проверьте себя

#### ЗАДАЧА 2

3 г смеси состоящая из изопрена и стирола полностью обесцвечивает 500 грамм 2%-ую бромную воду. Сколько граммов стирола имеется в смеси?

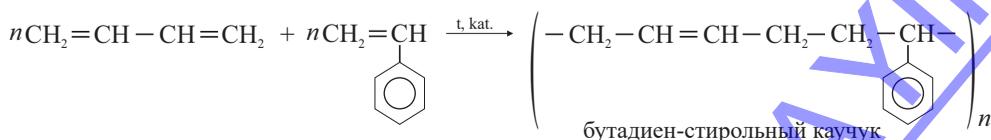
ОТВЕТ 13 г

Стирол, полимеризуясь, образует полистирол:



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.



Бутадиен-стирольный каучук устойчив к воздействию высоких и низких температур, износоустойчив. Его применяют в производстве шин для автомобилей, в производстве лент для транспортёров и эскалаторов, лёгких и пористых ковриков для обуви, в производстве пластиковой посуды.

**?** Проверьте изученное

1. Соединением каких радикалов получают стирол?

1. этил      2. бензил      3. метил

4. винил      5. фенил

A) 1, 2      B) 3, 5      C) 2, 4

D) 1, 5      E) 4, 5

2. Расположите вещества в порядке возрастания их относительных молекулярных масс.

1. толуол      2. м-ксилол      3. стирол

A) 1, 2, 3      B) 1, 3, 2      C) 2, 3, 1

D) 2, 1, 3      E) 3, 2, 1

3. Какое минимальное количество стирола (в г) необходимо для обесцвечивания 200 г 1,6 %-го раствора бромной воды?

A) 1,04      B) 2,08      C) 3,12

D) 4,16      E) 5,24

4. Сравните способности полимеризации стирола и толуола и обоснуйте свой ответ.

5. С помощью каких веществ можно отличить друг от друга нижеуказанные вещества, находящиеся в разных пробирках.

1. бензол и стирол

2. бензол и толуол

3. толуол и стирол

a. Бромная вода

b. Раствор перманганата калия

A) 1-a; 2-a, b; 3-b      B) 1-b; 2-a, b; 3-a

C) 1-a, b; 2-a, b; 3-a, b

D) 1-a, b; 2-b; 3-a      E) 1-a; 2-b; 3-a, b

6. Бензол → Этилбензол →  
→ Стирол → Полистирол  
Напишите уравнения реакций согласно схеме.

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"/>

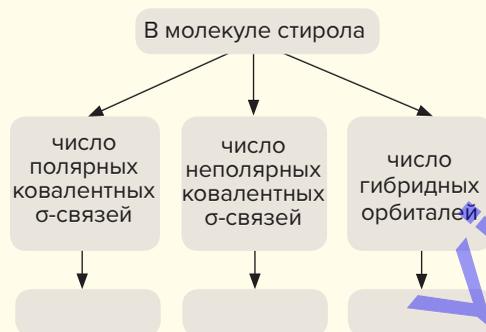
8. Может ли вступить в реакцию с аммиачным раствором нитрата серебра(I), вещество с составом  $C_8H_6$ , в молекуле которого содержится бензольное ядро? Составьте графическую формулу этого вещества и обоснуйте свой ответ.

9.

Масса дегидрированного этилбензола, г	Масса полученного стирола, г	Выход реакции, %
424	x	75

Определите x.

10. Завершите схему.



# VII раздел

Природные  
источники  
углеводородов

ЛАУКІНЭ

# Общие сведения о природных источниках углеводородов

1



Что общего имеется в составе этих источников топлива, которые используем или слышали названия в ежедневной жизни?

Углеводороды широко распространены в природе. Основные природные источники углеводородов являются *природный газ, нефть, попутные нефтяные газы и каменный уголь*.

## Природный газ

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).

$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{N}_2$ 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 дает возможность для экономии бензина, а также соблюдения экологической чистоты, благодаря его полному сгоранию.

## Нефть

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.

### Знаете ли вы?

Нафталанская нефть используется при лечении более 70-и болезней. Известный путешественник Марко Поло назвал нафталанскую нефть чудесным бальзамом «от кожных болезней».

### Попутные нефтяные газы

Попутные нефтяные газы находятся над нефтяным слоем или же в тех же залежах, растворенные 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.

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.



### Состав попутного газа

Газовый бензин

Пропан-бутановая смесь

Сухой газ

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 попутных нефтяных газов используют для получения непредельных углеводородов, выделяя из них этан, пропан, н-бутан и другие.

## Каменный уголь

Каменный уголь – твёрдое топливо органического происхождения. В природе запасов каменного угля больше, чем запасов нефти. Каменный уголь, в основном, добываются в Донбассе, в Средней Азии, в Южном Кавказе и в Сибири.

Его используют для отопления жилых домов, в фабриках и на заводах, при плавлении чугуна и стали как топливо.



### Обсудите



*Какие источники топлива распространены в Азербайджане?  
Какую роль играют эти запасы в промышленности Азербайджана?*



### Проверьте изученное

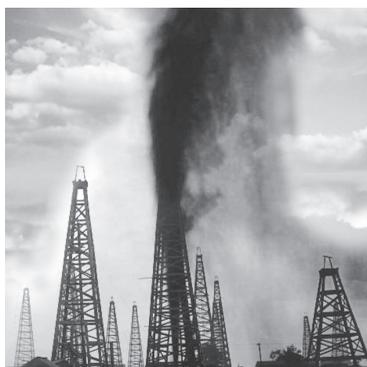
1. Перечислите сходные и отличительные черты состава природного и попутного газов.
2. На сколько процентов ( %) уменьшается объёмная доля кислорода, если в закрытом помещении объёмом 100 м<sup>3</sup> сжечь 1 м<sup>3</sup> (н.у.) природного газа? (Примите во внимание то, что в составе природного газа объёмные доли содержащихся в нём газов составляют 90% CH<sub>4</sub>, 4% C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, 6% N<sub>2</sub>, а объёмная доля кислорода в воздухе помещения равна 20%).
3. Перечислите основные природные источники углеводородов.
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.

## 2 Нефть и её первичная переработка



*Каким образом получают продукты, изображённые на рисунке, из нефти?  
Ещё каких продуктов, полученных из нефти, вы знаете?*

На территории Азербайджана, особенно, в Баку и на Каспийском море существуют крупные скважины нефти. Наша республика находится в ряду стран мира богатой нефтью. Добыча нефти в Азербайджане происходила в конце XIX века. Впервые в мире добыча нефти методом механического бурения была осуществлена в 1848 году в Биби-Эйбате. В настоящее время добыча в нашей стране проводится с самыми современными методами и технологией.



*Первый фонтан нефти, полученная по механическому бурению*



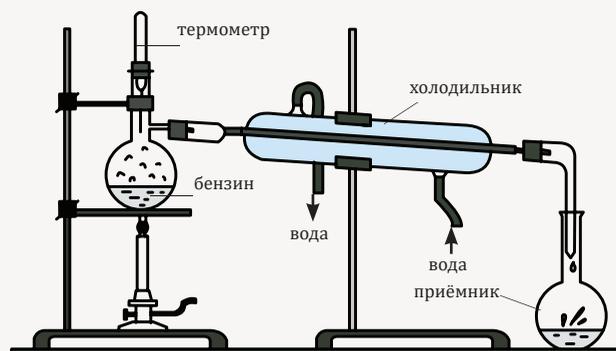
*Современная нефтяная скважина*

Нефть, получаемая из месторождения, называется *сырой нефтью*. Сырая нефть не применяется на производстве, при её переработке получают различные продукты.

## Первичная переработка нефти

## Деятельность 1

Соберите прибор, показанный на рисунке.



В 1-ую колбу поместите 100 мл бензина и нагрейте. При каждом повышении температуры на  $20^{\circ}\text{C}$  отделяйте полученные фракции, определите их массу, взвесив на весах, и определите объём при помощи мерного цилиндра. Определите их плотность.



*Почему бензин не кипит при постоянной температуре?*

*Количество фракций, полученных при какой температуре наибольшее?*

*Как меняется плотность, полученных фракций с увеличением температуры?*

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.*

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.

Из-за близкой температуры кипения многих углеводородов, входящих в состав нефти, во время дистилляции получаются не чистые вещества, а фракции, кипящие при определенной температуре. На верхних тарелках собирается фракция с низкой температурой кипения, а на нижних – с высокой.

## Вспомним

*Способ разделения смеси путём дистилляции основан на различии в температурах кипения компонентов, входящих в эту смесь.*



Ректификационная колонна

## Продукты первичной переработки нефти

При первичной переработке нефти получают следующие фракции:

*Газовая фракция* – ректификационный газ с температурой кипения до  $40^{\circ}\text{C}$ , в состав которого входят углеводороды  $\text{CH}_4$  –  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . Раньше эти газы сжигали факельным способом. В настоящее время эти газы используются в качестве топлива и химического сырья.

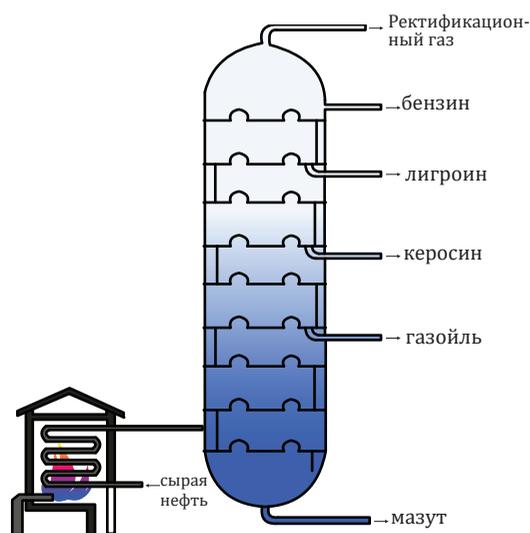
*Бензиновая фракция* (температура кипения  $40$  –  $200^{\circ}\text{C}$ ), в состав которой входят углеводороды  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  –  $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$ . При повторной дистилляции этой фракции отделяются нефтепродукты с небольшим интервалом температуры кипения: петролейный эфир ( $40$  –  $70^{\circ}\text{C}$ ), авиационные и автомобильные бензины ( $70$  –  $120^{\circ}\text{C}$ ).

*Лигроиновая фракция* (температура кипения  $150$  –  $250^{\circ}\text{C}$ ), в состав которой входят углеводороды  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  –  $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$ . Эта фракция используется в качестве топлива для тракторов, грузовых автомобилей и тепловозов.

*Керосиновая фракция* (температура кипения  $180$  –  $300^{\circ}\text{C}$ ), 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  $270$  –  $350^{\circ}\text{C}$ ) 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.



Вазелин



Асфальт



Парафин

### Загрязнение окружающей среды при добыче и при переработке нефти

При добыче и при переработке нефти происходит загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Загрязнение нефтью, особенно природных водных бассейнов, чревато тяжелыми 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. Например, 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.



Алиева Рафига Алирза гызы  
(1932-2017)

Первая женщина академик по специальности аналитической химии. Является автором важнейших работ в сфере определения и удаления вредных веществ из вод, полученных в нефтеперерабатывающих заводах.



а



б

Пожар (а) и нефтяное пятно (б) во время аварии в Мексиканском заливе

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.

### Обсудите

**?** Ознакомьтесь следующими фразами и объясните причину.

- Нельзя оставлять в закрытом месте (в гараже) автомобиль с включённым двигателем. В этом случае надо постоянно проветривать воздух в гараже.
- На обочинах автомобильных дорог нельзя собирать и использовать ягоды, травы и грибы, а также нельзя пасти крупный рогатый скот.
- Если на дорогу пролиты нефтепродукты (бензин, моторное масло и т.д.), то поверхность асфальта постепенно разрушается.

### Проверьте изученное

- Перечислите последовательность фракций, полученных при ректификации нефти, с возрастанием их температур кипения.
- Использование водорода в автомобилях в качестве топлива является экологически более выгодным, чем использование бензина. Объясните причину.

3. Завершите таблицу.

Нефтепродукты	Область применения

- Составьте схему, согласно последовательности Мазут → Продукты вакуумной дистилляции → Области применения фракций.
- Какой максимальный объём в м<sup>3</sup> бензиновой фракции получится при ректификации 10 м<sup>3</sup> нефти?



Подготовьте презентацию на тему: «Загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами и меры борьбы с ним».

# 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?

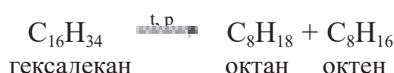
В конце XIX века был предложен новый метод, основанный на получении бензина путём химической переработки фракций нефти с высокой температурой кипения. Основой этого метода является разложение углеводородов с большой молекулярной массой на молекулы с малой массой, которые соответствуют бензиновой фракции. Этот процесс называется *вторичной переработкой нефти*. При вторичной переработке нефти протекают, в основном, реакции *крекинга* и *риформинга*.

## Крекинг

Крекинг (*по-английски означает разложение*) является процессом вторичной переработки таких тяжёлых нефтепродуктов как мазут, керосин и лигроин. Есть два вида крекинга:

- термический
- каталитический

*Термический крекинг* проводится под давлением 2-7 МПа и при температуре 470 – 550° С. 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 получают низкомолекулярные углеводороды (этилен, ацетилен) и ароматические углеводороды (бензол, толуол). Этот вид крекинга называется пиролизом. Разложение органических веществ при высокой температуре (700-1000° С) без доступа воздуха называется пиролизом.



*Крекинговое оборудование Бакинского нефтеперерабатывающего завода*

При каталитическом крекинге 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;



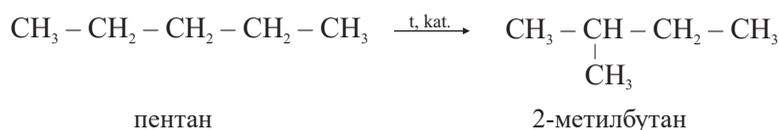
*Изет Мирзаага гызы Оруджева (1909–1983)*

*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».*

- 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 C3-C5 (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%.

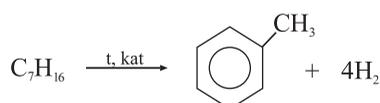
При каталитическом крекинге происходит не только расщепление углеводородов, но и их изомеризация:



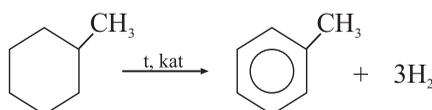
### Риформинг

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:

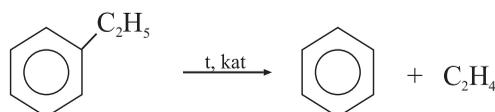
#### 1. Дегидроциклизация алканов.



#### 2. Дегидрирование циклоалканов:



#### 3. Деалкилирование ароматических углеводородов:



В развитие нефтехимической промышленности внесли неоценимый вклад труды таких химиков Азербайджана, как академики Юсиф Мамедалиев, Али Кулиев, Солтан Мехтиев, Муртуза Нагиев, Иззет Оруджова 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. Составьте обобщающую схему реакций, протекающих в процессе риформинга.

5. Завершите схему.

Процессы вторичной переработки нефти	Основные продукты процесса

6. Какие вещества получают термическим крекингом нефтепродуктов при разложении *n*-пентана? Обоснуйте свои мысли, составляя уравнения протекающих реакций.



Подготовьте презентацию на тему: «Роль Азербайджанских учёных в развитии нефтехимической промышленности».

ƏLİYİNƏ

# Качество бензина и октановое число

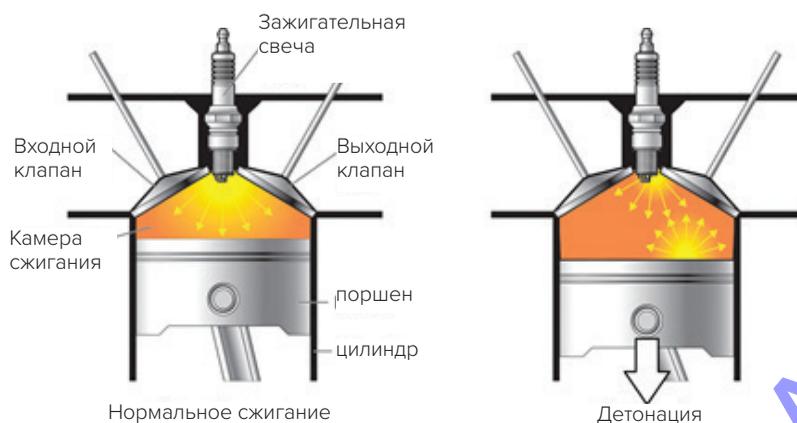
Иногда во время работы двигателя в цилиндре возникает резкий стук, происходит износ некоторых деталей двигателя, падает мощность двигателя. Увеличивается количество вредных веществ в выхлопных газах двигателя.



Что по вашему мнению является причиной этих неполадок?

## Детонация

Во время работы 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.



Это является причиной резкого стука при работе двигателя. Такое взрывное сгорание бензина называется **детонацией** (по-французски означает – взрыв).

### Октановое число горючего

Качество бензина определяется его *детонационной стойкостью*. 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}{c}  \text{CH}_3 \\    \\  \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\    \qquad \qquad   \\  \text{CH}_3 \qquad \qquad \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 Евро – 6, применяемому с 2015 года, у автомобиля с бензиновым двигателем, проехавшего 1 км пути, состав выхлопных газов не должен превышать количество 1 г CO, 0,1 г углеводородов, а оксидов азота должно быть не больше 0,06 г.

### Знаете ли вы?

Для улучшения качества бензина долгое время использовали ядовитое вещество тетраэтилсвинец –  $(C_2H_5)_4Pb$ .

### Проверьте изученное

- Чем характеризуется качество бензина?
  - толуол
  - н-гептан
  - метилциклогексан

A) 2, 3, 1    B) 2, 1, 3    C) 1, 3, 2  
D) 1, 2, 3    E) 3, 2, 1
- Расположите углеводороды в порядке возрастания их октанового числа.
  - толуол
  - н-гептан
  - метилциклогексан

A) 2, 3, 1    B) 2, 1, 3    C) 1, 3, 2  
D) 1, 2, 3    E) 3, 2, 1
- Какой бензин качественнее, полученный при первичной переработке нефти или полученный при вторичной переработки нефтепродуктов? Обоснуйте свои мысли.
- Во время процесса риформинга этилциклобутан подвергается реакциям изомеризации и дегидрирования, и в результате этого получается бензол. Составьте уравнения соответствующих реакций.
- Что такое стандарты Евро – 6? Используя интернет-ресурсы, найдите и выясните, какой стандарт применяется в нашей стране.
- Автомобиль движется по маршруту Баку-Газах со средней скоростью 80 км/час. За 6 часов езды в его выхлопных газах было обнаружено CO массой 500 г. Как вы думаете, соответствует ли это стандарту Евро – 6?

## 5

## Переработка каменного угля

Вы знаете, что используется кокс для получения карбида кремния и карбида кальция, в производстве чугуна и др.



*Из какого вещества и как получают кокс?*

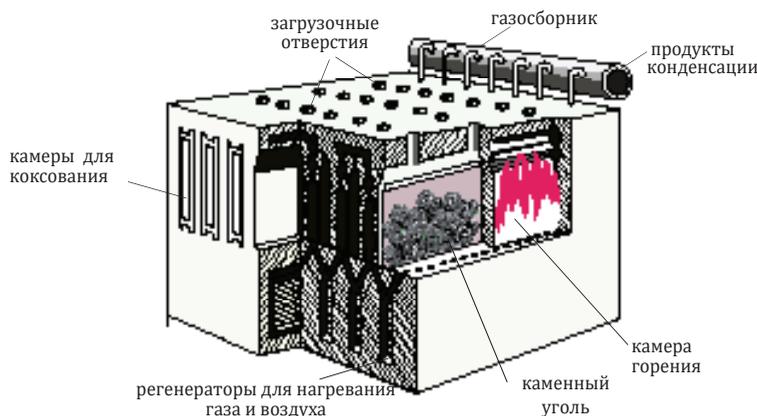
Основным процессом получения углеводородов из каменного угля является процесс коксования каменного угля. В это время производят пиролиз каменного угля при температуре 1000 – 1200°C. При коксовании каменного угля получают некоторые продукты.



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 каменноугольной смолы и кокс. При вторичных превращениях протекают следующие процессы:



- крекинг алканов;
- полимеризация алкенов;
- дегидрирование циклоалканов;
- конденсация ароматических углеводородов (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.

### Обсудите



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.



### 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.

## ОТВЕТЫ НЕКОТОРЫХ ЗАДАНИЙ

### Раздел 1

### АЛКАНЫ

#### Тема 1. Структура и гомологический ряд алканов

1. D
2. Полярная -6, неполярная -1.
3. 1; 3
5. C
6. 72
7. 20%
8. 1- b,e; 2-с; 3-a,d
12.  $3n+1$

#### Тема 2. Пространственное строение молекул алканов

1.  $sp^3$
2.  $109^\circ 28'$ ; 0,154 нм
3.  $C_3H_8$
5. a-14; b-50; c-24
6. 6
9. B
10. 1- c; 2-a; 3-b

#### Тема 3. Изомерия алканов

1. II
2. 2; 4
3. 2; 3
5. 11
9. 1; 3
10. 5

#### Тема 4. Номенклатура алканов

1. II
2. 1, 2, 3
3. 2,4-диметилгексан
4. диметилэтилметан
5. 2,2-диметилпропан
6. диметилпропилметан
7. a
10. 2-метилпентан; диметилпропилметан

**Тема 5.** Нахождение в природе и способы получения алканов

1.  $\text{CH}_4$
2.  $\text{C}_2\text{H}_6$
4. D
5. 33,6 л
6. 13
9. изобутильный радикал
11. метилхлорид и третичный бутилхлорид
12. 1,1-дихлорпропан; 1,2-дихлорпропан; 1,3-дихлорпропан; 2,2-дихлорпропан

**Тема 6.** Физические свойства и реакция горения алканов

1. II, III, I
3. A
4. 7 л
5. C
6. 5,6 л
7.  $3n - 8$
8. 6 л
9. 25%
10. 7120 кДж

**Тема 7.** Химические свойства алканов

1.  $\text{C}_3\text{H}_2\text{Cl}_6$ ; 6HCl
2. 2; 4
3. D
6. D
7. 1
- 9.

## Раздел 2.

## АЛКЕНЫ

**Тема 1.** Гомологический ряд алкенов, электронные и графические формулы их молекул

1. 2; 3; 5
2.  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$
3. 2; 3; 4
6. 3 двоичных; 1 третичный
7. 10
10. 30

**Тема 2.** Пространственное строение молекул алкенов

1. 2 и 3
2. B
4. I; II
5. 2; 3
9. 2; 3; 6
11. 1-a,d; 2-b,c; 3-e
12. 70

### Тема 3. Номенклатура алкенов

1. С
2. 3-метил-4-этилгексен-3
3. винил и третичный бутил
6. изобутилен
7. 3-метилпентен-1
8. 3,3-диметилбутен-1
9. 3,2,1,4,5

### Тема 4. Изомерия алкенов

1. 2; 3; 5
2. С
3. первичный
5. 3
7. 3; 4

### Тема 5. Получение и физические свойства алкена

1. С
2. А
4. В
5. С
11. 1,1-дихлорпропан; 1,3-дихлорпропан; 2,2-дихлорпропан

### Тема 6. Химические свойства алкенов

1. Е
2.  $sp^2 \rightarrow sp^3$ ; увеличивается на единицу
5. В
6. 5600 г
11. 2; 3

## Раздел 3.

## АЛКАДИЕНЫ

### Тема 1. Гомологический ряд алкадиенов, графические формулы и пространственное строение их молекул

1. Е
2. Е
4. Е
5.  $C_5H_8$
6. изолированный
8. 1;2;5;8
9. 10

### Тема 2. Номенклатура и изомерия алкадиенов

1. А
3. 16
4. 2,3-диметил-4-изопропилпентадиен-1,4
7. D
10. 2-этилпентадиен-1,4 и 4-метилгексен-1

**Тема 3.** Получение и физические свойства алкадиенов

1. А
3. бутен-1
4. В
5. Е
6. С
11. 1-b,c; 2-a,e

**Тема 4.** Химические свойства алкадиенов

1. изопрен ( $C_5H_8$ )
2. D
5. 160 г
8. В
9. 1-c; 2-a,b,d
12. полиэтилен

## Раздел 4.

## АЛКИНЫ

**Тема 1.** Гомологический ряд алкинов и их графические формулы

1. С
2. А
3. длина уменьшается, энергия увеличивается
5. 68
6. D
8. 1-a,b; 2-c,d
9. D
10. 2; 4
11.  $C_2H_5-$
12.  $3n - 3$

**Тема 2.** Номенклатура и изомерия алкинов

1. метилацетилен
2. В
4. 4-метилпентин-2; метилизопропилацетилен
6. 1-c; 2-a; 3-b
9. В
10. вторичный бутил и пропил; 3-метилгексан
11. Е

**Тема 3.** Получение, физические свойства и реакции горения алкинов

1. 1; 3
4. D
6. 1-b,d; 2-a,c; 3-e
7. 3-метилбутадиен-1,2; пентин-2
9. В
10. В

**Тема 4.** Химические свойства алкинов

1. С
2. С
5. 8 mol
6. 2:3

Раздел 5.

**ЦИКЛИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ**

**Тема 1.** Гомологический ряд циклоалканов, графические формулы и пространственное строение их молекул

1. Е
2. 1;3;2
6. Е
11. 12

**Тема 2.** Номенклатура и изомерия циклоалканов

1. 4; 6
2. Е
4. 40%
5. 1-метил-3-этилциклобутан
6. метилен-3, метил-3
7. этилциклопропан
11. 1,4-диметилциклогексан

**Тема 3.** Получение и физические свойства циклоалканов

1. С
2. С
5. 1,2 диметилциклопропан
7.  $C_4H_8$
8. 2

**Тема 4.** Получение и физические свойства циклоалканов

1. А
2. 2; 3
3. 1; 3; 5
7. 6
8. Е

Раздел 6.

**АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ**

**Тема 1.** Ароматические углеводороды. Пространственное строение молекулы бензола

1. С
2. D
4. D
5. С
9. 2; 4; 6

**Тема 2.** Номенклатура и изомерия гомологов бензола

1. В
2. 106
4. 1-d; 2-b
5. Е
6. 1-этил-3-изопропилбензол

**Тема 3.** Получение и физические свойства углеводородов ряда бензола

1. С
2. D
4. 8
5. 75%
8. В
10. А-бензол; В-метилхлорид

**Тема 4.** Химические свойства углеводородов ряда бензола

1. Е
2. D
4. этилен
5. 92 г
6. Е
7. 1-b,c; 2-a; 3-d

**Тема 5.** Стирол

1. Е
2. В
3. В
5. D
9. 312 г
10. 2; 4
11.  $C_2H_5-$
12.  $3n - 3$

## ТЕРМИНЫ И ХИМИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ

А	
<b>Алкилгалогенид</b>	продукт замещения атома водорода атомом галогена в молекуле алкана
<b>Алкилирование</b>	введение алкильного радикала в бензольное кольцо
<b>Алкил радикал</b>	частица, полученная отщеплением одного атома водорода в молекуле алкана ( $C_nH_{2n+1}$ )
<b>Арен</b>	циклические углеводороды с общей формулой $C_nH_{2n-6}$
<b>Арил радикал</b>	частица, образованная при отщеплении одного атома водорода от бензольного кольца
<b>Ацетилен</b>	первый представитель алкинов ( $C_2H_2$ )
Б	
<b>Бензол</b>	первый представитель ароматических углеводородов
<b>Бензойная кислота</b>	первый представитель ароматических кислот ( $C_6H_5COOH$ )
<b>Бензольное ядро (бензольное кольцо)</b>	цикл, состоящий из шести атомов углерода и общей $\pi$ -системы
<b>Болотный газ</b>	смесь газов, состоящая в основном из метана, образованная в результате разложения остатков растительных и животных организмов
<b>Бромная вода</b>	раствор брома в воде, используется как реактив для определения непредельных углеводородов
<b>Бутадиен – стирольный каучук</b>	продукт сополимеризации дивинила и винилбензола
В	
<b>Винильный радикал</b>	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от молекулы этилена ( $CH_2=CH_2$ )
<b>Вицинальный дигалогеналкан</b>	дигалогенопроизводное алкана, в котором атомы галогена находятся при соседних атомах углерода
<b>Вторичный атом углерода</b>	атом углерода, соединенный с двумя атомами углерода
<b>Вторичный бутиловый радикал</b>	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от вторичного атома углерода молекулы н-бутана
<b>Вулканизация</b>	реакция каучука с серой
Г	
<b>Геометрическая изомерия</b>	положение заместителей по отношению к плоскости $\pi$ -связи
<b>Гибридизация</b>	образование орбиталей с одинаковой формой и энергией из орбиталей различной комбинации
<b>Гидратация</b>	присоединение молекулы воды к веществу

<b>Гидрирование</b>	присоединение водорода к органическим веществам
<b>Горение</b>	реакции полного окисления, которые протекают с выделением света и тепла
<b>Графическая формула</b>	показывает состав молекулы при помощи химических знаков и связей
<b>Гудрон</b>	твёрдый остаток после вакуумной дистилляции мазута
<b>Д</b>	
<b>Дегидрирование</b>	отщепление водорода от молекул органических соединений
<b>Дегидрогалогенирование</b>	отщепление атомов водорода и галогена от молекул органических соединений
<b>Дивинил</b>	историческое название бутадиена-1,3
<b>И</b>	
<b>Изобутил-радикал</b>	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от первичного атома углерода молекулы изобутана
<b>Изолированные алкадиены</b>	атомы углерода при двойной связи разделены двумя и более одинарными связями
<b>Изомеризация</b>	реакции, при которых не меняется количественный и качественный состав, однако происходит изменение структуры вещества
<b>Изопрен</b>	историческое название 2-метилбутадиена -1,3
<b>Изопропил-радикал</b>	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от вторичного атома углерода в молекуле пропана
<b>К</b>	
<b>Карбоанион</b>	органическая частица, в составе которой находится отрицательно заряженный атом углерода
<b>Карбокатион</b>	органическая частица, в составе которой находится положительно заряженный атом углерода
<b>Каучук</b>	продукт полимеризации алкадиенов
<b>Качественная реакция</b>	реакция определения вещества
<b>Конъюгированные алкадиены</b>	атомы углерода при двойной связи разделены одной одинарной связью
<b>Кумол</b>	историческое название изопропилбензола
<b>Кумулированные алкадиены</b>	у алкадиенов этого типа две двойные связи находятся у одного атома углерода
<b>М</b>	
<b>Мазут</b>	тяжёлая фракция, полученная при первичной дистилляции нефти
<b>Межклассовая изомерия</b>	изомерия между веществами, относящимся к разным классам
<b>Метан</b>	первый представитель алканов (CH <sub>4</sub> )

<b>Мета-положение</b>	в бензольном кольце заместители находятся в 1,3-положении
<b>Метиленовая группа</b>	–CH <sub>2</sub> – группа
<b>Метильный радикал</b>	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от молекулы метана (CH <sub>3</sub> – )
<b>Мономер</b>	низкомолекулярные вещества, из которых синтезируют полимеры
<b>Н</b>	
<b>Неразветвленное строение</b>	строение, состоящее из последовательно соединенных атомов углерода
<b>Нуклеофильная частица</b>	отрицательно заряженная частица (например, Br <sup>-</sup> )
<b>О</b>	
<b>Олефины</b>	историческое название алкенов
<b>Орто-положение</b>	в бензольном кольце заместители находятся в 1,2-положении
<b>П</b>	
<b>Пара-положение</b>	в бензольном кольце заместители находятся в 1,4-положении
<b>Первичный атом углерода</b>	один атом углерода соединен с одним атомом углерода
<b>Перманганат калия</b>	водный раствор KMnO <sub>4</sub> , является реактивом при определении непредельных углеводородов
<b>Полиэтилен</b>	продукт реакции полимеризации этилена
<b>Пропиловый (н-пропил) радикал</b>	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от первичного атома углерода в молекуле пропана
<b>Р</b>	
<b>Радикал</b>	частица, имеющая на последнем электронном слое один неспаренный электрон
<b>Разветвленное строение</b>	строение, состоящее из главной цепи и присоединенных к ней радикалов
<b>Разложение</b>	процесс разложения одного сложного вещества на несколько новых веществ
<b>Реакция Вюрца</b>	получение алканов при реакции алкилгалогенидов с активными металлами (Na, K)
<b>Реакция Коновалова</b>	реакция алканов с азотной кислотой
<b>Реакция Кучерова</b>	реакция гидратации алкинов
<b>Резина</b>	эластичный материал, полученный при реакции каучука с серой
<b>Ректификационная колонна</b>	устройство для дистилляции нефти

С	
<b>Сигма-связь</b>	связь, образованная перекрыванием электронных орбиталей вдоль прямой, соединяющей центры атомов
<b>Сополимеризация</b>	реакция полимеризации, протекающая при участии двух разных мономеров
<b>Стирол</b>	ароматическое соединение, состоящее из фенильного и винильного радикалов ( $C_8H_8$ )
Т	
<b>Тетраэдрическое строение</b>	пространственное строение алканов
<b>Толуол</b>	историческое название метилбензола
<b>Транс-изомер</b>	изомер, в котором одинаковые заместители находятся по разные стороны плоскости $\pi$ -связи
<b>Третичный атом углерода</b>	атом углерода, связанный с тремя атомами углерода
<b>Третичный бутиловый радикал</b>	частица, полученная отщеплением одного атома водорода от третичного атома углерода в молекуле изобутана
<b>Тривиальное название</b>	историческое название органических соединений
У	
<b>Угловое напряжение (напряжение Байера)</b>	отклонения валентных углов в молекулах циклоалканов
Ф	
<b>Фреон</b>	смесь галогенопроизводных, в основном метана и этана (например, $CF_3Cl$ )
Ц	
<b>Цепная реакция</b>	цепь последовательных реакций, когда каждая реакция является причиной последующей реакции
<b>Цис-изомер</b>	изомер, в котором одинаковые заместители находятся по одну сторону плоскости $\pi$ -связи
Ч	
<b>Четвертичный атом углерода</b>	атом углерода, соединенный с четырьмя атомами углерода
Э	
<b>Эбонит</b>	твердый, неэластичный материал, получаемый вулканизацией каучука
<b>Электрофильная частица</b>	положительно заряженная частица (например, $H^+$ )
<b>Этиленгликоль</b>	первый представитель двухатомных спиртов

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

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 s.
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.